

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

Конструювання мобільних і вбудованих комп'ютерних систем

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

вибіркова

(обов'язкова чи вибіркова)

Освітньо-професійна програма – *Комп'ютерна інженерія, Програмування*

мобільних і вбудованих комп'ютерних систем та засобів Інтернету речей

Спеціальність *123 – Комп'ютерна інженерія*

(шифр і назва спеціальності)

Галузь знань *12 – Інформаційні технології*

(шифр і назва галузі знань)

Рівень вищої освіти – *перший (бакалаврський)*

(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)

Кількість кредитів: 4

Форми навчальної діяльності: лекції, лабораторні роботи, самостійна робота

Форма підсумкового контролю: залік

Розробники: Баловсяк Сергій Васильович, доцент кафедри КСМ, доктор техн. 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/balovsyak-sergij-vasylovych>

Контактний тел. + (38) 0372 50 94 32 (кафедра КСМ) – Баловсяк С. В.

E-mail: s.balovsyak@chnu.edu.ua

Сторінка курсу в Moodle

Консультації

1. Анотація дисципліни

Курс «Конструювання мобільних і вбудованих комп'ютерних систем» призначений для розширення компетентностей випускників спеціальності 123 – Комп'ютерна інженерія в галузі прикладного застосування мобільних і вбудованих комп'ютерних систем, їх конструювання та програмування. Введення курсу в навчальний план дозволяє надати студентам додаткові знання та практичні навички, які вони зможуть застосовувати як при подальшому навчанні, так і в майбутній професійній діяльності.

2. Мета навчальної дисципліни: формування необхідного рівня теоретичної і практичної підготовки студентів за тематикою конструювання мобільних і вбудованих комп'ютерних систем, що є необхідним при вивченні суміжних дисциплін та у майбутній професійній діяльності. Підготовка студентів передбачає вивчення загальних принципів конструювання комп'ютерної техніки, методів математичного та комп'ютерного моделювання, теплових і механічних режимів роботи комп'ютерної техніки, технологій та протоколів передачі даних, засобів електричного живлення комп'ютерної техніки, мікроконтролерів і мікрокомп'ютерів, засобів зчитування сигналів з сенсорів і керування виконавчими механізмами, завадостійкості комп'ютерної техніки, програмного забезпечення та засобів забезпечення надійності комп'ютерних систем.

Вивчення даної вибіркової дисципліни надає студентам ряд переваг, оскільки дозволяє їм виконувати конструювання мобільних і вбудованих комп'ютерних систем, які у багатьох випадках мають покращені техніко-економічні показники у порівнянні з традиційними.

3. Пререквізити. Для коректного розуміння і засвоєння матеріалу даного курсу слухачі повинні попередньо пройти курси: теорія електричних кіл, програмування. Доцільно також мати певні уявлення з комп'ютерної електроніки, архітектури комп'ютерів та інженерної графіки. Результати навчання за цим курсом потрібні при вивченні дисципліни «Комп'ютерні системи», «Комп'ютерні мережі» та виконанні дипломного проекту.

4. Результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

4.1. Знати: принципи конструювання комп'ютерної техніки, методи математичного та комп'ютерного моделювання, теплові та механічні процеси в комп'ютерній техніці, технології та протоколи передачі даних, засоби електричного живлення комп'ютерної техніки, техніко-економічні показники мобільних і вбудованих комп'ютерних систем, особливості застосування мікроконтролерів і мікрокомп'ютерів, способи зчитування сигналів з сенсорів і керування виконавчими механізмами, питання завадостійкості комп'ютерної техніки, програмне забезпечення комп'ютерних систем, способи забезпечення надійності їх функціонування.

4.2. Вміти: виконувати розрахунок теплових процесів у мобільних і вбудованих комп'ютерних системах, параметрів блоків електричного живлення, проектувати комп'ютерні системи на основі мікроконтролерів та мікрокомп'ютерів, розраховувати надійність мобільних і вбудованих комп'ютерних систем.

4.3. Набути компетентностей:

ЗК – загальних

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК6. Навички міжособистісної взаємодії.

ЗК7. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК8. Здатність працювати в команді.

ФК – фахових (спеціальних)

ФК2. Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.

ФК3. Здатність створювати системне та прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.

ФК6. Здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати комп'ютерні системи та мережі різного виду та призначення.

ФК8. Готовність брати участь у роботах з впровадження комп'ютерних систем та мереж, введення їх до експлуатації на об'єктах різного призначення.

ФК14. Здатність проектувати системи та їхні компоненти з урахуванням усіх аспектів їх життєвого циклу та поставленої задачі, включаючи створення, налаштування, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію.

ПРН – програмних результатів навчання

ПРН1. Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж.

ПРН3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.

ПРН7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

ПРН9. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.

ПРН10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.

ПРН12. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.

ПРН13. Вміти ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу комп'ютерних систем та їх компонентів.

5. Опис навчальної дисципліни

5.1. Загальна інформація

Назва навчальної дисципліни <u>Конструювання мобільних і вбудованих комп'ютерних систем</u>												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	2	4	4	120	2	30	-	-	30	60	-	Залік
Заочна	2	4	4	120	2	8	-	-	8	104	-	Залік

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної й індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 1,0 ((30+30)/60);
для заочної форми навчання – 0,15 ((8+8)/104).

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				
		го	л	п	лаб	інд		с.р.	го	л	п	лаб
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Основи конструювання комп'ютерної техніки												
1. Загальні принципи конструювання комп'ютерної техніки. Якість та показники якості. Ергономіка.	10	2		2		6	10	1		1		8
2. Класифікація дій та факторів дій. Життєвий цикл комп'ютерної системи.	10	2		2		6	10	0.5		0.5		9
3. Системний підхід при конструюванні комп'ютерної техніки. Математичне та комп'ютерне моделювання.	8	2		2		4	8	0.5		0.5		7
4. Теплові процеси в комп'ютерній техніці. Розрахунок системи охолодження.	8	2		2		4	8	0.5		0.5		7
5. Механічні параметри конструкцій комп'ютерної техніки. Віброзахист.	8	2		2		4	8	0.5		0.5		7
6. Технології та протоколи передачі даних. Сфери використання провідних і безпроводних технологій.	8	2		2		4	8	0.5		0.5		7
7. Електричне живлення комп'ютерної техніки. Вимоги до блоків живлення.	8	2		2		4	8	0.5		0.5		7
Разом за ЗМ 1	60	14		14		32	60	4		4		52
Змістовий модуль 2. Методи та засоби конструювання мобільних і вбудованих комп'ютерних систем												
8. Техніко-економічні показники мобільних і вбудованих комп'ютерних систем.	8	2		2		4	8	0.5		0.5		7
9. Застосування мікроконтролерів і мікрокомп'ютерів у мобільних і вбудованих комп'ютерних системах.	8	2		2		4	8	0.5		0.5		7
10. Вибір інтерфейсів під'єднання і параметрів сенсорів. Сенсорні мережі.	8	2		2		4	8	0.5		0.5		7
11. Вибір інтерфейсів під'єднання і параметрів виконавчих механізмів.	8	2		2		4	8	0.5		0.5		7
12. Технології Інтернету речей у мобільних і вбудованих комп'ютерних системах.	8	2		2		4	8	0.5		0.5		7
13. Завадостійкість комп'ютерної техніки. Електростатичне, магнітостатичне та електромагнітне екранування.	8	2		2		4	8	0.5		0.5		7
14. Програмне забезпечення мобільних і вбудованих комп'ютерних систем.	6	2		2		2	6	0.5		0.5		5
15. Надійність мобільних і вбудованих комп'ютерних систем. Резервування, способи підвищення надійності.	6	2		2		2	6	0.5		0.5		5
Разом за ЗМ 2	60	16		16		28	60	4		4		52
Усього годин	120	30		30		60	120	8		8		104

5.3. Теми лабораторних занять

№	Назва теми
1.	Розрахунок теплових процесів у мобільних і вбудованих комп'ютерних системах
2.	Розрахунок параметрів блоків електричного живлення.
3.	Проектування комп'ютерної системи на основі мікроконтролера
4.	Проектування комп'ютерної системи на основі мікрокомп'ютера
5.	Розрахунок надійності мобільних і вбудованих комп'ютерних систем

Програмне забезпечення для виконання лабораторних робіт: хмарна платформа Google Colab, мова програмування Python, веб-оболонка Jupyter Notebook.

5.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми
1	Історія розвитку мобільних і вбудованих комп'ютерних систем
2	Врахування інтересів користувачів комп'ютерних систем
3	Особливості конструкторської діяльності
4	Системи охолодження сенсорів
5	Вимоги до корпусів комп'ютерної техніки
6	Захист інформації в комп'ютерних мережах
7	Електричне живлення комп'ютерних пристроїв із використанням сонячних панелей
8	Новітні моделі мікроконтролерів
9	Новітні моделі мікрокомп'ютерів
10	Інтелектуальні сенсори
11	3D принтери
12	Сучасні сервіси Інтернету речей
13	Фільтрація сигналів у мобільних і вбудованих комп'ютерних системах
14	Середовища розробки програм для мобільних і вбудованих комп'ютерних систем
15	Застосування хмарних сервісів у мобільних і вбудованих комп'ютерних системах

6. Форми і методи навчання

Форми навчання – це проблемні й оглядові лекції, лабораторні заняття, заняття із застосуванням комп'ютерної та телекомунікаційної техніки, інтерактивні заняття з навчанням одних студентів іншими, інтегровані заняття, проблемні заняття, відеолекції, відеозаняття і відеоконференції засобами Google Meet, Zoom, заняття з використанням системи електронного навчання Moodle.

Підходи до навчання: використовуються студентоцентризований, проблемно-орієнтований, діяльнісний, комунікативний, професійно-орієнтований, міждисциплінарний підходи.

Для викладання матеріалів з навчальної дисципліни «Конструювання мобільних і вбудованих комп'ютерних 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, де 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;
- стандартизовані тести;
- 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 виконанні тестового завдання, а також письмова відповідь при написанні модульних контрольних робіт. Формами підсумкового контролю рівня знань є усна та письмова відповідь студента при здачі заліку.

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.

У залежності від характеру відповіді студента кількість балів за кожний вид діяльності може бути визначена за наступними критеріями:

К-ть балів	Критерії оцінки
Мах	Студент дає вичерпну відповідь на поставлене запитання
$0,8 \cdot \text{Мах}$	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився незначних неточностей, які не впливають на суть відповіді
$0,6 \cdot \text{Мах}$	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився помилок, які виправляє за допомогою викладача; в середньому може дати правильні відповіді на 50% питань теми
$0,4 \cdot \text{Мах}$	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився суттєвих помилок, які все ж таки виправляє за допомогою викладача; дає правильні відповіді на 30% питань теми
$0,2 \cdot \text{Мах}$	Студент за допомогою викладача фрагментарно відповідає на запитання, проте не в повній мірі володіє мінімальним рівнем знань з даного питання
0	Характер відповідей дає підставу стверджувати, що студент неправильно зрозумів суть питання чи не знав правильної відповіді, а тому відповідав, припускаючись грубих помилок.

Примітка: за Мах прийнято максимальну оцінку для даного виду діяльності; заокруглення проводиться до одиниць балу.

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

Оцінка за шкалою ЄКТС	Пояснення	Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
A	відмінно	90 – 100	зараховано
B	дуже добре	80-89	
C	добре	70-79	
D	задовільно	60-69	
E	достатньо	50-59	
FX	(незадовільно) з можливістю повторного складання	35-49	не зараховано
F	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом	1-34	

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)																Підсумковий контроль (залік)	Сумарна кількість балів	
Змістовний модуль 1								Змістовний модуль 2										
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	M1	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15			M2
		10			10	5	5			7		7		6	5	5	40	100

T1, T2 ... T15 – 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. Основи конструювання комп'ютерної техніки

- T1. Загальні принципи конструювання комп'ютерної техніки. Якість та показники якості. Ергономіка.
- T2. Класифікація дій та факторів дій. Життєвий цикл комп'ютерної системи.
- T3. Системний підхід при конструюванні комп'ютерної техніки. Математичне та комп'ютерне моделювання (ЛР № 1 – 10 балів).
- T4. Теплові процеси в комп'ютерній техніці. Розрахунок системи охолодження.
- T5. Механічні параметри конструкцій комп'ютерної техніки. Віброзахист.
- T6. Технології та протоколи передачі даних. Сфери використання провідних і безпроводних технологій (лабораторна робота № 2 – 10 балів).
- T7. Електричне живлення комп'ютерної техніки. Вимоги до блоків живлення. (тест № 1 – 5 балів)
- M1. Модульна контрольна робота №1 – 5 балів.

Змістовий модуль 2. Методи та засоби конструювання мобільних і вбудованих комп'ютерних систем

- T8. Техніко-економічні показники мобільних і вбудованих комп'ютерних систем.
- T9. Застосування мікроконтролерів і мікрокомп'ютерів у мобільних і вбудованих комп'ютерних системах.
- T10. Вибір інтерфейсів під'єднання і параметрів сенсорів. Сенсорні мережі (лабораторна робота № 3 – 7 балів).
- T11. Вибір інтерфейсів під'єднання і параметрів виконавчих механізмів.
- T12. Технології Інтернету речей у мобільних і вбудованих комп'ютерних системах (лабораторна робота № 4 – 7 балів).
- T13. Завадостійкість комп'ютерної техніки. Електростатичне, магнітостатичне та електромагнітне екранування.
- T14. Програмне забезпечення мобільних і вбудованих комп'ютерних систем (лабораторна робота № 5 – 6 балів).
- T15. Надійність мобільних і вбудованих комп'ютерних систем. Резервування, способи підвищення надійності (тест № 2 – 5 балів).
- M2. Модульна контрольна робота №2 – 5 балів.

7.2. 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 «Конструювання мобільних і вбудованих комп'ютерних 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

Фахова (основна)

1. Конструювання та технологія виробництва техніки реєстрації інформації. У 3 кн. Кн. 2. Основи конструювання: навчальний посібник / Є. М. Травніков, В. С. Лазебний, Г.Г. Власюк, В. В. Пілінський, В. М. Співак, В. Б. Швайченко. Київ : КАФЕДРА, 2015. 285 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/18959>.
2. Пархоменко А. В., Гладкова О. М., Залюбовський Я І., Пархоменко А.В. Інженерія вбудованих систем: навчальний посібник. Запоріжжя: Дике Поле, 2017. 220 с. URL: <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/1969>.
3. Тарарака В.Д. Архітектура комп'ютерних систем: навчальний посібник. Житомир: ЖДТУ, 2018. 383 с.
4. Готра З. Ю. Теплові процеси в електроніці / Ю. Я. Бобало, В. Вуйцік, З. Ю. Готра, Т.Голец, В. Каліта, В. І. Лозбін, І. С. Романюк; за ред. З. Ю. Готри. Львів : Ліга-прес, 2007. 360 с.
5. Elahi A. Computer Systems. Digital Design, Fundamentals of Computer Architecture and Assembly Language. Ata Elahi. Springer International Publishing, 2018. 269 p.
6. Жураковський Б.Ю., Зенів І.О. Комп'ютерні мережі. Ч.1. Навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 328 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36615>.
7. Жураковський Б.Ю., Зенів І.О. Технології інтернету речей. Навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 271 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42078/1/Zhurakovskiy_B_Zeniv_Tehnologii_internet_rechey.pdf.
8. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): підручник / за ред. Є.С. Поліщука та В.М.Ванька. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2015. 584 с.

Допоміжна

9. Balovsyak S.V., Odaiska Kh.S. Hardware and Software Complex for Automatic Level Estimation and Removal of Gaussian Noise in Images // Advances in Computer Science for Engineering and Education. ICCSEEA 2018. Verlag: Springer International Publishing, January 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC), Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (Eds.). Vol. 754. P.144-154. URL: DOI 10.1007/978-3-319-91008-6_15.
10. 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. 605 p.
11. Sensors and Actuators. Engineering system instrumentation / Clarence W. de Silva. – CRC Press. Taylor&Francis Group, 2016. 831 p.
12. Азаров О.Д., Захарченко С.М., Кадук О.В., Орлова М.М., Тарасенко В.П. Комп'ютерні мережі: підручник. Вінниця: ВНТУ. 2020. 378 с.
13. Електронні елементи та пристрої для систем безпеки й охорони: навч. посіб. / за заг. ред. З.Ю. Готри; М-во освіти і науки України, Чернів. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. Чернівці: ЧНУ, 2017. 214 с.
14. Тарнавський Ю. А., Кузьменко І. М. Організація комп'ютерних мереж: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 259 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25156>.

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-komp-yuterna-inzheneriya-bakalavrat-4-r>
3. <https://csn.chnu.edu.ua/spetsialnist-123-komp-yuterna-inzheneriya-opp-programuvannya-mobilnyh-i-vbudovanyh-komp-yuternyh-system-ta-zasobiv-internetu-rechej-bakalavrat-4-r/>
4. <https://colab.research.google.com>
5. Sensors and Sensor Circuit Design. URL: <https://www.coursera.org/learn/sensors-circuit-interface>
6. Motors and Motor Control Circuits. URL: <https://www.coursera.org/learn/motors-circuits-design>
7. <https://www.arduino.cc/>
8. <https://www.raspberrypi.org/>
9. <https://www.tinkercad.com/>