

Міністерство освіти і науки України  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова Приймальної комісії  
ІГОР ЦЕПЕНДА  
«24» березня 2025 р.



**ПРОГРАМА**

вступного випробування з

**Електроніки**

для зарахування на навчання за освітньо-науковим ступенем доктора філософії  
за спеціальністю

**G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та  
радіотехніка**

---

на основі освітнього рівня магістра (освітньо-кваліфікаційного ступеня  
спеціаліста) при прийомі на навчання у 2025 році

Розглянуто та схвалено  
на засіданні Приймальної комісії  
Прикарпатського національного  
університету імені Василя Стефаника  
Протокол № 1 від 24 березня 2025 р.

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Метою вступного випробування з “Електроніки” є перевірка знань і відбір вступників для зарахування на навчання з підготовки здобувачів третього рівня вищої освіти – доктора філософії спеціальності G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка на основі ступеня магістра або спеціаліста при прийомі на навчання за основною спеціальністю до Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника” у 2025 році.

Програма містить основні питання з курсів "Прилади твердотільної електроніки і мікроелектроніки", "Технологічні процеси у виробництві напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем", «Інтегральна схемотехніка» та перелік рекомендованої літератури.

Наведений перелік питань, які виносяться на вступне випробування, дасть можливість вступнику систематизувати свої знання та допоможе зорієнтуватися, на які питання треба звернути увагу при підготовці до вступного випробування.

Орієнтовний перелік рекомендованої літератури сприятиме у пошуку і підборі джерел підготовки для вступного випробування.

**Програмові вимоги вступних випробувань до аспірантури з підготовки здобувачів третього рівня вищої освіти – доктора філософії спеціальності G5 Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка**

**1. "Прилади твердотільної електроніки, технологічні процеси у виробництві напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем, інтегральна схемотехніка.**

Напівпровідникові діоди. Основні параметри і характеристики діодів, їх залежність від температури і режиму. Еквівалентні схеми. Імпульсні і частотні властивості діодів.

Випрямляючі та імпульсні діоди. Діоди з накопиченням заряду. Варікапи. Стабілітрони. Тунельні та обернені діоди. Лавинно-пролітні діоди. Діоди Шоттки. Діоди Ганна. Діоди для СВЧ.

Біполярні транзистори: Структура і принцип дії. Розподіл носіїв у областях транзисторів. Ефект Ерлі. Основні параметри і характеристики транзисторів, їх залежність від температури і режиму. Еквівалентні схеми і математичні моделі транзистора: моделі Еберса-Молла, Лінвілла, зарядова. Імпульсні і частотні властивості транзисторів. Робота транзисторів при високому рівні інжекції. Пробій транзистора і перекриття переходів. Шуми в транзисторах. СВЧ-транзистори.

Тиристри, принцип їх дії і класифікація. Основні параметри і характеристики.

Польові транзистори МДН, з р-n переходом і з бар'єром Шоттки. Принцип дії. Модуляція глибини каналу. Основні параметри і характеристики польових

транзисторів. Еквівалентні схеми польових транзисторів. Частотні та імпульсні властивості польових транзисторів. Шуми польових транзисторів у діапазоні низьких частот і на СВЧ. МДН транзистори з індукованим та вбудованим каналами. МДОН-структури.

Інтегральні мікросхеми. Елементи ІС: транзистори, конденсатори, конденсатори в складі ІС. Класифікація ІС за конструктивно-технологічними та функціональними ознаками. Цифрові і аналогові ІС. Напівпровідникові ЗП і мікропроцесори. Біполярні ТТЛ, ЕСЛ і І<sup>2</sup>Л-схеми, МДН-ІС: з р- і n-каналами, К/МОН. Основні різновиди матричних ВІС і НВІС. Принципи побудови та системотехнічні можливості ПЛІС і ПЛІМ.

Прилади з зарядовим зв'язком. Принцип дії Основні параметри і області застосування.

Оптоелектронні прилади. Призначення і області застосування. Фотоприймачі: фотодіоди, фототранзистори, фоторезистори, лавинні фотодіоди. Основні параметри і характеристики: фоточутливість, виявна здатність, швидкодія. Сонячні батареї. Напівпровідникові випромінювачі: світлодіоди і лазери. Прилади для систем відображення інформації Оптрони і оптоелектронні інтегральні мікросхеми.

Термоелектричні і гальваномагнітні напівпровідникові прилади. Твердотільні давачі, разом з мікроелектронними перетворювачами інформації.

Акустоелектроніка, магнітоелектроніка, кріоелектроніка, (загальні поняття). Функціональна електроніка.

Визначення кристалографічної орієнтації напівпровідників. Орієнтоване різання, шліфування та полірування пластин. Станки для механічної обробки напівпровідників,

Хімічне травлення і хімічне полірування германію, кремнію і арсеніду галію. Хіміко-механічне полірування . Фінішне очищення пластин. Методи контролю якості очищення.

Планарна технологія. Фізичні основи процесу дифузії. Основні рівняння. Граничні умови і розрахункові формули для найважливіших окремих випадків дифузії. Практичні методи проведення дифузійних процесів. Структурні схеми дифузійних печей.

Методи одержання електронних та іонних пучків. Іонне легування, Плазмохімічні та іонно-плазмові методи обробки напівпровідникових, діелектричних і металічних шарів. Дефекти, що вносяться електронно-іонною обробкою, їх усунення. Конструктивні схеми основних типів обладнання для електронно-іонної та іонно-хімічної обробки.

Епітаксія. Методи епітаксійного нарощування. Методи контролю епітаксіальних шарів. Розподіл домішок в епітаксійному гетеропереході Вирощування епітаксійних плівок А<sup>3</sup>В<sup>5</sup>. Обладнання для епітаксійного нарощування плівок. Порівняння газотранспортної, рідкофазної та молекулярної епітаксії.

Термічне окислення кремнію в парах води, сухому та вологому кисні; розпилення і конденсація окислів кремнію у вакуумі; анодне окислення; хімічне осадження окислу з газової фази. Маскуюча здатність плівок двоокису кремнію.

Заряджені домішки в плівках. Методи зміни заряду плівок. Плівки нітриду кремнію.

Одержання тонких плівок термічним випаровуванням у вакуумі. Іонно-плазмове розпилення. Хімічне осадження з газової фази. Обладнання для одержання тонких плівок. Матеріали тонкоплівкової технології.

Фотолітографія. Основні типи обладнання для фотолітографії Проекційна фотолітографія, електронолітографія та рентгенолітографія. Фотошаблони та їх виготовлення. Дефекти мікросхем, пов'язані з фотолітографічними процесами.

Основи конструювання структури напівпровідникових ІС. Методи ізоляції елементів. Ізопланарна технологія, епік-процес, технологія "кремній на ізоляторі". Структура і властивості елементів ІС.

Монтаж напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем. Корпуси напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем. Методи герметизації. Безкорпусні прилади. Методи відводу тепла в потужних напівпровідникових приладах.

Тенденція розвитку планарної технології. Субмікронна технологія.

Схемотехнічне представлення інтегральних схем. Рівні представлення. Основні типи інтегральних приладів в інтегральній схемотехніці. Їх переваги і недоліки. Поняття ступеня елементної і функціональної інтеграції. САПР- як інструмент створення інтегральних схем.

Класифікація мікросхем. Ознаки класифікації. Інтегральні провідники, контакти, між'єднання. Структури інтегральних перемичок і контактних площадок. Схеми захисту вхідних каскадів КМОН мікросхем від статичної електрики.

Базові логічні елементи на біполярних транзисторах. Базовий логічний пристрій. Представлення інформації у послідовному і паралельному кодах. Таблиці істинності для базових логічних елементів І, І-НЕ, АБО, АБО-НЕ. Базові вентильні елементи, Їх умовне графічне позначення.

КМОН-інвертор і його АПХ. Вхідні і вихідні струми КМОН-інвертора. Принцип побудови логічних елементів типу «І» на КМОН-транзисторах. Принцип побудови логічних елементів типу «АБО» на КМОН-транзисторах. Принцип побудови логічних елементів типу «І», «АБО» на КМОН-транзисторах. Логічні елементи з трьома станами. Елемент з високим Z-станом на основі двонаправленого ключа.

Типова структура статичного оперативного запам'ятовуючого пристрою з одно- розрядною організацією пам'яті. 6-ти транзисторна статична комірка пам'яті на основі КМОН-транзисторів. Принцип побудови логічних елементів з трьома станами. Типова структура статичного оперативного запам'ятовуючого пристрою зі словарною організацією пам'яті.

Реалізувати електричну схему на КМОН-транзисторах, що виконує функцію:  $Y = (a+v)*c$ ;  $Y = \underline{(a+v)*c}$ ;  $Y = a+v+c$ ;  $Y = \underline{a+v+c}$ ;  $Y = \underline{a*v*c}$ ;  $Y = \underline{a*v*c}$ ;  $Y = \underline{a+v*c}$ ;  $Y = (a+v)*c$ .

## Література

1. В.М. Рябенський, В.Я. Жуйков, Ю.С. Ямненко, А.В. Заграничний. Схемотехніка: Пристрої цифрової електроніки: в 2 т.; НТУУ «КПІ». – Київ, 2016. – 757 с.
2. А.О. Новацький. Імпульсна та цифрова електроніка: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050201 «Системна інженерія»; НТУУ «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 385 с.
3. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн.: Підручник/ В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін.- 2-ге вид., допов. і переробл. Кн. 1.: Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої. – К.: Вища школа, 2004. – 366 с.
4. Електроніка і мікросхемотехніка: підручник/ Ю.П. Колонтаєвський, А.Г. Сосков; за ред. А.Г.Соскова. – 2-е вид. Рек МОН. – К.: Каравела, 2009. – 416 с.
5. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка / М. С. Будіщев; Ред. Мельников О.В. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
6. Електроніка та мікросхемотехніка / А. Буняк. – К.: Київ-Тернопіль, 2001. – 382 с.
7. Електроніка і мікросхемотехніка: Навч. посібник / В.Т. Дмитрів, В.М. Шиманський. – Львів: Вид-во Афіша, 2004. – 175 с.
8. Основи електротехніки та електроніки: Навч. посіб. для дистанційного навчання: у 2 ч. Ч.2.: Основи електроніки. / І.А. Петренко. – К.: Університет "Україна", 2006. – 307 с.
9. Мікроелектроніка. Частина 1 / М.М Погребняк В.П Прищепа. – К.: Вища школа, 2004. – 431 с.
10. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки: підручник / М.Г. Находкін, Д. І. Шека. – Рек. МОН. – К.: Київський ун-т, 2005. – 431 с.
11. Основи мікроелектроніки / Л. Ткачук, Р. Закалик. – Тернопіль: Медап, 1998. – 350 с.
12. З.Ю. Готра, Я.В. Бобицький. Лазерні методи обробки в мікроелектроніці. - Львів: Світ, 1991. - 166 с.