

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет прикладної математики та інформатики
Кафедра програмування

Затверджено

На засіданні кафедри програмування
факультету прикладної математики
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 29 серпня 2023 р.)



Зав. кафедри

Сергій ЯРОШКО

Силабус навчальної дисципліни
«Архітектура обчислювальних систем та комп'ютерна
схемотехніка»,
що викладається в межах
ОПП «Середня освіта (Інформатика)»
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
з предметної спеціальності **014.09 Середня освіта (Інформатика)**
галузі знань **01 Освіта/Педагогіка**

Львів 2023 р.

| | |
|--|---|
| Назва дисципліни | Архітектура обчислювальних систем та комп'ютерна схемотехніка |
| Адреса викладання дисципліни | Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Університетська 1, м. Львів, Україна, 79000 |
| Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна | Факультет прикладної математики та інформатики, кафедра програмування |
| Галузь знань, шифр та назва спеціальності | Галузь знань <i>01 Освіта/Педагогіка</i> Предметна спеціальність <i>014.09 Середня освіта (Інформатика)</i> |
| Викладачі дисципліни | Заболоцький Тарас Миколайович ¹ , д. е. н., професор, професор кафедри програмування Рикалюк Роман Євстахович ² , к. ф.-м. н, доцент, доцент кафедри програмування |
| Контактна інформація викладачів | ¹ – Електронна пошта: taras.zabolotskyu@lnu.edu.ua, веб-сторінка: https://ami.lnu.edu.ua/employee/zabolotskyj-t-m ² – Електронна пошта: roman.rykalyuk@lnu.edu.ua, веб-сторінка: https://ami.lnu.edu.ua/employee/rykaliuk |
| Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються | Консультації проводять раз на тиждень згідно з оприлюдненим розкладом консультацій викладача. Можливі он-лайн консультації через Zoom чи Microsoft Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача. |
| Сторінка курсу | https://ami.lnu.edu.ua/course/arkhitektura-obchysliuvalnykh-system-ta-komp-iuterna-skhemotekhnika |
| Інформація про дисципліну | Курс “Архітектура обчислювальних систем та комп'ютерна схемотехніка” є нормативною дисципліною для освітньо-професійної програми «Середня освіта (Інформатика)» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з предметної спеціальності 014.09 Середня освіта (Інформатика), яку викладають у другому семестрі в обсязі 4 кредитів (за Європейською кредитно-трансферною системою ECTS) |
| Коротка анотація дисципліни | Дисципліна «Архітектура обчислювальних систем та комп'ютерна схемотехніка» допоможе здобувачам вищої освіти засвоїти базові знання майбутньої спеціальності, сформує уяву про стан і перспективи розвитку галузі, основні використовувані технології. В даному курсі розглядаються фундаментальні та прикладні аспекти побудови і функціонування комп'ютерів. |
| Мета та цілі дисципліни | Метою вивчення нормативної/вибіркової дисципліни «Архітектура обчислювальних систем та комп'ютерна схемотехніка» є формування знань та вмінь, потрібних для раціонального використання сучасної обчислювальної техніки, кваліфікованої її технічної і системної підтримки, використання можливостей апаратної частини під час програмування |
| Література для вивчення дисципліни | <i>Основна література:</i> 1. Злобін Г.Г. Рикалюк Р.Є. Архітектура та апаратне забезпечення ПЕОМ: навч.посіб. Київ : Каравела, 2012. 224 с. 2. Воробйова О.М. Іванченко В. Д. Основи схемотехніки: навч. посібник,ч. 2. Одеса : ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004. 172 с. 3. Comer D. Essentials of computer architecture. Boca Raton : Chapman andHall/CRC, 2017. 511 p. 4. Ledin J. Modern computer architecture and organization. Birmingham :Packt Publishing, 2020, 560 p. 5. Dumas II J. D. Computer architecture: fundamentals and principles ofcomputer design. Boca Raton : Chapman and Hall/CRC, 2016. 462 p. |

| | |
|---|---|
| | <p><i>Додаткова література</i></p> <p>6. Рикалюк Р. Є. Лабораторний (симуляційний) практикум з курсу «Архітектура комп'ютерних систем». Ч. 1 / Р. Є.Рикалюк. – Львів: Видавн. центр Львів. ун-ту, 2017. — 57 с.</p> <p>7. Рикалюк Р.Є. Лабораторний (симуляційний) практикум з курсу «Архітектура комп'ютерних систем». Ч. 2 / Т.М.Заболоцький, Р. Є. Рикалюк, Л. Б. Галамага, Р. Г. Селіверстов. – Львів: Електронне видання ЛНУ, 2023. — 33 с.</p> <p>8 Bartlett J. Programming from the Ground Up. — http://www.freebookcentre.net/ComputerScience-Books-Download/Programming-from-the-Ground-Up-(J.-Bartlett).html</p> <p>9. Tutorial: Create a custom image of an Azure VM with the Azure CLI https://learn.microsoft.com/en-us/azure/virtual-machines/linux/tutorial-custom-images</p> <p>10. Introduction to Azure virtual machines https://learn.microsoft.com/en-us/training/modules/intro-to-azure-virtual-machines/</p> <p>11. Кравчук С. О. Основи комп'ютерної техніки: Навч. посібн. / С. О. Кравчук, В. О. Шонін. – К.: Каравела, 2008. – 344 с.</p> <p>12. Мельник А. О. Архітектура комп'ютера. / А. О. Мельник – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.</p> |
| Обсяг курсу | 64 години аудиторних занять. З них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт та 56 години самостійної роботи |
| Очікувані результати навчання | Після завершення цього курсу студент буде : <ul style="list-style-type: none"> - Знати фундаментальні концепції та основні принципи функціонування мовних, інструментальних та апаратних засобів обчислювальних систем. - Вміти раціонально використовувати сучасні комп'ютери та периферійні засоби; розробляти програми на мові Assemblera та використовувати їх для системного програмування |
| Компетентності | <i>Загальні (ЗК):</i> ЗК1, ЗК2, ЗК4. <i>Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):</i> ФК1, ФК2, ФК4, ПК1, ПК6, ПК7, ПК8. |
| Програмні результати навчання | ПРН9, ПРН10, ПРН16, ПРН19. |
| Ключові слова | Елементна база, апаратне забезпечення ЕОМ, процесор, машинна мова, пам'ять, мова асемблера. |
| Формат курсу | Очний |
| Теми | Перелік тем подано нижче у таблиці «Схема курсу» |
| Підсумковий контроль, форма | Письмовий (у вигляді тестів) іспит в кінці семестру |
| Пререквізити | Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін: «Іноземна мова», «Програмування». |
| Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу | Лекції, презентація, практичні заняття у вигляді семінарів з мультимедійними презентаціями (в тому числі студентів); виконання домашніх завдань за варіантами, результатом яких є звіт в електронному або друкованому вигляді; самостійна робота з вивченням оприлюднених електронних матеріалів. |
| Необхідне обладнання | Для проведення лекцій: комп'ютер, проектор. Для проведення лабораторних та виконання завдань: комп'ютер, ОС Windows, ElectronicsWorkbench, Visual Studio, MS Word, Acrobat Reader, DJVU Reader. |
| Критерії оцінювання (окремо для кожного) | Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: |

| | |
|--|--|
| <p>виду навчальної діяльності)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • виконання домашніх завдань за варіантами : 12 письмових робіт (максимальна кількість балів за кожну 2,5); максимальна кількість балів 30 • контрольні заміри (модулі): 2 модулі у вигляді тестів (максимальна кількість балів за кожен 10); максимальна кількість балів 20 • в кінці семестру – іспит: форма іспиту – тестування. Максимальна кількість балів 50. <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100</p> <p>Очікується, що студенти виконають 12 письмових робіт у вигляді звітів. Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом. При відсутності студента на лабораторному занятті без поважної причини, на наступному занятті відбувається захист звіту пропущеного заняття.</p> <p>Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, за виконання домашніх завдань та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Академічна доброчесність: очікується, що роботи студентів будуть їхніми оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів, здавання чужих комп'ютерних програм як своїх становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> |
| <p>Питання до заліку чи екзамену.</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Короткий історичний огляд розвитку обчислювальної техніки. Приклади електронних машин. 2. Принцип функціонування механічних машин. Приклади машин. 3. Елементна база електронних машин. Приклади електронних машин. 4. Яка відмінність у термінах ЕОМ і ПК? 5. Назвіть принципи фон Неймана. |

6. Яка залежність продуктивності ЕОМ від кількості процесорів?
7. Назвіть основні характеристики ЕОМ різних поколінь.
8. Які існують обмеження на шляху збільшення продуктивності ЕОМ.
9. Поняття про інформацію. Системи числення
10. Як поміряти інформацію? Дайте означення біта.
11. Загальні принципи побудови ЕОМ.
12. Назвіть три головні функції алгебри логіки. Подайте алгебричне та графічне представлення.
13. Запишіть закони інверсії.
14. Побудуйте таблицю істинності для стрілки Пірса та елемента Шеффера.
15. Для чого використовують шифратори та дешифратори? Наведіть схему шифратора на 4 входи.
16. Що таке суматор і які типи суматорів Ви знаєте?
17. Опишіть роботу напівсуматора.
18. Зобразіть схему повного суматора з послідовним переносом.
19. Що таке тригер і які типи тригерів Ви знаєте?
20. Які стани дозволені, а які заборонені у RS-тригері? Обґрунтуйте свої міркування.
21. Наведіть приклад побудови D-тригера.
22. Наведіть приклад побудови JK –тригера.
23. Наведіть приклад побудови T-тригера.
24. Поняття про елементну базу ЕОМ(регістр)
25. Які функції регістрів і які типи регістрів використовують у побудові ЕОМ?
26. Поняття про елементну базу ЕОМ . Двійковий лічильник.
27. Як побудувати десятковий лічильник?
28. Класифікація архітектур обчислювальних систем за взаємодією ЦП, ОЗУ, ПП;
29. Класифікація архітектур обчислювальних систем за взаємодією потоку команд і потоку даних.
30. Як класифікують обчислювальні системи за функціональним призначенням?
31. Як реалізують тип взаємодії потоку команд і потоку даних ОКБД?
32. Де найчастіше реалізують тип взаємодії потоку команд і потоку даних ОКБД?
33. Як класифікують комп'ютери за способом виконання команд?
34. Наведіть приклади мас-процесорних систем.
35. Форми представлення чисел в ЕОМ.
36. Яка відмінність між запакованим і розпакованим форматом чисел?
37. Типи даних в ПЕОМ. Формати даних цілочислені.
38. Якими типами даних оперує мікропроцесор?
39. Як представляють числа з плаваючою комою у ПЕОМ?
40. Типи даних у 64-розрядних процесорах.
41. Загальні принципи побудови мікро-ЕОМ та ПЕОМ
42. Які компоненти містить системний блок ПК?
43. Типи шин мікропроцесора. Зв'язок з магістраллю
44. Що означає термін « системна магістраль»

45. Що таке командний цикл і як він пов'язаний з тактовою частотою процесора?
46. Що називаємо виконавчою адресою?
47. Скільки і які компоненти використовують для формування виконавчої адреси у 16-розрядних процесорах?
48. Скільки і які компоненти використовують для формування виконавчої адреси у 32-розрядних процесорах?
49. Назвіть компоненти логічної адреси?
50. Назвіть режими адресування 16-розрядного процесора фірми Intel.
51. Назвіть режими адресування 32-розрядного процесора фірми Intel.
52. З яких компонент складається пристрій опрацювання 16-розрядного процесора і які функції він виконує?
53. У який спосіб процесор опрацьовує рядки даних?
54. Скільки є типів сегментів оперативної пам'яті і яких?
55. Максимальний розмір сегмента? І в якому режимі?
56. Які мінімальні та максимальні розміри сторінки і сегмента 32-розрядного процесора?
57. Скільки рівнів захисту має 32-розрядний процесор?
58. Яка відмінність між скалярним і суперскалярним процесором?
59. Назвіть головні стадії конвеєрів U та V мікропроцесора типу Pentium.
60. Який розмір віртуальної пам'яті можливий для використання програмістом у 32-розрядному процесорі?
61. Який розмір віртуальної пам'яті підтримують сучасні операційні системи у 32-розрядному та 64-розрядному процесорах?
62. Що таке дескриптор?
63. Для чого слугують біти D і P дескриптора?
64. Який сегментний реєстр за замовчанням використовується при посиланнях на дані, що знаходяться в стеці?
65. Де зберігається селектор і що це таке?
66. Який біт дескриптора і у який стан (0 чи 1) його потрібно задати, щоб сегмент був системним?
67. У чому полягає суть терміну «арифметика з насиченням»?
68. З якою метою у процесорі запроваджено розширення MMX?
69. З якою метою у процесорі запроваджено розширення SSE?
70. Яка відмінність між перериваннями внутрішніми і зовнішніми?
71. Які типи адресних просторів Ви знаєте?
72. Що означає віртуальний 8086-режим роботи 32-розрядного процесора?
73. Які біти і у яких реєстрах відповідають за вмикання сторінкового режиму доступу до пам'яті?
74. Як працює механізм посторінкової організації пам'яті?
75. Чи підтримує 32-розрядний процесор одночасну роботу зі сторінками і сегментами?
76. Як обчислюється фізична адреса при наявності сторінкового поділу?
77. Для чого потрібен біт позначки "сторінка знаходиться в пам'яті"?
78. Розмір операнда в реальному режимі?
79. Що означає термін «зондовий режим»?
80. За якими адресами (молодшими чи старшими) зберігається байт молодшого порядку у подвійному слові?

81. Що означає увімкнення 14-го біта регістра ознак (вкладення задач) в «1»?
82. Які головні відмінності між 32 та 16-розрядними мікропроцесорами ?
83. Які категорії регістрів доступні програмісту у 32-розрядному процесорі?
84. Для чого потрібен регістр TR?
85. Скільки 8-бітових портів може мати 32-розрядний процесор?
86. Скільки 16-бітових портів може мати 32-розрядний процесор?
87. Яка відмінність між перериванням і винятком?
88. З якою метою переривання поділяють за пріоритетами?
89. Які регістри зберігаються у стеку перед опрацюванням переривання?
90. Що являє собою таблиця векторів переривань в захищеному режимі? Як вона називається?
91. Для чого потрібні GDT і LDT? Де зберігаються покажчики на їх поточні значення?
92. Як можна змінити рівень привілеїв?
93. Скільки і які компоненти використовують для формування логічної адреси у 32-розрядному процесорі?
94. У який спосіб 32-розрядний процесор забезпечує 64 Тбайти пам'яті на задачу?
95. Як влаштована кеш-пам'ять процесора?
96. Як реалізовано трирівневий кеш у процесорах Intel ?
97. Яка відмінність між прямим та асоціативним типами КЕШ-пам'яті?
98. Як реалізовано набірно-асоціативний тип КЕШ-пам'яті?
99. Який тип адреси визначає положення даних у кеш-пам'яті?
100. Як працює механізм LRU?
101. З якого процесора розпочинається шосте покоління процесорів?
102. У чому полягає суть мікроархітектури NetBurst?
103. Які мінімальні та максимальні розміри сторінки і сегмента 32-розрядного процесора?
104. Який розмір пам'яті введення/виведення і за допомогою яких команд реалізовано ввід/вивід у процесорах Intel?
105. Який біт дескриптора і у який стан (0 чи 1) його потрібно задати, щоб дескриптор був системним?
106. Якого розміру сторінка може бути у процесорі Pentium?
107. Які головні відмінності між 32 та 64-розрядними мікропроцесорами ?
108. Які процесори використовують для побудови комп'ютерних комплексів на базі Apple Macintosh?
109. Назвіть головні характеристики архітектури AMD64.
110. Назвіть головні відмінності між архітектурами AMD64 та Intel 64.
111. Назвіть як повно підтримують архітектуру x86-64 різні операційні системи та релізи.
112. Симетричні багатоядерні системи
113. Неоднорідні багатоядерні системи.
114. Кластерні вирішення проблем багатопроцесорності.
115. У чому суть архітектури Nehalem?
116. Які типи віртуалізації вам відомі?

| | |
|-------------------|---|
| | 117. Що головно вирізняє процесорні мікроархітектури Sandy Bridge, Ivy Bridge, Haswell, Broadwell, Skylake? 118. Яка роль гіпервізорів у розподілі фізичних ресурсів комп'ютера? |
| Опитування | Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу. |

Схема курсу:

| №. тиж. | Тема, план, короткі тези | Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота) | Література | Завдання, год | Термін виконання |
|---------|--|--|------------|---------------|------------------|
| 1 | Тема1. Поняття про інформацію. Системи числення. Форми представлення чисел в ЕОМ. Основи алгебри логіки. | Лекція, самостійна робота | [1-5] | 2, 1 | |
| 1 | Знайомство з мережею лабораторії, вимогами до виконання, оформлення і захисту лабораторних робіт. Критерії оцінювання | Лабораторне заняття, самостійна робота | [1-5] | 2, 2 | Наступне заняття |
| 2 | Тема 2. Поняття про елементну базу ЕОМ (тригер, суматор, регістр, зсувач, шифратор, дешифратор, лічильник, арифметико-логічний пристрій). Реалізація типових комбінаційних схем. | Лекція, самостійна робота | [1-5] | 2, 2 | |
| 2 | Елементна база ЕОМ різних поколінь. | Лабораторне заняття, самостійна робота | [1-5] | 2, 2 | Наступне заняття |
| 3 | Тема3. Історія розвитку обчислювальних систем. Архітектура фон Неймана - основа цифрових обчислювальних машин.. | Лекція, самостійна робота | [1-5] | 2, 1 | |
| 3 | Ознайомлення з пакетами для симуляції роботи логічних схем ("Electronic WorkBench", Logisim) | Лабораторне заняття, самостійна робота | [1-6] | 2, 2 | Наступне заняття |
| 4 | Тема 4. Стан і перспективи розвитку елементної бази сучасних обчислювальних систем. Особливості мікроелектронної технології, її переваги. Обмеження на шляху збільшення продуктивності ЕОМ TTL та CMOS логіка | Лекція, самостійна робота | [1-5] | 2, 2 | |
| 4 | Дослідження роботи шифратора і дешифратора. | Лабораторне заняття, самостійна робота | [1-6] | 2, 2 | Наступне заняття |

| | | | | | |
|-----|---|---|--------------|------|-------------------------|
| 5 | Тема 5. Класифікація архітектур обчислювальних систем: за інтегральними ознаками; за взаємодією потоку команд і потоку даних; за функціональним призначенням; за способом організації команд. | <i>Лекція, самостійна робота</i> | [1-7] | 2, 1 | |
| 5 | <i>Дослідження роботи суматорів.</i> | <i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i> | [1-6] | 2, 2 | <i>Наступне заняття</i> |
| 6 | Тема6. Апаратне забезпечення ПЕОМ (Системна плата та її компоненти, відеосистема, дискова підсистема, порти комп'ютера) | <i>Лекція, самостійна робота</i> | [1-6] | 2, 2 | |
| 6 | <i>Дослідження роботи тригерних схем</i> | <i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i> | [1-6] | 2, 2 | <i>Наступне заняття</i> |
| 7-8 | Тема7. Мікропроцесор Intel 8086(88). Машинна мова. Архітектура процесора. Регістри загального призначення. Індексні регістри та регістри-вказівники. Регістри сегменту. Шини мікропроцесора. Зв'язок з магістраллю. Переривання (внутрішні та зовнішні, масковані та немасковані). | <i>Лекція, самостійна робота</i> | [1-5, 11.12] | 4, 2 | |
| 7 | <i>Дослідження роботи регістрових та лічильних схем</i> | <i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i> | [1-6] | 2, 2 | <i>Наступне заняття</i> |
| 9 | Тема8. Режими адресації пам'яті та пристроїв вводу-виводу. Система переривань. Механізми звернення до підпрограм. . | <i>Лекція, самостійна робота</i> | [1-5] | 2, 2 | |
| 8-9 | <i>Проміжний контроль</i> | <i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i> | | 4, 4 | |
| 10 | Тема9. Технологія просування даних. Трирівнева кеш-пам'ять команд та кеш-пам'ять даних. Динамічне передбачення розгалужень. Розширення і конвейеризації циклів шини даних. Підтримка мультипроцесора. | <i>Лекція, самостійна робота</i> | [1- 5] | 2, 1 | |
| 10 | <i>Представлення даних у пам'яті комп'ютера, організація уведення/виведення інформації</i> | <i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i> | [1-7] | 2, 3 | <i>Наступне заняття</i> |
| 11 | Тема10. Основи програмування мовою асемблер: система команд, операції введення-виводу, реалізація складних логічних структур мов програмування високого рівня мовою асемблер. | <i>Лекція, самостійна робота</i> | [1-8] | 2, 1 | |

| | | | | | |
|-------|--|---|-------|------|-------------------------|
| 11 | <i>Обчислення простих виразів для цілочислового процесора</i> | <i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i> | [1-8] | 2, 2 | <i>Наступне заняття</i> |
| 12 | Тема11. Призначення та основні параметри запам'ятовуючих пристроїв. Структура пам'яті: регістрова пам'ять, кеш-пам'ять, основна (оперативна) пам'ять, енергонезалежна (постійна, напівпостійна) пам'ять, спеціалізована пам'ять, зовнішня пам'ять. Класифікація пам'яті за способом доступу до даних: адресна, послідовна, асоціативна. | <i>Лекція, самостійна робота</i> | [1-5] | 2, 2 | |
| 12 | <i>Команди умовного та безумовного передавання керування, команди циклу</i> | <i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i> | [1-8] | 2, 2 | <i>Наступне заняття</i> |
| 13 | Тема12. 64-розрядні процесори та ПЕОМ на базі багатоядерних процесорів. Особливості архітектури. | <i>Лекція, самостійна робота</i> | [1-5] | 2, 2 | |
| 13 | <i>Логічні команди, команди зсування, робота з масивами</i> | <i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i> | [1-8] | 2, 2 | <i>Наступне заняття</i> |
| 14 | Тема13. Математичний співпроцесор та спеціалізовані процесори GPU: обробка графічної інформації, розподілені обчислення, машинне навчання. | <i>Лекція, самостійна робота</i> | [3-5] | 2, 4 | |
| 14-15 | <i>Програмування співпроцесора</i> | <i>Лабораторне заняття, самостійна робота</i> | [1-8] | 4, 5 | <i>Наступне заняття</i> |
| 15-16 | Тема14. Віртуальні машини на різних платформах. Типи віртуалізації та роль гіпервізорів. | <i>Лекція, самостійна робота</i> | [10] | 4, 1 | |
| 16 | <i>Підсумкове заняття.</i> | <i>Лабораторне заняття</i> | | 2 | |