



Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації¹</i>
Спеціальність	<i>176 Мікро- та наносистемна техніка</i>
Освітня програма	<i>Мікро- та наноелектроніка</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/ дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>7 кредитів ЕКТС/210 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/інд. завдання/модульна контрольна робота (МКР)</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: проф. каф. МЕ, к.т.н., проф. Орлов Анатолій Тимофійович, a.orlov@kpi.ua, моб. тел. 0679825255²</i> <i>Практичні: к.т.н., доц. Діденко Юрій Вікторович, yu.didenko@kpi.ua, моб. тел. 096-752-17-54</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/u/1/c/MTUyNjQ4MTA0NjYx</i>

Програма навчальної дисципліни

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

В епоху впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у промисловість, цифровізації економіки та життя людини в цілому використання електронних приладів та пристроїв стає незамінним. Тому знання базових принципів систем автоматизованого проектування (САПР) пристроїв мікроелектроніки вкрай необхідні спеціалістам – розробникам мікро– та наносистемної техніки.

Дисципліна вивчається магістрами освітньо-професійної та освітньо-наукової програм підготовки.

***Метою** навчальної дисципліни “Проектування та конструювання інтегральних мікросхем” (далі ПНППтаІМС) є вивчення основних принципів та методів розрахунку елементів інтегральних мікросхем, правил та автоматизованих алгоритмів розробки топології із використанням спеціалізованих САПР, верифікації проекту способів захисту інтегральних мікросхем від зовнішніх впливів.*

***Предметом** вивчення дисципліни є методологія автоматизованого проектування; питання комплексування технічних засобів САПР; питання розробки і використання промислових*

¹ В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану.
Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

систем автоматизованого проектування напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем (ІМС).

Програмні результати навчання

Загальні компетентності:

- ЗК 1 - Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.*
- ЗК 3 - Здатність спілкуватися іноземною мовою.*
- ЗК 5 - Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.*
- ЗК 6 - Здатність генерувати нові ідеї (креативність).*
- ЗК 7 - Навички міжособистісної взаємодії.*

Спеціальні (фахові) компетентності:

- ФК 3 - Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та нанoeлектронні системи різного призначення.*
- ФК 4 - Здатність розробляти, обґрунтовано вибирати і використовувати сучасні методи обробки та аналізу сигналів в мікро- і нанoeлектронних приладах та системах.*
- ФК 6 - Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності.*
- ФК 7 - Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти.*
- ФК 10 - Здатність до розроблення вузлів, приладів і систем мікро- та наносистемної техніки нового функціонального призначення.*

Програмні результати навчання після вивчення дисципліни:

- ПРН 1 - Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах.*
- ПРН 3 - Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення.*
- ПРН 6 - Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування.*
- ПРН 7 - Розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.*
- ПРН 8 - Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.*
- ПРН 12 - Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та нанoeлектроніки.*
- ПРН 15 - Забезпечувати захист інтелектуальної власності, комерціалізацію результатів науково-дослідної, винахідницької та проектної діяльності.*
- ПРН 17 - Застосовувати знання і розуміння для ідентифікації, формулювання і вирішення технічних задач мікро- та наносистемної техніки, використовуючи відомі методи, проводити розрахунки та проектування структури приладів та пристроїв мікро- та нанoeлектроніки.*

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

Пререквізити:

Перелік дисциплін, які вивчалися та володіння якими необхідні студенту:

Курси бакалаврської підготовки: "Матеріали і компоненти мікро- та наносистемної техніки", "Напівпровідникова електроніка", "Технологічні основи електроніки", "Теорія електронних кіл"

Постреквізити:

Перелік дисциплін які базуються на результатах навчання з дисципліни ПНППтаІМС: “Конструювання напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем”, “Курсовий проект з проектування напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем”, “Переддипломна практика”, “Робота над магістерською дисертацією”.

3. Зміст навчальної дисципліни

Перелік розділів і тем дисципліни ПНППтаІМС:

Розділ 1. Вступ. Проектування ІМС. Визначення та вимоги.

Тема 1.1 Класифікація інтегральних схем. Система позначення інтегральних схем.

Тема 1.2 Види, склад та етапи розроблення конструкторської документації.

Тема 1.3 Автоматизоване проектування напівпровідникових приладів та ІМС.

Тема 1.4 Система проектування Cadence. Порівняння з САПР Electric.

Розділ 2. Прилади та структури ІМС.

Тема 2.1 Пасивні елементи та підкладки ІМС. Діоди ІМС.

Тема 2.2 Біполярні транзистори ІМС. Методи ізоляції. Сучасні технології.

Тема 2.3 Сучасні МОН/КМОН технології ІМС. Моделювання МОН транзисторів.

Розділ 3. Міжз'єднання.

Тема 3.1 Ємність. Опір. Індуктивність.

Тема 3.2 Моделювання міжз'єднань.

Розділ 4. КМОН інвертор.

Тема 4.1 Метрики.

Тема 4.2 Статичні, динамічні характеристики. Споживання.

Тема 4.3 Масштабування КМОН інвертора.

Розділ 5. Комбінаційні логічні елементи на КМОН

Тема 5.1 Статична КМОН логіка.

Тема 5.2 Стандартизована логіка (псевдо-п-МОН і DCVSL).

Тема 5.3 Логіка на прохідних транзисторах.

Розділ 6. Розробка динамічних КМОН-елементів

Тема 6.1 Принципи побудови динамічної логіки.

Тема 6.2 Каскадне з'єднання динамічних елементів. Логіка доміно.

Тема 6.3 пр-КМОН логічні елементи.

Розділ 7. Проектування послідовних логічних схем.

Тема 7.1 Заскочка та тригер

Тема 7.2 Статичні RS-тригери та регістри.

Тема 7.3 CMOS реалізація тригера Шмідта. Генераторні схеми.

Розділ 8. Топологічне проектування ІМС.

Тема 8.1 Проектні норми та правила.

Тема 8.2 Алгоритми автоматизації топологічного проектування.

Тема 8.3 Сучасні стратегії проектування топології великих ІМС.

Розділ 9. Проектування систем синхронізації ІМС.

Тема 9.1 Синхронне проектування.

Тема 9.2 Проектування схем з внутрішньою синхронізацією.

Тема 9.3 Синтез тактових сигналів, використання ФАПЧ.

Розділ 10. Проектування арифметично-логічних пристроїв (АЛП) ІМС.

Тема 10.1 Шляхи даних в архітектурах цифрових процесорів.

Тема 10.2 Базові блоки АЛП.

Тема 10.3 Сучасні тенденції у проектуванні АЛП.

Розділ 11. Пристрої пам'яті та матричні структури ІМС.

Тема 11.1 Архітектури пам'яті та будівельні блоки

Тема 11.2 Ядро схем пам'яті.

Тема 11.3 Периферійні схеми пам'яті.

Тема 11.4 Програмовані логічні матриці. ПЛІС.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові ресурси

1. Бондаренко І.М., Бородін О.В., Карнаушенко В.П. Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних схем: Навч. посіб-ник для студентів ЗВО. – Харків: ХНУРЕ. – 2018. – 177 с.

2. Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Мікро- та наноелектроніка» спеціальності 153 Мікро- та наносистемна техніка / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Діденко, А. Т. Орлов, Д. Д. Татарчук. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,13 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 164 с. – Назва з екрана. – Доступ : <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47889>

3. Digital integrated circuits- A design perspective. J. Rabaey, A. Chandrakasan, and B. Nikolic. Prentice Hall, 2ed edition, 2004, 800 p. ISBN: 9780130909961. <http://bwrcs.eecs.berkeley.edu/Classes/lcBook/>, <https://evlsi.files.wordpress.com/2014/11/rabaey-digital-integrated-circuits.pdf>

3. Cadence Design Systems, Inc. – ASIC Prototyping Simplified – White paper, 2005. – 11 p.

4. Synopsys Inc., Xilinx Inc. – FPGA-based Prototyping Methodology Manual – 2011. – 469 p. ISBN: 978-1617300042

Допоміжні ресурси

1. "Digital Integrated Circuit Design", Hubert Kaeslin, Cambridge University Press, United Kingdom, 2008. — 866 p. ISBN: 9780521882675

2. Cadence Design Systems, Inc. – Cadence Rapid Prototyping Platform FPGA-Based Prototyping Solution – 2011.

3. Проектування комп'ютерних систем на основі мікросхем програмованої логіки: монографія / С. А. Іванець, Ю. О. Зубань, В. В. Казимир, В. В. Литвинов. – Суми: Сумський

державний університет, 2013. – 313 с. <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/33465/1/monograf.pdf>

4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія та конструювання мікросхем і мікросбірок» для студентів професійного напрямку 0910 «Електронні апарати» спеціальності 8.0910001 «Виробництво електронних засобів» усіх форм навчання/ Укл.: О.С.Антоненко, О.С. Пономаренко. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2004. – 16 с.

Базові інформаційні ресурси розміщуються на Гугл-диску у Гугл-класі на початку навчального семестру.

Навчальний контент

За навчальним планом освітньо-професійної підготовки магістрів

Шифр за ОП	Освітні компоненти (навчальні дисципліни, курсові проекти (роботи), практики, кваліфікаційна робота)	Контрольні заходи за семестрами				Кількість кредитів ЄКТС	Загальний обсяг	Кількість годин				
		Екзамени	Заліки	Індивідуальне завдання	Модульна контрольна робота			Аудиторних			Самостійна робота	
								у тому числі				
								Всього	Лекції	Практичні		Лабораторні
ПО4	Проектування напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем	1		1	1	7	210	108	54	54	0	102

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин									
	Всього	у тому числі						Лаборат.	Індивідуальні заняття	СРС
		Лекції		ПРАКТИЧНІ		Комп. практи.				
		За НП	Аудиторні	Семинари	Комп. практи.	За НП	Аудиторні			
1	2	3	4	5	6	7				
Розділ 1. Проектування ІМС. Визначення та вимоги										
1 Вступ. Терміни та визначення. Класифікація інтегральних схем. Система позначення інтегральних схем.	10	2				2			6	

Назви розділів і тем	Кількість годин										
	Всього	у тому числі							Лаборат.	Індивідуальні заняття	СРС
		Лекції		ПРАКТИЧНІ							
		За НП	Аудиторні	Семінари		Комп. практи.					
За НП	Аудиторні			За НП	Аудиторні						
2 Види, склад та етапи розроблення конструкторської документації. На ІМС. Стадії НДДКР з розроблення ІМС.	14	4					4			6	
3 Автоматизоване проектування напівпровідникових приладів та ІМС. Огляд САПР ІМС. Верифікація проекту. Система проектування Cadence. Порівняння з САПР Electric.	4	2					2				
Разом за розділом 1	28	8					8	0		12	
Розділ №2 Прилади та структури ІМС.											
4 Пасивні елементи та підкладки ІМС. Позначення підкладок. Діоди ІМС.	10	2					2			6	
5 Транзистори та пасивні елементи біполярних ІМС. Методи ізоляції. Сучасні технології.	8	4					4				
6 Сучасні МОН/КМОН технології ІМС. Моделювання МОН транзисторів. SPICE-моделі.	8	4					4				
Разом за розділом 2	26	10			0		10	0		6	
Розділ №3 Міжз'єднання.											
7 Роль міжз'єднань у ВІС. Ємність, опір, індуктивність міжз'єднань. Моделювання міжз'єднань. Правила врахування паразитних параметрів міжз'єднань.	14	2					2			10	
Разом за розділом 3	14	2			0		2	0		10	
Розділ № 4 КМОН інвертор.											

Назви розділів і тем	Кількість годин										
	Всього	у тому числі							Лаборат.	Індивідуальні заняття	СРС
		Лекції		ПРАКТИЧНІ							
		За НП	Аудиторні	Семінари		Комп. практ.					
За НП	Аудиторні			За НП	Аудиторні						
8 Основні метрики при розрахунку роботи інвертора: вартість, швидкодія, споживання. Статичні, динамічні характеристики. Масштабування КМОН інвертора.	14	2		2						8	
Разом за розділом 4	14	2		2		2		0		8	
Розділ № 5 Комбінаційні логічні елементи на КМОН											
9 Статична КМОН логіка. Основні властивості.	10	4				4				2	
10 Стандартизована логіка (псевдо-n-MOH і DCVSL). Передаточні елементи. Логіка на прохідних транзисторах.	10	4				4				2	
Разом за розділом 5	22	8		0		8		0		6	
Розділ № 6 Розроблення динамічних КМОН-елементів											
11 Принципи побудови динамічної логіки. Роль міжвузлових ємностей.	8	2				2				4	
12 Каскадне з'єднання динамічних елементів. Логіка доміно. пр-КМОН логічні елементи.	8	2				2					
Разом за розділом 6	16	4		0		4		0		4	
Розділ № 7 Проектування послідовних логічних схем.											
13 Заскочка та тригер. Статичні RS-тригери та регістри. CMOS реалізація тригера Шмідта. Генераторні схеми.	6	2				2				2	
Разом за розділом 7	6	2				2		0		2	
Розділ № 8 Топологічне проектування ІМС.											
14 Проектні норми та правила. Алгоритми автоматизації топологічного проектування. Стікові	6	2				2				2	

Назви розділів і тем	Кількість годин										
	Всього	у тому числі							Лаборат.	Індивідуальні заняття	СРС
		Лекції		ПРАКТИЧНІ							
		За НП	Аудиторні	Семінари		Комп. практ.					
За НП	Аудиторні			За НП	Аудиторні						
діаграми. Діаграми Ейлера. Сучасні стратегії проектування топології великих ІМС. Підхід Уейнбергера. Концепція стандартних чарунок.											
Разом за розділом 8	6	2		0		2		0		2	
Розділ № 9 Проектування систем синхронізації ІМС.											
15 Синхронне проектування. Проектування схем з внутрішньою синхронізацією.	6	2		2		0				2	
16 Синтез тактових сигналів, використання ФАПЧ. Особливості проектування систем синхронізації сучасних ВІС.	4	2		2		0					
Разом за розділом 9	10	4		4		0		0		2	
Розділ № 10 Проектування арифметично-логічних пристроїв (АЛП) ІМС.											
17 Шляхи даних в архітектурах цифрових процесорів.	8	2		2		0				4	
18 Базові блоки АЛП. Сучасні тенденції у проектуванні АЛП.	4	2		2		0				0	
Разом за розділом 10											
Розділ № 11 Пристрої пам'яті та матричні структури ІМС.											
19 Архітектури пам'яті та будівельні блоки. Ядро схем пам'яті. Периферійні схеми пам'яті.	8	2		2		0				4	
20 Програмовані логічні матриці (ПЛМ). Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС).	12	4		4		0				4	
Разом за розділом 11	20	10		4		0		0		4	
<i>Екзамен</i>	2	2									
Всього годин	210	54		0		54		0		102	

Навчання здійснюється на основі сучасної стратегії взаємодії викладача та студента в електронному просторі з метою засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок. Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни та засвоєння матеріалу використовується платформа Google classroom за допомогою якої:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку студентам стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;
- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Види самостійної роботи: підготовка до аудиторних занять здійснюється відповідно до плану дисципліни за наведеними в ньому посиланнями на платформу Google classroom, розв'язок задач, написання реферату, виконання модульної контрольної роботи тощо надсилається викладачу в електронному вигляді через систему Google classroom та в терміни часу вказаний у системі поточного оцінювання. Самостійна робота студента включає підготовку до модульної контрольної роботи та її виконання.

Крім підготовки до аудиторних занять у якості самостійної роботи вивчаються додаткові розділи курсу, які оформлюються як реферат, та виконуються завдання комп'ютерного практикуму з проектування окремих блоків ІМС, які перевіряються та здаються під час аудиторних занять.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали:

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Виконання практичних робіт	4 бали	Порушення термінів виконання практичних робіт	1 бал
Своєчасне написання МКР	0 балів	Несвоєчасне написання ДКР або МКР	- 5 балів
Своєчасна здача іспиту	0 бали	Перездача іспиту	- 5 балів

Відвідування занять

Відвідування лекцій, практичних та візних занять не оцінюється, за відсутність на них нараховуються штрафні 0,5 бали. Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи необхідно перескласти до завершення атестаційного тижня.

Тематичне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання – не оцінюється.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами 3.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації 4		8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг 5	≥ 13 балів	≥ 30 балів
	Виконання практичних робіт	Практична робота	+

Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Дистанційне навчання (необов'язковий пункт)

Дистанційне навчання через проходження онлайн-курсів за певною тематикою допускається за умови погодження зі студентами. У разі, якщо невелика кількість студентів має бажання пройти онлайн-курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти повинні виконати всі завдання, які передбачені у навчальній дисципліні. Може здійснюватися виставлення оцінки за контрольні заходи шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів. Можливе здійснення контрольних заходів і атестації дистанційно в онлайн режимі, за умови персональної ідентифікації студентів.

³ Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

⁴ Там само.

⁵ Там само.

Навчання іноземною мовою (необов'язковий пункт)

Використання іноземної літератури, вивчення навчального матеріалу, термінів, стандартів, документів тощо на іноземних мовах можливе при вивченні новітніх технологій, а також відео і *.ppt демонстраціях у тих випадках, коли відсутні вітчизняні інформаційні джерела.

Англомовним групам іноземних студентів можливе викладання дисципліни англійською мовою.

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

Система оцінювання

Вимоги до PCO та методика її складання надані у Положенні про рейтингову систему оцінювання результатів навчання студентів / Уклад.: В. П. Головенкін. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 36 с.

Система рейтингової оцінки за видами занять:

№ з/п	Заняття, підлягають рейтинговій оцінці	що	Загальна кількість завдань	Максимальний бал за 1 завдання	Кількість балів на "відмінно"
1.	Лекції: відвідування конспектування		18 1	2 12	36 12
2.	Завдання комп'ютерного практикуму: своєчасне виконання захист		5 5	2 2	10 10
3.	Модульні контрольні роботи		2	10	20
4.	Індивідуальне завдання: своєчасне виконання та захист		1	12	12
Семестрові бали			100		

Семестрова атестація студентів

Обов'язкова умова допуску екзамену		Критерій
1	Поточний рейтинг. Виконання індивідуального завдання.	$RD \geq 20$
2	Виконання завдань комп'ютерного практикуму	$RD \geq 20$
2	Написання модульної контрольної роботи	$RD \geq 20$
	Всього	$RD \geq 60$

Додаткові умови допуску до екзамена: немає

Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою ²

<i>Рейтингові бали, RD</i>	<i>Оцінка за університетською шкалою</i>	<i>Можливість отримання оцінки «автоматом»</i>
<i>95 ≤ RD ≤ 100</i>	<i>Відмінно</i>	<i>Відмінно</i>
<i>85 ≤ RD ≤ 94</i>	<i>Дуже добре</i>	<i>Дуже добре</i>
<i>75 ≤ RD ≤ 84</i>	<i>Добре</i>	<i>Добре</i>
<i>65 ≤ RD ≤ 74</i>	<i>Задовільно</i>	-
<i>60 ≤ RD ≤ 64</i>	<i>Достатньо</i>	-
<i>RD < 60</i>	<i>Незадовільно</i>	-
<i>Невиконання умов допуску</i>	<i>Не допущено</i>	-

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- можливе зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;
- інша інформація для студентів/аспірантів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав професор кафедри мікроелектроніки, к.т.н., проф., **Анатолій ОРЛОВ**

Ухвалено кафедрою мікроелектроніки ФЕЛ (протокол №22 від 23.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/2023 від 29.06.2023 р.)