

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет електроніки та комп'ютерних технологій**  
**Кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки**

**Затверджено**

на засіданні кафедри сенсорної та  
напівпровідникової електроніки  
факультету електроніки та комп'ютерних  
технологій  
Львівського національного університету імені  
Івана Франка

(протокол № 1/24 від 29.08.2024 р.)

Завідувач кафедри

 Андрій ЛУЧЕЧКО

**Силабус з навчальної дисципліни**

**“КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЦИФРОВОЇ  
ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ”,**

**що викладається в межах освітньо-професійної програми**  
**“Електроніка та комп'ютерні системи ”**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів зі спеціальності**  
**171 Електроніка**

**Львів 2024**

<b>Назва дисципліни</b>	Комп'ютерне проектування елементів цифрової електротехніки
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	м. Львів, вул. ген.Тарнавського, 107
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, 171 Електроніка
<b>Викладачі дисципліни</b>	Кушлик Маркіян Олегович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри сенсорної та напівпровідникової електроніки
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:markiyan.kushlyk@lnu.edu.ua">markiyan.kushlyk@lnu.edu.ua</a> <a href="https://electronics.lnu.edu.ua/employee/kushlyk-markiyan-olehovych/">https://electronics.lnu.edu.ua/employee/kushlyk-markiyan-olehovych/</a> факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки вул. ген.Тарнавського, 107, лаб. 416
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	<b>В режимі оф-лайн:</b> згідно розкладу в день проведення лекційних/лабораторних занять (корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, м. Львів, вул. ген.Тарнавського, 107). <b>В режимі он-лайн:</b> на платформі Microsoft Teams (для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача).
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://electronics.lnu.edu.ua/course/komp-iuterne-proektuvannia-elementiv-tsyfrovoi-elektrotekhniky/">https://electronics.lnu.edu.ua/course/komp-iuterne-proektuvannia-elementiv-tsyfrovoi-elektrotekhniky/</a> <a href="#">Комп'ютерне проектування елементів цифрової електротехніки   Microsoft Teams</a> <a href="https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6526">https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=6526</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Комп'ютерне проектування елементів цифрової електротехніки» є вибірковою дисципліною зі спеціальності 171 «Електроніка» освітньо- професійної програми «Електроніка та комп'ютерні системи», яка викладається в 5 семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою - ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна "Комп'ютерне проектування елементів цифрової електротехніки" охоплює теоретичні та практичні аспекти моделювання, аналізу й розробки цифрових електронних систем за допомогою сучасного програмного забезпечення, таких як PSPICE OrCAD, Verilog та FreeCAD. Студенти вивчають принципи побудови математичних моделей,

	<p>синтезу цифрових схем, проектування програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС), а також 2D і 3D моделювання. Особлива увага приділяється створенню віртуальних прототипів, аналізу роботи цифрових автоматів і впровадженню технологій прототипування. Курс надає студентам знання та практичний досвід спрямовані на формування навичок роботи і ефективного використання сучасних інструментів комп'ютерного проектування в інженерних задачах.</p>
<p><b>Мета та цілі дисципліни</b></p>	<p><b>Метою дисципліни</b> є формування знань і навичок з моделювання, аналізу та розробки цифрових електронних систем за допомогою сучасних програмних інструментів, а також підготовка до ефективного вирішення інженерних задач у галузі електротехніки.</p> <p><b>Цілі дисципліни:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Надати студентам теоретичні знання про методи моделювання та проектування цифрових електронних систем.</li> <li>• Ознайомити з принципами побудови математичних моделей та їх застосуванням для аналізу електронних схем.</li> <li>• Навчити використовувати сучасне програмне забезпечення, зокрема PSPICE OrCAD, Verilog та FreeCAD, для проектування і симуляції електронних компонентів і систем.</li> <li>• Сформувати навички розробки програмованих логічних інтегральних схем (ПЛІС), цифрових автоматів та інших елементів електроніки.</li> <li>• Розвинути вміння виконувати 2D і 3D моделювання, створювати віртуальні прототипи та використовувати технології 3D-друку.</li> <li>• Підготувати студентів до практичного вирішення інженерних задач у сфері цифрової електроніки та автоматизованого проектування.</li> </ul>
<p><b>Література для вивчення дисципліни</b></p>	<p><b>Рекомендована література</b></p> <p><b>Базова:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Огородник К. В. Моделювання в електроніці : навчальний посібник / К. В. Огородник, Б. П. Книш, П. М. Ратушний, О. О. Лазарєв. – Вінниця : ВНТУ. – 2017. – 118 с.</li> <li>2. Stephan J. G. Gift, Brent Maundy. Electronic Circuit Design and Application. – Springer Cham. –2023. – 658 p.</li> <li>3. Галаган Р.М. Комп'ютерне проектування електронних схем – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – 420 с.</li> <li>4. Маланчук Є.З.. Моделювання та аналіз цифрових схем. Підручник / Є.З. Маланчук, В.В. Макаренко, В.М. Співак, Г. Г. Власюк, А.В. Рудик. – Рівне: НУВГП. – 2018. – 463 с.</li> </ol>

5. Мірошник М. А. Технології та автоматизація проектування цифрових пристроїв складних комп'ютерних систем на ПЛІС: Навч. посібник. / Мірошник М. А., Клименко Л. А., Корольова Я. Ю. – Харків: УкрДУЗТ. – 2021. – 220 с.
6. Білинський Й. Й. Цифрова схемотехніка. Електронно-обчислювальні пристрої: навчальний посібник / Й. Й. Білинський, Б. П. Книш. – Вінниця :ВНТУ. – 2021. – 66 с.
7. Аврунін, О. Г. Основи мови VHDL для проектування цифрових пристроїв на ПЛІС./ Аврунін О. Г. Носова, Т. В. Семенець, В. В. - Харків: ХНУРЕ, 2018. – 196 с.
8. Brock J. LaMeres. Introduction to Logic Circuits & Logic Design with Verilog. Springer International Publishing AG . – 2017. – 468 p.
9. FreeCAD tutorial [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: [https://wiki.freecadweb.org/About\\_FreeCAD/uk](https://wiki.freecadweb.org/About_FreeCAD/uk) (дата звернення 06.09.2024)
10. Тарасов О. Ф., Алтухов О. В., Сагайда П.І., Васильєва Л. В., Аносов В. Л. Автоматизоване проектування і виготовлення виробів із застосуванням CAD/CAM/CAE-систем : монографія. Краматорськ : ЦТРІ «Друкарський дім», – 2017. – 239 с.

**Допоміжна:**

11. Алгебра логіки та проектування основних операційних вузлів: навч. посіб. / В. В. Булатецький, Л. В. Булатецька, О. М. Собчук. – Луцьк : ВНУ ім. Лесі Українки, 2021. – 150 с
12. Кветний Р. Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ. – 2012. – 193 с.
13. Семенець В.В., Хаханова І.В., Хаханов В.І. Проектування цифрових систем з використанням мови VHDL. – Харків: ХНУРЕ. – 2003. – 492 с.
14. Хомич С.В. Курс лекцій «Мови опису апаратних засобів» / Хомич С.В. Львівська політехніка. – 2005. – 131 с.
15. Системи автоматизованого проектування та інженерного аналізу в машинобудуванні: навч. посіб. / О. С. Цибенко, М. Г. Крищук. – К.: НТУУ «КПІ». – 2008. – 100 с.
16. Paltnitkar S. Verilog HDL: A Guide to Digital Design and Synthesis, Second Edition. Prentice Hall PTR, 2003. 496 с.

	<p><b>Методичне забезпечення:</b></p> <p>Електронні версії інструкцій та рекомендацій до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Комп'ютерне проєктування елементів цифрової електротехніки» розміщені в середовищі MS Teams</p>
<b>Обсяг курсу</b>	<p>Загальний обсяг 180 год.</p> <p>Аудиторних занять - 96 год.:</p> <p>48 год. - лекційних занять, 48 год. - лабораторних занять.</p> <p>Самостійна робота - 84 год.</p>
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>В результаті вивчення даного курсу студент повинен:</p> <p><b>знати:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основні принципи моделювання та проєктування електронних систем і компонентів.</li> <li>• особливості побудови та функціонування моделей напівпровідникових елементів (діоди, стабілітрони, транзистори, тощо) у середовищі SPICE.</li> <li>• методи розрахунку електричних параметрів друкованих плат і побудови еквівалентних схем.</li> <li>• основи використання мови опису апаратури Verilog для проєктування цифрових пристроїв.</li> <li>• принципи функціонування програмованих логічних схем (ПЛІС) і їх застосування у керуючих системах.</li> <li>• основи 3D-моделювання у середовищі FreeCAD та принципи створення віртуальних прототипів.</li> </ul> <p><b>вміти:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• виконувати моделювання та проєктування електронних компонентів і схем.</li> <li>• проєктувати та досліджувати роботу цифрових схем арифметико-логічних пристроїв у середовищі Verilog.</li> <li>• створювати системи на основі цифрових автоматів та аналізувати функціонування.</li> <li>• будувати 3D-моделі елементів електронних систем у FreeCAD та виконувати їхню функціональну збірку.</li> <li>• проводити синтез і верифікацію цифрових схем, оцінювати їхню функціональність та ефективність.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	<p>Моделювання, Проєктування, SPICE, Verilog, Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС), Друковані плати, Логічні елементи, Цифрові автомати, Еквівалентна схема, Комбінаційні схеми, Послідовнісні схеми, Структурний синтез, Параметричний аналіз, FreeCAD, 3D-прототипування</p>
<b>Формат курсу</b>	Очний.
<b>Теми</b>	Див. СХЕМА КУРСУ
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік в кінці семестру.

<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують знань з дисциплін «Архітектура комп'ютерів і програмування», «Цифрова обробка сигналів», «Матеріали та компоненти сучасної електроніки», «Теорія електричних кіл», «Тестування електронних систем».
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Лекції, презентації, лабораторні роботи, виконання індивідуальних завдань (робота у групі, команді), обговорення, дискусія. Робота в системах Microsoft Teams та Moodle для здійснення модульного контролю, завантаження виконаних лабораторних завдань.
<b>Необхідне обладнання</b>	Персональні комп'ютери (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3(4 ядра), 8 ГБ оперативної пам'яті, 50 ГБ вільного місця на диску). Онлайн-доступ до MS TEAMS та MOODLE. Генератори сигналу Siglent SDG, цифрові осцилографи Rigol DS1054Z, мультиметри UNI-T UT8803, логічний аналізатор Leaptronix PLA-1016, безпачні макетні плати, програмовані логічні мікросхеми SGL46538V, відлагоджувальна плата GP Development Platform, 3D принтер Snapmaker Original 3-в-1, Роботизована платформа на базі мікроконтролера Arduino. Програмне забезпечення: OrCAD, ModelSim, GreenPAK, FreeCAD
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою.  Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням: <ul style="list-style-type: none"> <li>• лабораторні роботи: 50% семестрової оцінки (максимальна кількість балів - 50);</li> <li>• контрольні заміри: 20% семестрової оцінки (максимальна кількість балів - 30);</li> <li>• підсумкова контрольна робота: 30% семестрової оцінки (максимальна кількість балів - 30).</li> </ul> Загалом упродовж семестру 100 балів  <b>Академічна доброчесність:</b> Студентам слід дотримуватися принципів академічної доброчесності, виконуючи всі завдання самостійно та з дотриманням етичних норм. Плагіат, списування або інші прояви недоброчесної поведінки неприпустимі та ведуть до анулювання відповідних результатів. Оригінальність поданих робіт є обов'язковою умовою для їх зарахування.  <b>Відвідування занять</b> Регулярна присутність на лекціях і лабораторних заняттях є невід'ємною частиною навчання.

У разі неможливості відвідування занять студенти повинні заздалегідь повідомити викладача. Незалежно від обставин, студентам слід дотримуватися встановлених кінцевих термінів для виконання завдань та робіт.

**Література.** Викладач надає студентам основну літературу, необхідну для освоєння дисципліни, використовуючи платформи MS Teams або Moodle. Студентам рекомендується додатково шукати інші джерела для розширення своїх знань.

**Політика виставлення балів.** Оцінювання базується на поточних результатах (лабораторні роботи, модулі), самостійній роботі студентів та підсумковому контролі (екзамен). Звертається особлива увага на регулярне відвідування занять, активну участь у дискусіях та лабораторних роботах, дотримання встановлених термінів виконання завдань, а також дотримання принципів академічної доброчесності. Недопустимими є пропуски занять без поважної причини, списування, використання мобільних пристроїв у неосвітніх цілях під час занять, несвоєчасне виконання робіт та порушення етичних норм. Плагіат та інші форми порушення академічної доброчесності категорично заборонені та можуть стати підставою для анулювання балів за відповідні роботи.

**Оцінювання лабораторних робіт (10 лабораторних робіт)** відбувається шляхом оцінки підготовки до виконання лабораторної роботи, безпосереднього її виконання та захисту.

Оцінка за лабораторні роботи складається з двох частин:

- Підготовка та виконання лабораторної роботи:  
3 бали ( $10 \times 3 = 30$  балів)
- Звіт до лабораторної роботи: 1 балу ( $10 \cdot 1 = 10$  балів)
- Захист лабораторної роботи: 5 балів ( $2 \times 5 = 10$  балів)

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

3 - студент в повному обсязі володіє теоретичним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, самостійно реалізує 100 % від поставлених завдань для виконання роботи, надає правильні відповіді на запитання по темі роботи та описі отриманих результатах;

2 - студент достатньо розуміє теоретичний матеріал, самостійно реалізує 75 % від поставлених для виконання роботи завдань, однак присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по отриманих результатах;

1,5 - студент не досить добре розуміє теоретичний матеріал, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, 50 % від поставлених завдань реалізує самостійно;

0,5 - студент погано розуміє теоретичний матеріал та використані підходи у лабораторній роботі, при допомозі викладача може реалізувати та пояснити 25 % від поставлених в роботі завдань;

0 - студент зовсім не підготувався до виконання лабораторної роботи, при допомозі викладача не в змозі виконати жодне завдання лабораторної роботи.

**Звіт по виконаних лабораторних роботах** оцінюється за наступними критеріями:

1,0 – звіт повністю відповідає завданню, чітко структурований, оформлений відповідно до вимог, містить детальний аналіз і обґрунтовані висновки.

0,5 – звіт виконано частково, структура та оформлення мають недоліки, аналіз поверховий, висновки неповні або некоректні.

0 – звіт відсутній або його зміст не відповідає завданню.

**Захист лабораторних робіт** складається з двох тестів, у системі Moodle, по 20 питань (по чотири питання по кожній лабораторній роботі), кожна правильна відповідь оцінюється у 0,25 бала, а не вірна відповідь – 0 балів (2x20x0,25=10 балів).

**Контрольні заміри** проводяться у формі тестових завдань (модулів) з лекційного матеріалу у системі Moodle (2 модулі по 10 балів кожен). Кожен модуль містить 20 тестових питань з одним вірним варіантом відповіді. Кожна правильна відповідь приносить 0,5 бала, хибна відповідь – 0 балів

**Підсумкова контрольна робота** складається з трьох теоретичних питань за матеріалами курсу (відповіді на кожне оцінюються у 10 балів: 3x10=30 балів).

Критерії:

Бали за відповідь на одне теоретичне питання	Критерії оцінювання
9-10	Відповідь, в якій навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, яка містить аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.



	6-8	Відповідь, в якій відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.
	3-5	Відповідь, в якій основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.
	1-2	Відповідь, яка засвідчує, що навчальний матеріал не засвоєно Відсутність чіткого і логічного формулювання.
	0	Відповідь відсутня.
<b>Питання з курсу</b>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які види аналізу електронних схем проводяться в середовищі моделювання?</li> <li>2. Опишіть основні етапи структурного синтезу цифрового автомата.</li> <li>3. Вкажіть основні параметри та принципи проектування програмованих логічних схем.</li> <li>4. Які інструменти використовуються для моделювання схем у SPICE?</li> <li>5. Поясніть роботу схеми порівняння двох двійкових слів «на більше»?</li> <li>6. Що таке генератор логічних сигналів, і які його принципи роботи?</li> <li>7. Як описуються базові моделі резисторів, конденсаторів та індуктивностей у середовищі моделювання?</li> <li>8. Що таке мова Verilog, і які основні завдання вона вирішує в апаратному проектуванні?</li> <li>9. Принципи апаратного програмування ПЛІС</li> <li>10. Що таке еквівалентна модель друкованої плати, і які типи плат включаються до аналізу?</li> <li>11. Як перетворюється прямий код на обернений у цифрових схемах?</li> <li>12. Як відбувається моделювання багаторозрядних АЦП і ЦАП у середовищі проектування?</li> <li>13. Поясніть модель лінії передачі та її основні параметри.</li> <li>14. Які види ПЛІС існують, і як вони класифікуються?</li> <li>15. Що таке цифровий автомат, структура цифрового автомату?</li> <li>16. Які операції виконуються в арифметико-логічному пристрої (АЛП), і як їх моделюють?</li> <li>17. Що таке модуль у Verilog, і які основні складові опису модуля?</li> <li>18. Що таке LUT (Look-Up Table), і як вона використовується у GreenPAK?</li> <li>19. Як моделюється напівпровідниковий діод у програмних середовищах на основі SPICE?</li> <li>20. Які примітиви Verilog використовуються для моделювання логічних елементів?</li> <li>21. Як відбувається проектування цифрових автоматів загалом, наведіть короткий приклад такого проектування у середовищі GreenPAK?</li> <li>22. Що таке моделювання, і які основні види моделювання використовуються в цифровій електротехніці?</li> <li>23. Які типи моделей керування ключів використовуються в цифрових схемах?</li> <li>24. Що таке програмована логічна матриця (ПЛМ), і які її основні характеристики?</li> </ol>

25. Яка основна мета побудови віртуальних моделей електронних систем?
26. Які компоненти підтримуються у GreenPAK для побудови логічних схем?
27. Поясніть структуру сучасних ПЛІС, таких як CPLD та FPGA.
28. Опишіть послідовність етапів побудови моделі електронної схеми.
29. Поясніть різницю між автоматами Мілі та Мура.
30. Як використовуються мікросхеми програмованої макрологіки для побудови цифрових систем?
31. Як будується еквівалентна схема друкованої плати, і які параметри враховуються при її моделюванні?
32. Як визначаються параметри моделювання електронних компонентів?
33. Які переваги та недоліки середовища PSPICE для моделювання цифрових схем?
34. Способи опису роботи цифрових автоматів
35. Блок-схеми, граф-схема і як вони використовуються при проектуванні цифрових пристроїв?
36. Як моделюються транзисторно-транзисторні логічні елементи (ТТЛ) у середовищі PSPICE?
37. Які основні види джерел сигналів використовуються в моделюванні електронних систем?
38. Що таке граф, і як його застосовують у структурному описі електронних схем?
39. Що таке «нетлист» у SPICE, і яка його роль у процесі моделювання?
40. Що таке поведінковий опис у Verilog, і які його переваги?
41. Як синтезуються цифрові автомати для роботи з аналоговими та цифровими сигналами?
42. Які особливості багатошарових друкованих плат, і як вони впливають на параметри моделювання?
43. Що таке параметричний аналіз у моделюванні електронних схем?
44. Як створюється схема в SPICE, і які елементи потрібно визначити для запуску симуляції?
45. Особливості проектування схем обробки змішаних сигналів в SPICE?
46. Як задаються початкові умови та параметри для моделювання перехідних процесів у схемах SPICE?
47. Які основні види аналізу доступні в SPICE, і як вони застосовуються для моделювання електронних схем?
48. Як моделюються складні вентильні схеми в середовищі PSPICE?
49. Які основні технічні характеристики програмованих логічних матриць (ПЛМ)?
50. Як реалізуються запам'ятовуючі пристрої у цифрових системах?
51. Які переваги технології 3D-друку для прототипування електронних пристроїв?
52. Як створюються 2D і 3D моделі компонентів у FreeCAD?
53. Що таке кінематична схема роботизованих систем, і яка її роль у проектуванні?
54. Як оцінюється форма та зчитується часова діаграма цифрового сигналу?
55. Які етапи синтезу комбінаційних цифрових схем у Verilog?
56. Що таке джерело постійного логічного сигналу, і як воно моделюється?
57. Як описуються генератори числових послідовностей у Verilog?

	58. Які види цифрових автоматів існують, і як вони класифікуються? 59. Які методи аналізу використовуються для дослідження функціональних блоків цифрових схем? 60. Як синтезуються мікропрограмні автомати, і яке їх основне призначення?
<b>Опитування</b>	Анкету з метою оцінювання якості курсу буде надано після вивчення курсу.

## СХЕМА КУРСУ

Тиж	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год.	Термін виконання
1-2	<b>Тема 1. Вступ. Загальні відомості та основні поняття про проектування та моделювання в електроніці.</b> Поняття моделювання та проектування, сновна мета моделювання, типи моделювання. Послідовність етапів побудови математичної моделі, етапи проектування. Параметри при проектуванні та моделюванні схем. Види аналізу та розрахунку електронних схем.	Лекція (4 год)	1-10	Загальні відомості. Основні поняття. Правила техніки безпеки. Ознайомлення з мовою апаратного програмування Spice. Дослідження інтерфейсу і можливостей середовища OrCAD (3 год)	1 тиждень семестру
2-3	<b>Тема 2. Еквівалентні схеми елементів електроніки та їх застосування для визначення параметрів моделювання.</b> Базовий набір моделей елементів: опис моделей резисторів, індуктивностей, конденсаторів. Еквівалентна модель друкованої плати. Моделі напівпровідникових приладів: діод, біполярний транзистор, польовий транзистор.	Лекція (4 год)	1-10	Ідентифікація параметрів та дослідження моделей напівпровідникових елементів (діодів, стабілітронів та транзисторів). (6 год)	2 – 3 тижні семестру
3-4	<b>Тема 3. Моделювання схем засобами PSPICE OrCAD.</b> Основи моделювання схем засобами Spice, ознайомлення з середовищем та мовою опису. Моделі компонентів цифрової електроніки, логічні елементи (ЛЕ). Класифікація ЛЕ: транзисторно-транзисторні, на польових транзисторах, на КМОН транзисторах. Основні поняття та приклади опису цифрових компонентів в PSpice.	Лекція (4 год)	1-10	Моделювання електронних компонент та систем за допомогою середовища SPICE. Проектування та дослідження схем генераторів цифрових сигналів. (6 год)	4 – 5 тижні семестру

5-6	<p><b>Тема 4. Моделі пристроїв, схем та компонентів цифрової електроніки в PSPICE OrCAD.</b></p> <p>Моделі елементів обробки змішаних сигналів. Опис багаторозрядних АЦП та ЦАП. Моделі генераторів аналогових та цифрових сигналів. Моделі пристроїв живлення. Джерела постійних логічних сигналів. Визначення форми та зчитування часової діаграми цифрового сигналу. Моделі складних вентильних схем. Моделі запам'ятовуючих пристроїв.</p>	Лекція (4 год)	1-10	Побудова еквівалентної схеми та розрахунок електричних параметрів друкованих плат. (4 год)	6 – 7 тижні семестру
6-8	<p><b>Тема 5. Ознайомлення із програмованими логічними мікросхемами</b></p> <p>Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС). Основи побудови структур простих ПЛІС. Прості програмовані схеми. Програмовані логічні матриці (ПЛМ). Програмована матрична логіка (ПМЛ). Сучасні ПЛІС. Мікросхеми програмованої макрологіки. Базові матричні кристали (БМК). Програмовані схеми CPLD і FPGA. Основні параметри ПЛІС. Принципи проектування програмованих логічних схем</p>	Лекція (6 год)	1-10	Знайомство з середовищем моделювання пристроїв з використанням мови опису апаратури Verilog. (4 год)	7 – 8 тижні семестру
				Захист лабораторних робіт, тест (1 год)	8 тиждень семестру
8-10	<p><b>Тема 6. Мова опису апаратури Verilog і особливості її застосування для комп'ютерної симуляції та синтезу реальних електронних систем.</b></p> <p>Базові поняття, структура та відмінності мов Verilog та VHDL. Сигнали у Verilog: класи сигналів, прості одиничні сигнали та вектори, зовнішні сигнали. Структурні описи у Verilog: примітиви Verilog, реалізації модулів у Verilog. Засоби мови Verilog (вирази, оператори, присвоєння). Поведінковий підхід до програмування апаратури мовою Verilog. Основи поведінкового опису: змінні та параметри, складні</p>	Лекція (6 год)	1-10	Проектування та дослідження вентилів і простих комбінаційних пристроїв з використанням мови опису апаратури Verilog (4 год)	9 – 10 тижні семестру

	оператори, завдання та функції. Синтез проєкту.				
10-11	<b>Тема 7. Комбінаційні та послідовні схеми мовою опису обладнання Verilog.</b> Проектування схем порівняння двох слів. Проектування схем контролю за парністю. Проектування схем перетворення прямого коду. Проектування спеціалізованого АЛП, операції: додавання, віднімання, множення, ділення. Опис операційного та керуючого пристроїв. Методи верифікації схем.	Лекція (4 год)	1-10	Дослідження роботи арифметичних пристроїв та проектування арифметико-логічних пристроїв у середовищі ModelSim. (5 год)	10 – 11 тижні семестру
11-13	<b>Тема 8. Проектування, аналіз та діагностика роботи цифрових автоматів</b> Загальна характеристика цифрових автоматів. Поняття автомата, принцип роботи автомата. Класифікація і характеристика автоматів. Математична модель цифрового автомата. Автомати Мілі і Мура. Закони функціонування автоматів Мілі і Мура. Поєднана модель автомата (С-автомат). Способи опису роботи автоматів. Структурний цифровий автомат. Канонічний метод синтезу. Загальні відомості та завдання структурного синтезу цифрових автоматів. Етапи структурного синтезу автоматів з пам'яттю. Мікропрограмні автомати. Типові вузли цифрових автоматів. Інформаційні основи контролю роботи цифрового автомату.	Лекція (6 год)	1-10	Синтез цифрового автомату для управління драйвером світлодіодної матриці на базі ПЛС GreenPAK SLG46538V. (6 год)	12 – 13 тижні семестру
13-15	<b>Тема 9. Система проектування для 3D-моделювання загального призначення.</b> Знайомство з 2D та 3D моделюванням елементів електротехнічних систем. Поняття прототипування. Методи комплексного віртуального та фізичного прототипування. Технології розробки віртуального прототипу: прототипування електронної та механічної частин. FreeCAD система для проектування як в 2D, так і в 3D середовищі. Побудова візуальної моделі,	Лекція (6 год)	1-10	Основні правила роботи з системою FreeCAD, побудова елементарного графічного об'єкту. (4 год)	14 – 15 тижні семестру

	використання 3D-сканерів. Технології розробки фізичного прототипу. Основи 3D друкування, методи і технології 3D друку. Підготовка 3D моделей до друку. Налаштування друку.				
15-16	<b>Тема 10. Проектування та симуляція рухомих елементів в модельованих роботизованих системах.</b> Основні поняття й визначення робототехнічних систем (РТС). Класифікація РТС. Промисловий робот (ПР) як основний компонент РТС. Технічні параметри та структура ПР. Принципи побудови ПР. Кінематична схема роботи ПР.	Лекція (4 год)	1-10	Створення та перевірка функціональної збірки елементів системи в середовищі FreeCAD. (4 год)	15 – 16 тижні семестру
				Захист лабораторних робіт, тест (1 год)	16 тиждень семестру