



Схемотехніка. Частина 2

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</i>
Спеціальність	<i>172 Електронні комунікації та радіотехніка</i>
Освітня програма	<i>Інформаційно-обчислювальні засоби радіоелектронних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин (4 кредити ECTS) з них: 36 – лекції, 18 – лабораторні, 66 – самостійна робота студента</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит, модульні контрольні роботи</i>
Розклад занять	http://education.kpi.ua/
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>доктор філософії, Зилевич Максим Олегович,</i> zylevich.maksym@edu.kpi.ua , +380938131864 Лабораторні: <i>доктор філософії, Омелян Анатолій Васильович,</i> omelian.anatolii@ill.kpi.ua , +380663006267
Розміщення курсу	https://www.youtube.com/playlist?list=PL4WQQHlheqfzI71QHEBzrB_dRLF1fI7wz https://classroom.google.com/c/MTU4Mjc2MjcwNDE5?cjc=r4cvnjg

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Опис дисципліни: В освітньому компоненті “Схемотехніка 2” студенти опановують основи цифрової схемотехніки. Розглядаються основні поняття цифрової схемотехніки (наприклад, логічні рівні і характеристики цифрового сигналу), базові компоненти цифрових схем (логічні операції, буфери, тригери), схемотехніка реалізації базових компонентів, основні характеристики цифрових схем (споживана потужність, затримка розповсюдження сигналу, тощо), більш складні типові блоки цифрових схем, що будуються на основі базових компонентів (лічильники, регістри, дешифратори, мультиплексори, схеми реалізації арифметичних операцій, тощо), способи побудови складніших цифрових схем на основі базових компонентів (наприклад, способи побудови генераторів цифрових сигналів, SPI приймача, зчитування і обробка даних з АЦП, побудова годинника, цифрових АМ та FM передавачів, відтворення звуку за допомогою широтно-імпульсної модуляції), конвеєризація для збільшення максимально можливої тактової частоти цифрових схем, створення логічних схем, що реалізують алгоритми керування (скінченні автомати), вивчаються принципи роботи програмованої логіки, принципи функціонування і побудови статичної та динамічної пам’яті, а також постійної пам’яті, зокрема FLASH пам’яті та EEPROM. Студенти вивчають основи мови Verilog для опису цифрових схем та їх верифікації. Вивчаються основи роботи в САПР Quartus Prime Light для реалізації досліджуваних схем в базисі програмованої логіки та основи роботи в симуляторі ModelSim (у складі Quartus Prime Light) для моделювання роботи цифрових схем. Лабораторні роботи виконуються з використанням налагоджувальних плат DE1-SoC, що містить мікросхеми програмованої логіки Intel FPGA.

Додатково при виконанні лабораторних робіт використовується вимірювальний комплекс Analog Discovery 2. Знання цифрової схемотехніки необхідні для створення сучасних цифрових мікросхем, у т.ч. мікропроцесорів і прискорювачів обчислень (наприклад, прискорювачів роботи нейромереж).

Предмет навчальної дисципліни: методи аналізу і синтезу цифрових схем.

Мета навчальної дисципліни: метою дисципліни є формування у студентів здатностей розробляти та застосувати методи аналізу і синтезу цифрових схем з використанням вимірювальної техніки і необхідних програмно-апаратних засобів.

Загальні компетентності:

ЗК 1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 2 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 3 Здатність планувати та управляти часом.

ЗК 6 Здатність працювати в команді.

ЗК 7 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 8 Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Фахові компетентності:

ФК 4 Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм.

ФК 6 Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно- телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах.

ФК 16 Здатність здійснювати аналіз та синтез цифрових логічних пристроїв, застосовувати сучасні методи їх проектування та тестування, проектувати та налагоджувати апаратні і програмні компоненти електронних обчислювальних систем (ЕОС), зокрема, вбудованих у радіотехнічну та телекомунікаційну апаратуру із застосуванням сучасних інструментальних засобів та САПР, що їх підтримують.

Програмні результати навчання:

ПРН 2 Застосовувати результати особистого пошуку та аналізу інформації для розв'язання якісних і кількісних задач подібного характеру в інформаційно-комунікаційних мережах, телекомунікаційних і радіотехнічних системах.

ПРН 4 Пояснювати результати, отримані в результаті проведення вимірювань, в термінах їх значущості та пов'язувати їх з відповідною теорією.

ПРН 6 Грамотно застосовувати термінологію галузі телекомунікацій та радіотехніки.

ПРН 8 Аналізувати та виконувати оцінку ефективності методів проектування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем.

ПРН 13 Застосування розуміння основних властивостей компонентної бази для забезпечення якості та надійності функціонування телекомунікаційних, радіотехнічних систем і пристроїв.

ПРН 17 Знаходити, оцінювати і використовувати інформацію з різних джерел, необхідну для розв'язання професійних завдань, включаючи відтворення інформації через електронний пошук.

ПРН 23 Розроблювати цифрові пристрої в інтегрованих середовищах моделювання ModelSim і проектування Quartus Prime, в тому числі з використанням мови опису апаратури HDL, реалізовувати логічні пристрої за допомогою плат налагодження на основі ПЛІС, виконувати проектування друкованих плат з використанням САПР Altium Designer або іншого аналогічного за своїми функціональними можливостями пакету, проектувати апаратне та програмне забезпечення ЕОС із застосуванням сучасних інтегрованих середовищ проектування та інструментальних засобів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: знання з дисциплін ЗО 11 «Вища математика», ЗО 12 «Загальна фізика», ЗО 15 «Основи метрології», ЗО 16 «Інформатика», ЗО 17 «Основи теорії кіл», ЗО 18 «Електродинаміка та поширення радіохвиль», ПО 1 «Електронна компонентна база радіотехнічних та телекомунікаційних систем», ПО 3 «Матеріали радіоелектронної апаратури та телекомунікаційних

систем», ПО 4 «Методи обробки даних в інформатиці», ПО 5 «Функціонально-логічне проектування».

Постреквізити: наявність знань, необхідних для вивчення дисциплін ЗО 21 «Цифрове оброблення сигналів», ПО 6 «Конструкторське проектування радіоелектронної апаратури», ПО 8 «Автоматизація проектування цифрових пристроїв», ПО 10 «Мікропроцесорні технології і компоненти радіоелектронної апаратури», ПО 14 «Переддипломна практика», ПО 15 «Дипломне проектування».

3. Зміст навчальної дисципліни

Лекційні заняття

Розділ 1. Базові поняття цифрової електроніки

- Тема 1.1. Логічні рівні
- Тема 1.2. Характеристики цифрового сигналу
- Тема 1.3. Статичні та динамічні характеристики мікросхем
- Тема 1.4. Польовий МДН транзистор з р-каналом
- Тема 1.5. Польовий МДН транзистор з n-каналом
- Тема 1.6. n-МДН та р-МДН логічні елементи (інвертор, І-НІ, АБО-НІ)
- Тема 1.7. КМДН логічні елементи (інвертор, буфер, І-НІ, АБО-НІ)
- Тема 1.8. Пробій КМДН логіки і захист від пробою
- Тема 1.9. Ефект замикання, статична і динамічна споживана потужність в КМДН
- Тема 1.10. Переваги та недоліки КМДН логіки. Наскрізні струми
- Тема 1.11. Третій стан
- Тема 1.12. Реалізація двонаправлених виводів та загальної шини на елементах з третім станом
- Тема 1.13. Ключ на біполярному транзисторі
- Тема 1.14. Вихід з відкритим стоком (колектором)
- Тема 1.15. Узгодження логічних рівнів
- Тема 1.16. Умовні позначення, маркування та серії мікросхем

Розділ 2. Комбінаційна логіка

- Тема 2.1. Правила булевої алгебри
- Тема 2.2. Створення комбінаційної логіки по таблиці істинності через ДДНФ/ДКНФ
- Тема 2.3. Двійковий дешифратор
- Тема 2.4. Дешифратор семисегментного індикатора
- Тема 2.5. Дешифратор інструкцій процесору
- Тема 2.6. Створення адресного простору процесору з використанням двійкового дешифратора
- Тема 2.7. Дешифратор адреси. Створення адресного на базі дешифратора адреси
- Тема 2.8. Непріоритетний шифратор
- Тема 2.9. Пріоритетний шифратор
- Тема 2.10. Мультиплексори
- Тема 2.11. Демультіплексори
- Тема 2.12. Реалізація комбінаційних функцій на мультиплексорах
- Тема 2.13. Реалізація шини АМВА на мультиплексорах
- Тема 2.14. Від'ємні числа і додатковий код. Знакові та беззнакові змінні
- Тема 2.15. Напівсуматор та повний однорозрядний суматор
- Тема 2.16. Багаторозрядний суматор з послідовним переносом
- Тема 2.17. Багаторозрядний суматор з прискореним переносом
- Тема 2.18. Багаторозрядний віднімач
- Тема 2.19. Багаторозрядний суматор з кількістю входів більше ніж 2
- Тема 2.20. Переповнення при операціях зі знаковими числами
- Тема 2.21. Компаратор беззнакових чисел
- Тема 2.22. Компаратор знакових чисел
- Тема 2.23. Схема зсуву
- Тема 2.24. Перемножувач беззнакових чисел

Тема 2.25. Перемножувач знакових чисел

Тема 2.26. Схеми множення знакових та беззнакових чисел на константу

Тема 2.27. Перетворювач кодів на шифраторах-дешифраторах

Розділ 3. Синхронні цифрові схеми

Тема 3.1. Бістабільна комірка

Тема 3.2. Метастабільний стан

Тема 3.3. Генератор випадкових чисел на бістабільній комірці

Тема 3.4. Асинхронні RS тригери

Тема 3.5. Синхронні по рівню тригери (RS, D, JK)

Тема 3.6. Синхронні по фронту тригери (RS, D, JK)

Тема 3.7. Синхронні по фронту тригери з асинхронними входами

Тема 3.8. Затримки синхронних по фронту тригерів (таймінги)

Тема 3.9. Синхронні по фронту тригери з синхронними входами дозволу запису, встановлення та скидання

Тема 3.10. Граничне сканування (boundary scan) для тестування мікросхем

Тема 3.11. T-тригери

Тема 3.12. Паралельний регістр

Тема 3.13. Регістрова пам'ять

Тема 3.14. Регістри зсуву

Тема 3.15. Генератор псевдовипадкових чисел на регістрі зсуву (LFSR)

Тема 3.16. Реалізація SPI на регістрах зсуву

Тема 3.17. Гонки в асинхронних схемах. Паразитні перемикання (глітч). Синхронізація

Тема 3.18. Синхронізація по фронту

Тема 3.19. Затримка тактового сигналу (clock skew) та методи її зменшення. Дерево тактового сигналу

Тема 3.20. Визначення максимально допустимої частоти сигналу синхронізації

Тема 3.21. Конвеєр

Тема 3.22. Лічильники імпульсів. Основні поняття

Тема 3.23. Асинхронні лічильники (сумуючі, віднімаючі, реверсивні)

Тема 3.24. Завантаження даних в асинхронні лічильники

Тема 3.25. Синхронні лічильники (сумуючі, віднімаючі, реверсивні)

Тема 3.26. Завантаження даних в синхронні лічильники

Тема 3.27. Лічильники з довільним модулем рахунку

Тема 3.28. Скінченні автомати

Розділ 4. Постійна та оперативна пам'ять

Тема 4.1. Класифікація схем енергонезалежної (постійної) пам'яті

Тема 4.2. Маскова постійна пам'ять

Тема 4.3. Умове графічне позначення та затримки (таймінги) схем постійної пам'яті

Тема 4.4. Одноразово програмовані схеми постійної пам'яті

Тема 4.5. Програматори схем постійної пам'яті

Тема 4.6. Підсилювач зчитування постійної пам'яті

Тема 4.7. МДН транзистор з плаваючим затвором

Тема 4.8. Методи запису/видалення електронів з плаваючого затвору

Тема 4.9. EPROM постійна пам'ять

Тема 4.10. EEPROM постійна пам'ять

Тема 4.11. FLASH постійна пам'ять

Тема 4.12. Фероелектрична надшвидка постійна пам'ять (FRAM)

Тема 4.13. Статична оперативна пам'ять (SRAM)

Тема 4.14. Багатопортова статична пам'ять

Тема 4.15. Реалізація комбінаційної логіки на мікросхемах пам'яті

Тема 4.16. Динамічна пам'ять (DRAM)

Тема 4.17. Синхронна динамічна пам'ять (SDRAM)

Лабораторні роботи (ЛР)

ЛР0. Базові логічні елементи

ЛР1. Синхронні по фронту елементи пам'яті, інтерфейс SPI

ЛР2. Синхронні лічильники, генератор синусоїди з цифровим керуванням

ЛР3. Подільники частоти. FM передавач

ЛР4. Дешифратори і мультиплексори. Цифровий годинник

ЛР5. Широтно-імпульсна модуляція

ЛР6. Шифратори, мультиплексори, пристрої зсуву.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Проектування комп'ютерних систем на основі мікросхем програмованої логіки [Текст]: монографія / С.А. Іванець, Ю.О. Зубань, В.В. Казимир, В.В. Литвинов. - Суми : СумДУ, 2013. - 313 с. (доступ за посиланням <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/33465>).
2. Сучасна компонентна база електронних систем: навч. посібник для студентів ЗВО. / І.М. Бондаренко, О.В. Бородин, В.П. Карнаушенко. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 268 с.
3. Сенько В. І. та ін. Електроніка і мікросхемотехніка: У 4-х т. Том 3. Цифрові пристрої: Підручник/За ред. ВІ Сенька //К.: Каравела. – 2008.
4. І.М. Бондаренко, О.В. Бородин, В.П. Карнаушенко Сучасна компонентна база електронних систем: навч. посібник для студентів ЗВО. / І.М. Бондаренко, О.В. Бородин, В.П. Карнаушенко. – Харків: ХНУРЕ, 2020. – 268 с. (доступ за посиланням https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/14062/3/SKB_2020.pdf).
5. Цифрова схемотехніка: підручник / О.А. Борисенко. - Суми : СумДУ, 2016. – 200 с.

Допоміжна література

1. Harris D. M., Harris S. L. Digital Design and computer architecture: RISC-V edition, Morgan Kaufmann, 2022., doi: <https://doi.org/10.1016/C2019-0-00213-0>
2. Wakerly J.F. Digital Design: Principles and Practices, 5th edition, Pearson, 2018.
3. Kilts S. Advanced FPGA Design: Architecture Implementation and Optimization 1st Edition. Hoboken N.J: Wiley : IEEE; 2007.
4. Parhami B. Computer Arithmetic: Algorithms and Hardware Designs, 2nd edition, Oxford University Press, New York, 2010, ISBN 978-0-19-532848-6
5. Warren, Henry S. Hacker's Delight, 2nd edition, Addison-Wesley Professional, 2012, ISBN: 978-0-321-84268-8, DOI: 10.5555/2462741

Додаткові ресурси

1. Відео лекції: https://www.youtube.com/playlist?list=PL4WQQHlheqfzl71QHEBzrB_dRLF1f17wz
2. Презентації і матеріали до лекцій: <https://docs.google.com/document/d/14ArZuFp6PxoSgCbK-xLSNyERpMuP820M/edit?usp=sharing&oid=100453576010343378495&rtpof=true&sd=true>
3. Запитання до модульних контрольних робіт: <https://docs.google.com/document/d/1cWZSfw2FI4ZEHCsm7v0ZQjOnNXstBxw9/edit?usp=sharing&oid=100453576010343378495&rtpof=true&sd=true>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекції

Р.1. Тема 1.1. Логічні рівні.

Р.1. Тема 1.2. Характеристики цифрового сигналу.

Р.1. Тема 1.3. Статичні та динамічні характеристики мікросхем.

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=EaOut9WmZ0s>

<https://www.youtube.com/watch?v=xWWtr7QsDMg>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4]

Р.1. Тема 1.7. КМДН логічні елементи (інвертор, буфер, І-НІ, АБО-НІ).

Р.1. Тема 1.8. Пробій КМДН логіки і захист від пробою.

Р.1. Тема 1.9. Ефект замикання, статична і динамічна споживана потужність в КМДН.

Р.1. Тема 1.10. Переваги та недоліки КМДН логіки. Наскрізні струми.

Р.1. Тема 1.11. Третій стан.

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=M4CXFGGrjKhw>

<https://www.youtube.com/watch?v=s3etRBWTR-Y>

<https://www.youtube.com/watch?v=4UnhuPjloXc>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4]

Модульна контрольна робота.

Р.2. Тема 2.10. Мультиплексор [1-4].

Р.2. Тема 2.11. Демультиплексор [1-4].

Р.2. Тема 2.12. Реалізація комбінаційних функцій на мультиплексорах [1-4].

Р.2. Тема 2.13. Реалізація шини AMBA на мультиплексорах [1-4].

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=7Ko4FPT3qN0>

https://www.youtube.com/watch?v=-Hin__LXOYU

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4]

Р.2. Тема 2.23. Схема зсуву [1-4].

Р.2. Тема 2.24. Перемножувач беззнакових чисел [1-4].

Р.2. Тема 2.25. Перемножувач знакових чисел [1-4].

Р.2. Тема 2.26. Схеми множення знакових та беззнакових чисел на константу [1-4].

Р.2. Тема 2.27. Перетворювач кодів на шифраторах- дешифраторах [1-4].

Відео матеріали за темами:

https://www.youtube.com/watch?v=SX1tEEuk_Y8

<https://www.youtube.com/watch?v=sdqEa2EABU>

https://www.youtube.com/watch?v=T_6bu6ZEY5I

<https://www.youtube.com/watch?v=v0-OspwoNhM>

<https://www.youtube.com/watch?v=Z1jbPkOWH4M>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4]

Р.3. Тема 3.10. Граничне сканування (boundary scan) для тестування мікросхем.

Р.3. Тема 3.11. Т-тригери.

Р.3. Тема 3.12. Паралельний регістр.

Р.3. Тема 3.13. Регістрова пам'ять.

Р.3. Тема 3.14. Регістри зсуву.

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=w1toV0m5Tgw>

https://www.youtube.com/watch?v=Ne_8YkcYDc8

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4]

Р.3. Тема 3.22. Лічильники імпульсів. Основні поняття [1-4].

Р.3. Тема 3.23. Асинхронні лічильники (сумуючі, віднімаючі, реверсивні) [1-4].

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=sYYr6urEcHc>

<https://www.youtube.com/watch?v=F8ovppr0-RQ>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4]

Р.3. Тема 3.27. Лічильники з довільним модулем рахунку.

Р.3. Тема 3.28. Кінцеві автомати.

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=eB4I2kaFwAA>

<https://www.youtube.com/watch?v=MMgNOaSOILw>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4]

Модульна контрольна робота.

Лабораторні роботи

1. Лабораторна робота_0

Базові логічні елементи

Завдання на СРС – вивчити теоретичний матеріал за темою лабораторної роботи.

2.5 аудиторних + 1 СРС

2. Лабораторна робота_1

Синхронні по фронту елементи пам'яті, інтерфейс SPI.

Завдання на СРС – вивчити теоретичний матеріал за темою лабораторної роботи.

2.5 аудиторних + 1 СРС

3. Лабораторна робота_2

Синхронні лічильники, генератор синусоїди з цифровим керуванням.

Завдання на СРС – вивчити теоретичний матеріал за темою лабораторної роботи.

2.5 аудиторних + 1 СРС

4. Лабораторна робота_3

Подільники частоти. FM передавач.

Завдання на СРС – вивчити теоретичний матеріал за темою лабораторної роботи.

2.5 аудиторних + 1 СРС

5. Лабораторна робота_4

Дешифратори і мультиплексори. Цифровий годинник.

Завдання на СРС – вивчити теоретичний матеріал за темою лабораторної роботи.

2.5 аудиторних + 1 СРС

6. Лабораторна робота_5

Широтно-імпульсна модуляція.

Завдання на СРС – вивчити теоретичний матеріал за темою лабораторної роботи.

7. Лабораторна робота_6

Шифратори, мультиплексори, пристрої зсуву.

Завдання на СРС – вивчити теоретичний матеріал за темою лабораторної роботи.

2.5 аудиторних + 1 СРС

Календарний план перегляду відео лекцій

Тиждень 1

Лекція 1.1. Логічні рівні:

<https://www.youtube.com/watch?v=EaOut9WmZ0s>

Лекція 1.2. Характеристики цифрового сигналу. Статичні характеристики мікросхем:

<https://www.youtube.com/watch?v=xWWtr7QsDMg>

Лекція 2.1. Тригер Шмітта. Динамічні характеристики мікросхем:

<https://www.youtube.com/watch?v=Ly6xeLjrBrw>

Тиждень 2

Лекція 2.2. Польовий МДН транзистор з р-каналом:

<https://www.youtube.com/watch?v=m6qAUd-NwCs>

Лекція 3.1. Польовий МДН транзистор з n-каналом:

<https://www.youtube.com/watch?v=ieBeqmqKUzcM>

Лекція 3.2. n-МДН логічні елементи (інвертор):

<https://www.youtube.com/watch?v=ADfE3HH5300>

Лекція 3.3. n-МДН логічні елементи (I-HI). Інвертор на p-МДН транзисторі:

<https://www.youtube.com/watch?v=FlcnJbVfoA8>

Лекція 3.4. n-МДН логічні елементи (I-HI, АБО-HI):

<https://www.youtube.com/watch?v=Au80dB6JeeE>

Лекція 3.5. КМДН інвертор та буфер, пробій КМДН логіки:

<https://www.youtube.com/watch?v=M4CXFGGrjKhw>

Тиждень 3

Лекція 4.1. КМДН логіка, захист від пробою, ефект замикання, статична і динамічна потужність:

<https://www.youtube.com/watch?v=s3etRBWTR-Y>

Лекція 4.2. Переваги/недоліки КМДН логіки. Наскрізні струми. 3-й стан:

<https://www.youtube.com/watch?v=4UnhuPjloXc>

Лекція 5.1. Третій стан. Двонаправлені виводи та загальна шина з 3-м станом:

https://www.youtube.com/watch?v=HLFdF2_DrIQ

Тиждень 4

Лекція 5.2. Ключ на біполярному транзисторі:

<https://www.youtube.com/watch?v=K9kaPjn36es>

Лекція 6.1. Вихід з відкритим стоком (колектором). Узгодження логічних рівнів:

<https://www.youtube.com/watch?v=1uHwC43mBxM>

Лекція 6.2. Умовні позначення, маркування та серії мікросхем:

<https://www.youtube.com/watch?v=hk5zqcyLEn0>

Тиждень 5

Лекція 7.1. ДДНФ, ДКНФ. Правила алгебри логіки. Двійковий дешифратор:

<https://www.youtube.com/watch?v=dpgod5Ai5Sw>

Лекція 7.2. Дешифратори 7-сегментного індикатора та інструкцій процесора:

<https://www.youtube.com/watch?v=JH2oU0o7AWk>

Лекція 8.1. Дешифратори і адресний простір, шифратори:

<https://www.youtube.com/watch?v=MxY2aVv6r8>

Тиждень 6

Лекція 8.2. Реалізація адресного простору мікропроцесору з використанням дешифратора адреси:

<https://www.youtube.com/watch?v=rWsHsLpZMzk>

Лекція 9.1. Мультиплексор, демультиплексор:

<https://www.youtube.com/watch?v=7Ko4FPT3qN0>

Лекція 9.2. Реалізація шини AMBA на мультиплексорах:

https://www.youtube.com/watch?v=-Hin__LXOYU

Тиждень 7

Лекція 10.1. Шина AMBA. Від'ємні числа і додатковий код. Знакові та беззнакові змінні:

<https://www.youtube.com/watch?v=B9xYdf6sOGg>

Лекція 10.2. Суматор з послідовним переносом:

<https://www.youtube.com/watch?v=iqFV-IBspz0>

Лекція 10.3. Суматор з прискореним переносом, віднімач:

<https://www.youtube.com/watch?v=WqHMC72qGcl>

Лекція 11.1. Суматор з багатьма входами. Переповнення при операціях зі знаковими числами:

<https://www.youtube.com/watch?v=QbECw8RwGwk>

Лекція 11.2. Компаратор беззнакових чисел:

<https://www.youtube.com/watch?v=FAte6HB-iIE>

Тиждень 8

Лекція 11.3. Компаратор знакових чисел. Схеми зсуву:

<https://www.youtube.com/watch?v=hcnKWCfpCaU>

Лекція 12.1. Схема швидкого зсуву двійкових чисел на довільну кількість розрядів (barrel shifter):

https://www.youtube.com/watch?v=SX1tEEuk_Y8

Лекція 12.2. Реалізація множення на константу:

<https://www.youtube.com/watch?v=sdqEa2EABU>

Лекція 12.3. Перемноження беззнакових чисел:

https://www.youtube.com/watch?v=T_6bu6ZEY5I

Лекція 12.4. Перемножувач знакових чисел:

<https://www.youtube.com/watch?v=v0-OspwoNhM>

Лекція 12.5. Перетворювач кодів на шифраторах-дешифраторах:

<https://www.youtube.com/watch?v=Z1jbPkOWH4M>

Лекція 12.6. Бістабільна комірка. Метастабільний стан:

<https://www.youtube.com/watch?v=HJKuRW88tmo>

Тиждень 9

Лекція 13.1. Метастабільність (продовження). Генерація випадкових чисел. Асинхронні RS тригери:

<https://www.youtube.com/watch?v=AuOYY2tQJK4>

Лекція 13.2. Асинхронні RS тригери (продовження):

<https://www.youtube.com/watch?v=EVhstHXZt8>

Лекція 13.3. Синхронні по рівню та синхронні по фронту master-slave тригери. Таймінги тригерів:

<https://www.youtube.com/watch?v=DznqjShH0a0>

Лекція 13.4. Тригери з синхронним та асинхронним встановленням-зкиданням і дозволом запису:

<https://www.youtube.com/watch?v=AXi1o3qGpiw>

Лекція 14.1. Граничне сканування (boundary scan) для тестування мікросхем:

<https://www.youtube.com/watch?v=w1toV0m5Tgw>

Тиждень 10

Лекція 14.2. Т-тригер, паралельний регістр, регістр зсуву, регістрова пам'ять:

https://www.youtube.com/watch?v=Ne_8YkcYDc8

Лекція 15.1. Схеми, що використовують регістр зсуву (LFSR, затримка сигналу):

https://www.youtube.com/watch?v=tB_3RHEH8hA

Лекція 15.2. SPI, гонки в асинхронних схемах, методи синхронізації:

<https://www.youtube.com/watch?v=sPN2LqPjrek>

Тиждень 11

Лекція 16.1. Синхронізація по фронту, затримка тактового сигналу (clock skew):

<https://www.youtube.com/watch?v=IUUNWcODjBU>

Лекція 16.2. Максимальна частота роботи схеми, конвеєр, брязкіт контактів:

<https://www.youtube.com/watch?v=hXkzvFdO-Ss>

Лекція 17.1. Лічильники імпульсів, основні поняття:

<https://www.youtube.com/watch?v=sYYr6urEcHc>

Тиждень 12

Лекція 17.2. Асинхронні лічильники (сумуючі, віднімаючі, реверсивні):

<https://www.youtube.com/watch?v=F8ovppr0-RQ>

Лекція 18.1. Завантаження даних в асинхронні лічильники. Синхронні лічильники:

<https://www.youtube.com/watch?v=aPcYP2KFYSg>

Лекція 18.2. Синхронні лічильники прямого, зворотного та реверсивного рахунку з

завантаженням: <https://www.youtube.com/watch?v=1jpvVwC4EIY>

Тиждень 13

Лекція 19.1. Синхронні лічильники з довільним модулем рахунку. Кінцеві автомати (початок):

<https://www.youtube.com/watch?v=eB4I2kaFwAA>

Лекція 19.2. Кінцеві автомати (продовження). Класифікація постійної пам'яті:

<https://www.youtube.com/watch?v=MMgNOaSOlLw>

Тиждень 14

Лекція 20.1. Маскова постійна пам'ять. Програматори постійної пам'яті:

<https://www.youtube.com/watch?v=NF-n-MdZ57E>

Лекція 20.2. Постійна пам'ять (позначення, таймінги). Одноразово програмована постійна пам'ять:

<https://www.youtube.com/watch?v=BYX5MaPJAcY>

Тиждень 15

Лекція 21.1. Підсилювач зчитування постійної пам'яті. МДН транзистор з плаваючим затвором:

<https://www.youtube.com/watch?v=je9wHeXMuzE>

Лекція 21.2. Методи запису-видалення електронів з плаваючого затвору. EPROM постійна пам'ять:

<https://www.youtube.com/watch?v=xGdTZhEF2sM>

Лекція 22.1. EEPROM та FLASH постійна пам'ять:

<https://www.youtube.com/watch?v=3bM58I2eog8>

Лекція 22.2. Регістрова та статична оперативна пам'ять (SRAM):

<https://www.youtube.com/watch?v=Durpjf-OZ58>

Лекція 23.1. Таймінги статичної пам'яті. Багатопортова статична пам'ять:

<https://www.youtube.com/watch?v=sH2hX5Cdb9k>

Лекція 23.2. Динамічна пам'ять (DRAM):

https://www.youtube.com/watch?v=6yUGvDYXzbA__.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Р.1. Тема 1.3. Статичні та динамічні характеристики мікросхем.

Р.1. Тема 1.4. Польовий МДН транзистор з р-каналом [1-4].

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=Ly6xeLjrBrw>

<https://www.youtube.com/watch?v=m6qAUd-NwCs>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.1. Тема 1.5. Польовий МДН транзистор з n-каналом [1-4].

Р.1. Тема 1.6. n-МДН та р-МДН логічні елементи (інвертор, І-НІ, АБО-НІ) [1-4].

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=ieBeqmkUzcM>

<https://www.youtube.com/watch?v=ADfE3HH5300>

<https://www.youtube.com/watch?v=FlcnJbVfoA8>

<https://www.youtube.com/watch?v=Au80dB6JeeE>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.1. Тема 1.12. Реалізація двонаправлених виводів та загальної шини на елементах з третім станом [1-4].

Р.1. Тема 1.13. Ключ на біполярному транзисторі [1-4].

Відео матеріали за темами:

https://www.youtube.com/watch?v=HLFdF2_DrlQ

<https://www.youtube.com/watch?v=K9kaPjn36es>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.1. Тема 1.14. Вихід з відкритим стоком (колектором) [1-4].

Р.1. Тема 1.15. Узгодження логічних рівнів [1-4].

Р.1. Тема 1.16. Умовні позначення, маркування та серії мікросхем

<https://www.youtube.com/watch?v=1uHwC43mBxM>

<https://www.youtube.com/watch?v=hk5zqcyLEn0>

Р.2. Тема 2.1. Правила булевої алгебри [1-4].

Р.2. Тема 2.2. Створення комб. логіки по таблиці істинності через ДДНФ/ДКНФ [1-4].

Р.2. Тема 2.3. Двійковий дешифратор [1-4].

Р.2. Тема 2.4. Дешифратор семисегментного індикатора [1-4].

Р.2. Тема 2.5. Дешифратор інструкцій процесору [1-4].

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=dpgod5Ai5Sw>

<https://www.youtube.com/watch?v=JH2oU0o7AWk>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.2. Тема 2.6. Створення адресного простору процесору з використанням двійкового дешифратора.

Р.2. Тема 2.7. Дешифратор адреси. Створення адресного простору процесору з використанням дешифратора адреси.

Р.2. Тема 2.8. Непріоритетний шифратор.

Р.2. Тема 2.9. Пріоритетний шифратор.

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=MxY2aVYv6r8>

<https://www.youtube.com/watch?v=rWsHsLpZMzk>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.2. Тема 2.14. Від'ємні числа і додатковий код. Знакові та беззнакові змінні [1-4].

Р.2. Тема 2.15. Напівсуматор та повний однорозрядний суматор.

Р.2. Тема 2.16. Багаторозрядний суматор з послідовним переносом [1-4].

Р.2. Тема 2.17. Багаторозрядний суматор з прискореним переносом [1-4].

Р.2. Тема 2.18. Багаторозрядний віднімач [1-4].

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=B9xYdf6sOGg>

<https://www.youtube.com/watch?v=iqFV-lBspz0>

<https://www.youtube.com/watch?v=WqHMC72qGcl>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.2. Тема 2.19. Багаторозрядний суматор з кількістю входів більше ніж 2.

Р.2. Тема 2.20. Переповнення при операціях зі знаковими числами.

Р.2. Тема 2.21. Компаратор беззнакових чисел.

Р.2. Тема 2.22. Компаратор знакових чисел.

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=QbECw8RwGwk>

<https://www.youtube.com/watch?v=FAte6HB-iIE>

<https://www.youtube.com/watch?v=hcnKWCfpCaU>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.3. Тема 3.1. Бістабільна комірка [1-4].

Р.3. Тема 3.2. Метастабільний стан [1-4].

Р.3. Тема 3.3. Генератор випадкових чисел на бістабільній комірці [1-4].

Р.3. Тема 3.4. Асинхронні RS тригери [1-4].

Р.3. Тема 3.5. Синхронні по рівню тригери (RS, D, JK) [1-4].

Р.3. Тема 3.6. Синхронні по фронту тригери (RS, D, JK) [1-4].

Р.3. Тема 3.7. Синхронні по фронту тригери з асинхронними входами [1-4].

Р.3. Тема 3.8. Затримки синхронних по фронту тригерів (таймінги) [1-4].

Р.3. Тема 3.9. Синхронні по фронту тригери з синхронними входами дозволу запису, встановлення та скидання [1-4].

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=HJKuRW88tmo>

<https://www.youtube.com/watch?v=AuOYY2tQJK4>

<https://www.youtube.com/watch?v=EVhstHXZxt8>

<https://www.youtube.com/watch?v=DznqjShH0a0>

<https://www.youtube.com/watch?v=AXi1o3qGpiw>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.3. Тема 3.15. Генератор псевдовипадкових чисел на регістрі зсуву (LFSR) [1-4].

Р.3. Тема 3.16. Реалізація SPI на регістрах зсуву [1-4].

Р.3. Тема 3.17. Гонки в асинхронних схемах. Паразитні перемикування (глітч). Синхронізація [1-4].

Відео матеріали за темами:

https://www.youtube.com/watch?v=tB_3RHEH8hA

<https://www.youtube.com/watch?v=sPN2LqPjrek>

Завдання на СРС – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.3. Тема 3.18. Синхронізація по фронту.

Р.3. Тема 3.19. Затримка тактового сигналу (clock skew) та методи її

зменшення. Дерево тактового сигналу.

Р.3. Тема 3.20. Визначення максимально допустимої частоти сигналу синхронізації.

Р.3. Тема 3.21. Конвеєр.

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=IUUNWcODjBU>

<https://www.youtube.com/watch?v=hXkzvFdO-Ss>

Завдання на CPC – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.3. Тема 3.24. Завантаження даних в асинхронні лічильники.

Р.3. Тема 3.25. Синхронні лічильники (сумуючі, віднімаючі, реверсивні) [1-4].

Р.3. Тема 3.26. Завантаження даних в синхронні лічильники.

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=aPcYP2KFYSg>

<https://www.youtube.com/watch?v=1jpvVwC4Ely>

Завдання на CPC – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.4. Тема 4.1. Класифікація схем енергонезалежної (постійної) пам'яті [1-4].

Р.4. Тема 4.2. Маскова постійна пам'ять [1-4].

Р.4. Тема 4.3. Умовне графічне позначення та затримки (таймінги) схем постійної пам'яті [1-4].

Р.4. Тема 4.4. Одноразово програмовані схеми постійної пам'яті [1-4].

Р.4. Тема 4.5. Програмувальники схем постійної пам'яті [1-4].

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=NF-n-MdZ57E>

<https://www.youtube.com/watch?v=BYX5MaPJAcY>

Завдання на CPC – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.4. Тема 4.6. Підсилювач зчитування постійної пам'яті [1-4].

Р.4. Тема 4.7. МДН транзистор з плаваючим затвором [1-4].

Р.4. Тема 4.8. Методи запису/видалення електронів з плаваючого затвору [1-4].

Р.4. Тема 4.9. EPROM постійна пам'ять [1-4].

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=je9wHeXMuzE>

<https://www.youtube.com/watch?v=xGdTZhEF2sM>

Завдання на CPC – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.4. Тема 4.10. EEPROM постійна пам'ять [1-4].

Р.4. Тема 4.11. FLASH постійна пам'ять [1-4].

Р.4. Тема 4.12. Фероелектрична надшвидка постійна пам'ять (FRAM) [1-4].

Р.4. Тема 4.13. Статична оперативна пам'ять (SRAM) [1-4].

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=3bM58I2eog8>

<https://www.youtube.com/watch?v=Durpjf-OZ58>

Завдання на CPC – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

Р.4. Тема 4.14. Багатопортова статична пам'ять [1-4].

Р.4. Тема 4.15. Реалізація комбінаційної логіки на мікросхемах пам'яті [1-4].

Р.4. Тема 4.16. Динамічна пам'ять (DRAM) [1-4].

Р.4. Тема 4.17. Синхронна динамічна пам'ять (SDRAM) [1-4].

Відео матеріали за темами:

<https://www.youtube.com/watch?v=sH2hX5Cdb9k>

<https://www.youtube.com/watch?v=6yUGvDYXzbA>

Завдання на CPC – вивчити викладений матеріал та поглибити знання за темою. [1-4], 2 години.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які висуваються перед студентом:

- Під час вивчення матеріалу дисципліни студенти переглядають відео лекції відповідно до календарного плану, що неведений в розділі 5 даного документу. Ознайомлення з матеріалом відбувається на розсуд студентів, або в години аудиторних занять, або у інший більш зручний для студентів час.
- Під час аудиторних занять викладач відповідає на запитання, що можуть виникнути за матеріалами відео лекцій та за бажанням студентів подає матеріал додаткових тем підвищеної складності, опанувати які студентам було б корисно для підвищення професійних якостей.
- З метою контролю засвоєння матеріалу відео лекцій протягом семестру мають місце 6-7 модульних контрольних робіт (МКР) тривалістю 20-30 хв кожна. Задачі МКР: а) визначити рівень засвоєння студентами викладеного матеріалу; б) мотивувати студентів рівномірно опрацьовувати лекційний матеріал; в) зменшити навантаження на студентів при підготовці до МКР. Посилання на запитання до МКР наведено в розділі 4, підрозділ “додаткові ресурси”.
- МКР проводиться у вигляді письмових відповідей на запитання з білетів. Кожен білет містить 2 запитання. Завдання на СРС – підготуватися до модульної контрольної роботи. Джерела для підготовки по кожній з тем наведені в розділах 4-6 даного документу. Час на підготовку до МКР по кожній темі закладений в час СРС по цій темі. Методика та технологія виконання і оцінювання МКР наступні. На початку семестру студенти одержують перелік запитань до кожної МКР та календарний план їх виконання. На початку кожної МКР викладач роздає студентам білети та відповідає на можливі запитання щодо їх змісту, вимог до виконання і критеріїв оцінки та фіксує час початку виконання роботи. На виконання контрольних завдань кожної такої МКР надається до 30 хвилин, як зазначено вище. По мірі виконання робіт студенти здають викладачу виконані МКР і звільняють аудиторію. Перевірка МКР студентів виконується викладачем, результати МКР оголошуються студентам, заносяться в електронну відомість та додаються до поточного рейтингу студентів у відповідності до рейтингової системи оцінювання з навчальної дисципліни.
- Обов’язкова присутність студентів на заняттях в аудиторії для написання МКР.
- Якщо студент виконав МКР, самостійно опрацьовує відео лекції відповідно до календарного плану наведеного в розділі 5 і не має запитань за матеріалом курсу, присутність студента на аудиторному занятті не обов’язкова.
- Якщо студенти не відвідують всі аудиторні заняття, вони зобов’язані планувати час самостійно таким чином, щоб протягом семестру самостійно опрацьовувати матеріал дисципліни, скласти контрольні заходи і набрати необхідний мінімум балів для допуску до семестрового контролю (екзамену).
- Порядок виконання і захисту лабораторних робіт. Кожен студент виконує лабораторні роботи індивідуально. Лабораторні роботи виконуються або під час лабораторних занять, або у інший, більш зручний для студентів час (на розсуд студентів). Обладнання для виконання лабораторних робіт наявне в аудиторії, де виконуються лабораторні роботи. Студенти самостійно виконують завдання на лабораторну роботу, що наведені у методичних вказівках. Після виконання завдань студенти демонструють викладачу одержані результати для кожного завдання і за необхідності відповідають на запитання по ходу виконання завдань (для перевірки самостійності виконання). Як результат успішної демонстрації виконаних завдань лабораторної роботи студенти отримують відмітку про виконання відповідної лабораторної роботи. Захист лабораторних робіт виконується студентом особисто та індивідуально в ході безпосереднього спілкування з викладачем та відповідей на контрольні запитання, що наведені у методичних вказівках.
- Якщо студент не планує під час лабораторного заняття виконувати чи захищати лабораторну роботу, присутність на занятті не обов’язкова. При цьому студенти зобов’язані таким чином планувати свій час та участь у виконанні і захисті лабораторних робіт, щоб протягом семестру набрати необхідний мінімум балів для допуску до семестрового контролю (екзамену).

- Студенти, які протягом семестру набрали менше ніж 40 балів, не допускаються до семестрового контролю.
- Інформаційні матеріали по повідомлення за дисципліною надсилаються в загальний чат дисципліни з дублюванням в електронному кампусі.
- Політика дедлайнів та перескладань: згідно нормативних документів університету.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: МКР

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для отримання позитивного календарного контролю №1, на момент календарного контролю необхідно набрати 15 балів. Для отримання позитивного календарного контролю №2, на момент календарного контролю необхідно набрати 30 балів

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: на момент проведення семестрового контролю, для допуску до екзамену необхідно набрати мінімум 40 балів

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Рейтинг студента складається з суми вагових балів, які він отримує за:

1. Виконання та захист шести лабораторних робіт (ЛР). Максимум 40 балів
2. Виконання семи модульних контрольних робіт (МКР). Максимум 40 балів
3. Письмова відповідь на екзамені. Максимум 20 балів

Протягом семестру можна набрати максимум 100 балів.

Виконання та індивідуальний захист шести лабораторних робіт (ЛР). За виконання і захист ЛР можна одержати оцінку від 1 до 5:

- повне виконання та повна відповідь на контрольні запитання 5
- повне виконання та неповна відповідь на контрольні запитання 4
- виконання з похибками та повна відповідь на контрольні запитання 4
- виконання з похибками та неповна відповідь на контрольні запитання 3
- незадовільне виконання або відсутня відповідь на контрольні запитання 2-1
- незадовільне виконання та відсутня відповідь на контрольні запитання 1

Одержана оцінка множиться на масштабуючий коефіцієнт 4/3. Результатом множення є оцінка в балах. За виконання і захист однієї ЛР можна одержати максимум $5 \cdot 4/3 = 20/3$ балів. За всі ЛР можна одержати максимум $6 \cdot 5 \cdot 4/3 = 40$ балів. Округлюємо результат до найближчого більшого цілого числа у випадку одержання не цілого значення. За ЛР №0 оцінка не виставляється, однак її виконання необхідне для допуску до виконання ЛР №1-6.

Виконання семи МКР (кожна МКР містить два завдання)

За кожне завдання можна одержати оцінку за наступною системою:

- повністю і вірно виконане завдання 5
- виконання завдання з незначними похибками 4
- часткове виконання завдання 3
- мінімальна відповідь на завдання 1-2
- не виконане завдання 0

Оцінки за МКР переводяться в бали за наступною методикою. Оцінки за завдання всіх МКР додаються і одержана сума множиться на коефіцієнт 4/7. Всього маємо 7 МКР. У випадку правильної відповіді на всі запитання всіх МКР можна набрати суму оцінок, рівну $7 \cdot (5+5) = 70$. Округлюємо результат до найближчого більшого цілого у випадку одержання не цілого значення. Отже за правильне виконання всіх МКР можна одержати максимум $\text{ceil}(70 \cdot 4/7) = 40$ балів.

Письмова відповідь на екзамені

За результатами написання екзаменаційної роботи можна набрати максимум 20 балів. Тривалість написання екзаменаційної роботи -- 2 академічні години (90 хвилин). Запитання (завдання), що виносяться на екзамен є сукупністю запитань (завдань), що виносяться на сім МКР. Білет екзаменаційної роботи містить 4 завдання. За повну відповідь на кожне з завдань можна одержати максимум 5 балів:

- повністю і вірно виконане завдання 5
- виконання завдання з незначними похибками 4
- часткове виконання завдання 3
- мінімальна відповідь на завдання 1-2
- не виконане завдання 0

Отже за екзаменаційну роботу можна одержати максимум $5 \cdot 4 = 20$ балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає: $RC = 40 + 40 = 80$ балів

Екзаменаційна складова шкали складає $RE = 20$ балів. Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає $R = RC + RE = 100$ балів. Рейтингова оцінка RD з дисципліни формується як сума балів поточної успішності навчання – стартового рейтингу та екзаменаційних балів. Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль наведений в розділі 4 (підрозділ "додаткові ресурси").*
- *За узгодженням з викладачем існує можливість зарахування сертифікатів проходження онлайн курсів за відповідною тематикою. Необхідно умовою зарахування сертифікатів є співбесіда за матеріалами онлайн курсу з метою контролю якості його засвоєння.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старший викладач кафедри КЕОА, доктор філософії, Зилевіч Максим Олегович

Ухвалено кафедрою КЕОА (протокол №14 від 17 червня 2026)

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/2026 від 18.06.2026)