

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**Кафедра приладів і контрольно-вимірювальних
системи**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для самостійної роботи студентів**

з дисципліни

**КОМПОНЕНТИ МІКРО- ТА
НАНОТЕХНІКИ**

для студентів спеціальності
176 –«Мікро- та наносистемна техніка»

ТЕРНОПІЛЬ 2023

Методичні вказівки щодо самостійної роботи студентів з дисципліни “Компоненти мікро- та нанотехніки” для студентів спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна техніка». / Уклад.: Паламар М.І., М.О.Стрембіцький. – Тернопіль: ТНТУ 2023 – 12 с.

Укладачі: д.т.н., Паламар М.І., к.т.н., Стрембіцький М.О.

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри приладів і контрольно-вимірювальних систем Паламар М.І.

Розглянуто та затверджено на засіданні приладів і контрольно-вимірювальних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 7 від «1» травня 2023 р.

Схвалено та рекомендовано до друку науково-методичною комісією факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії ТНТУ, протокол № 10 від «5» травня 2023 р.

Призначені для полегшення засвоєння дисципліни “Компоненти мікро- та нанотехніки» і контролю знань студентів. Складається з урахуванням модульної системи навчання, рекомендацій до самостійної роботи і індивідуальних завдань, тем практичних занять, тестів, контрольних питань, здачі заліку, типової форми та вимог для комплексної перевірки знань з дисципліни.

ВСТУП

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Компоненти мікро- та нанотехніки» розроблені відповідно до навчального плану та робочої програми дисципліни і призначені для студентів спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна техніка» підготовки освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр».

Метою вивчення дисципліни "Компоненти мікро- та нанотехніки" є отримання знань про методику, етапи розробки електронних систем та елементів мікро- та наносистемної техніки.

Завданням дисципліни є забезпечити створення методологічної основи для подальшої підготовки студентів із питань мікро- та наносистемної техніки та підвищення знань у практичній інженерній та науковій роботі.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- принципи побудови компонентів мікро- та нанотехніки;
- розрахунки і аналіз напівпровідникових інтегральних схем;
- моделі та параметри плівкових та гібридних інтегральних мікросхем.

вміти:

- будови напівпровідникових приладів спеціального призначення;
- працювати з різними пристроями мікро- та нанотехніки, освоєння інтерфейсів обміну даними між мікропристроями;
- використовувати сучасну елементну базу напівпровідникових елементів та інтегральних мікросхем.

Вивчення дисципліни «Компоненти мікро- та нанотехніки» передбачає засвоєння навчального матеріалу у вільний від аудиторних занять час у формі самостійної та індивідуальної навчально-дослідної роботи, призначеної формувати практичні навички роботи студентів із спеціальною літературою, орієнтувати їх на інтенсивну роботу, критичне осмислення здобутих знань і глибоке вивчення теоретичних і практичних проблем для підвищення якості професійної підготовки.

Самостійна робота над засвоєнням навчального матеріалу з дисципліни може виконуватися в бібліотеці, навчальних кабінетах та лабораторіях, в домашніх умовах. Згідно з навчальним планом дисципліни «Компоненти мікро- та нанотехніки» на самостійну роботу студентів відведено 42 годин.

Раціональна організація самостійної роботи вимагає від студента вмілого розподілу свого часу між аудиторною і позааудиторною роботою. Виконання завдань із самостійної та індивідуальної роботи є обов'язковим для кожного студента.

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів включають: тематичний план навчальної дисципліни; загальні рекомендації до організації самостійної роботи з дисципліни, в тому числі до організації індивідуального наукового-дослідного завдання; систему поточного й підсумкового контролю знань студентів; список рекомендованої літератури.

1 ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

При вивченні дисципліни «Компоненти мікро- та нанотехніки» студент повинен ознайомитися з програмою навчальної дисципліни, її структурою, формами й методами навчання, видами й методами контролю знань.

Тематичний план дисципліни складається з двох модулів, які, в свою чергу, складаються із змістових модулів, кожен з яких об'єднує в собі відносно окремий самостійний блок дисципліни, що логічно пов'язує кілька укрупнених навчальних елементів дисципліни.

Навчальний процес здійснюється в таких формах: лекційні, практичні заняття і самостійна робота студента. Тематичний план дисципліни наведено в табл. 1.1

Таблиця 1.1 – Тематичний план дисципліни

№	Тема заняття та короткий зміст	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1	2	3	4
1.	Тема 1. Основи мікроелектроніки. Основні поняття, положення та етапи розвитку мікроелектроніки. Основні поняття та терміни. Класифікація, характеристика та система умовних позначень основних типів інтегральних мікросхем (ІМС).	2	0,5
2.	Тема 2. Фізичні основи мікроелектроніки. Загальна характеристика та класифікація напівпровідників. Власна електронна та діркова електропровідність. Рухливість носіїв заряду. Контактні явища у мікроелектронних структурах. Характеристика випрямного контакту метал-напівпровідник. Діод Шотткі. Ефект Ганна.	2	0,5
3.	Тема 3. Напівпровідникові ІМС. Типи конструкцій та структура НІМС. Ізоляція елементів у НІМС. Транзистори у НІМС. Біполярні транзистори. Діоди у напівпровідникових ІМС. Напівпровідникові резистори. Напівпровідникові конденсатори. Індуктивність у НІМС.	2	0,5
4.	Тема 4. Плівкові та гібридні інтегральні мікросхеми. Конструкція плівкових та гібридних ІМС. Підкладки плівкових інтегральних мікросхем. Плівкові резистори. Плівкові конденсатори. Індуктивні елементи гібридних інтегральних мікросхем. R-C-структури. Плівкові провідники, контактні площадки та міжшарова ізоляція.	2	0,5
5.	Тема 5. Великі інтегральні мікросхеми (ВІС). Загальна характеристика та основні параметри ВІС. Класифікація та сфери застосування ВІС.	2	0,5
6.	Тема 6. Сучасні напрями розвитку електроніки.	2	0,5

	Функціональна мікроелектроніка. Хемотроніка. Магнітоелектроніка. Загальна характеристика. Циліндричні магнітні домени. Перетворювачі Холла. Магніторезистори. Магнітодіоди. Магнітотранзистори і магніотиристор. Акустоелектроніка. Оптиелектроніка. Кріогенна електроніка. Діелектрична електроніка. Біоелектроніка.		
7.	Тема 7. Напівпровідникові прилади спеціального функціонального призначення. Стабілітрон. Тиристор.	2	1
8.	Тема 8. Структура і фізико-механічні властивості твердих тіл Кристалізація і силування. Рідкі кристали. Структура ідеальних кристалів.	2	1
9.	Тема 9. Елементи квантової механіки і фізичної статистики. Корпускулярно-хвильовий дуалізм. Спін електрона. Симетрія, вродженість.	2	1
10.	Тема 10. Теплові властивості твердих тіл. Природа електричної провідності твердих тіл. Явище надпровідності	2	1
11.	Тема 11. Контактні і поверхневі явища. Робота виходу. Термоелектронна емісія. Контактна різниця потенціалів. Електронно-дірковий перехід. Методи отримання <i>p-n</i> переходу. Рівноважний стан <i>p-n</i> переходу. Імпульсна і високочастотні властивості <i>p-n</i> переходу. Пробій <i>p-n</i> переходу.	4	1
12.	Тема 12. Оптичні і фотоелектричні явища в напівпровідниках. Поглинання світла. Фотопровідність напівпровідників. Фотоелектричні явища в <i>p-n</i> переході. Випромінювальна рекомбінація в напівпровідниках, світлодіодах. Когерентне випромінювання. Квантові підсилувачі і генератори. Поняття про голографію.	4	1
13.	Тема 13. Технологічні основи напівпровідникової мікроелектроніки. Загальні відомості. Отримання шарів оксиду і нітриду кремнію. Літографія. Легування напівпровідників дифузією. Іонне легування напівпровідників. Епітаксійне нарощування напівпровідникових шарів. Виготовлення елементів біполярних ІМС. Виготовлення елементів МДН ІМС.	4	1
Усього годин		32	10

2. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ

Обов'язковим елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни «Компоненти мікро- та нанотехніки» є самостійна робота студентів з вітчизняною і зарубіжною літературою з питань проектування електронних систем.

Самостійна робота є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від нормованих навчальних занять, тобто лекційних і практичних занять (аудиторної роботи).

Основні види самостійної роботи, на які повинні звертати увагу студенти:

- вивчення лекційного матеріалу;
- робота з опрацювання та вивчення рекомендованої літератури;
- підготовка до практичних занять;
- підготовка до дискусій та інших пропонованих викладачем завдань;
- робота над індивідуальним завданням;
- самоперевірка студентом власних знань за запитаннями для самодіагностики;
- підготуватися до дискусії в аудиторії щодо розуміння вивченого матеріалу;
- підготовка до поточного та підсумкового контролю.

Опрацювання лекційного матеріалу. У системі різних форм навчально-виховної роботи особливе місце належить лекції, де викладач надає студенту основну інформацію, навчає розмірковувати, аналізувати, допомагає опанувати ключові знання, а також спрямовує самостійну роботу студента.

Зв'язок лекції і самостійної роботи студента розглядається в таких напрямках:

- лекція як головна початкова ланка, що визначає зміст і обсяг самостійної роботи студента;
- методичні прийоми читання лекцій, що активізують самостійну роботу студентів;
- самостійна робота, яка сприяє поглибленому засвоєнню теми на базі прослуханої лекції.

Перший етап самостійної роботи починається з процесу слухання і записування лекції. Правильно складений конспект лекції – найефективніший засіб стимулювання подальшої самостійної роботи студентів. Студент повинен чітко усвідомити, що конспект – це короткий тезовий запис головних положень навчального матеріалу. Складання і вивчення конспекту – перший етап самостійної роботи студента над вивченням теми чи розділу. Конспект допомагає в раціональній підготовці до практичних занять, заліку, у визначенні напряму і обсягу подальшої роботи з літературними джерелами.

Під час підготовки до лекції студент повинен опрацювати матеріал попередньої лекції з використанням підручників та інших джерел літератури. На лекціях висвітлюють тільки основні теоретичні положення та найбільш

актуальні проблеми, тому більшість питань виноситься на самостійне опрацювання.

Підготовка до практичних занять. Підготовка до практичних занять розпочинається з опрацювання лекційного та методичного матеріалу до заданого заняття. Студент повинен самостійно ознайомитися з відповідним розділом робочої програми, підготувати відповіді на контрольні запитання, які подані в програмі у певній послідовності згідно з логікою засвоєння навчального матеріалу.

Практичні заняття збагачують і закріплюють теоретичні знання студентів, розвиваючи їх творчу активність, допомагають у набутті практичних навичок роботи за предметом навчальної дисципліни.

У процесі підготовки до практичних занять самостійна робота студентів є обов'язковою частиною навчальної роботи, без якої успішне і якісне засвоєння навчального матеріалу неможливе. Це свідчить про необхідність керування самостійною роботою студентів з боку викладача завдяки проведенню цілеспрямованих організаційних і контрольних заходів.

Відповідно до навчального плану з кожної теми курсу проводяться практичні заняття. Щороку викладачі уточнюють тематичний план проведення семінарських і практичних занять і ознайомлюють з ним студентів на першому занятті.

Викладач у вступній лекції рекомендує студентам основну і додаткову літературу, а також методичні рекомендації до самостійної роботи та до організації практичних занять з дисципліни. У методичних вказівках з кожної теми наведено перелік питань для теоретичної підготовки до заняття.

У разі, коли студент не може самостійно розібратися в якомусь питанні, він може отримати консультацію у викладача (згідно з графіком проведення консультацій викладачами кафедри приладів і контрольно-вимірювальних систем систем). Добре організовані консультації дозволяють спрямувати самостійну роботу в потрібному напрямі, зробити раціональною і підвищити її ефективність.

В таблиці 2.1 представлено перелік тем практичних робіт.

Таблиця 2.1 – Перелік тем практичних робіт

№	Тема заняття	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1.	32-Х РОЗРЯДНА АРХІТЕКТУРА ARM	2	0,5
2.	РОБОТА З STM32	2	0,5
3.	СТВОРЕННЯ ПРОЕКТУ В СЕРЕДОВИЩІ РОЗРОБКИ. ВИКОРИСТАННЯ ПОРТІВ ВВЕДЕННЯ / ВИВОД	2	0,5
4.	ПЕРЕРИВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ТАЙМЕРІВ	2	0,5
5.	ГЕНЕРУВАННЯ СИГНАЛУ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ	2	1
6.	ВИКОРИСТАННЯ АНАЛОГОВО-ЦИФРОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧ	2	1

7.	ВИКОРИСТАННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО АСИНХРОННО-СИНХРОННОГО ПРИЙМАЧА- ПЕРЕДАТЧИКУ USART	2	1
8.	РОБОТА З SPI	2	1
Усього годин		16	6

3. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

№	Найменування робіт	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1	2	3	4
1.	Практична робота №1	32	48
	Практична робота №2	4	6
	Практична робота №3	4	6
	Практична робота №4	4	6
	Практична робота №5	4	6
	Практична робота №6	4	6
	Практична робота №7	4	6
	Практична робота №8	4	6
2.	Опрацювання окремих розділів, які не виносяться на лекції:	8	24
	1. Генератори.	1	3
	2. Детектори.	1	3
	3. Логічні елементи.	1	3
	4. Багатофункціональні схеми.	1	3
	5. Модулятори.	1	4
	6. Фільтри	1	4
	7. Елементи арифметичних та дискретних пристроїв	2	4
3.	Підготовка та складання екзаменів, тестування:	1,5	1,5
	- Залік	0,5	0,5-
	- Тест №1	0,5	0,5
	- Тест №2	0,5	0,5
4.	Екзамен / залік	0,5	0,5
Усього годин		42	74

4. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Оцінювання знань, вмінь і навичок студентів включає ті види занять, які згідно з програмою навчальної дисципліни «Компоненти мікро- та нанотехніки» передбачають лекційні, практичні заняття, самостійну роботу.

Перевірку і оцінювання знань студентів проводять в наступних формах:

- оцінювання роботи і знань студентів під час практичних занять;
- оцінювання виконання і захист практичних робіт;
- складання проміжного контролю знань за змістовими модулями;
- здача заліку.

Для кожного змістовного модуля передбачено певну форму поточного контролю. Результати поточного контролю автоматично, без участі студента, зараховуються при модульному контролі. Студент може покращити результати поточного контролю при модульному контролі через тестування.

Максимальна оцінка при I модульному контролі — 40 балів;

Максимальна оцінка при II модульному контролі — 35 балів.

Підсумковий контроль - залік.

Максимальна оцінка навчальної дисципліни — 100 балів.

5. ПЕРЕЛІК КОНТРОЛЬНИХ ЗАПИТАНЬ З ДИСЦИПЛІНИ

1. Які основні характеристики електронних систем?
2. На які рівні поділяють функціональні задачі в електронних системах?
3. У чому відмінність мікропроцесорної системи від системи на жорсткій логіці?
4. Які недоліки електронних систем на жорсткій логіці?
5. Узагальнена структурна схема ВК оптико-електронної системи.
6. Наведіть основні переваги КОЕС.
7. У чому відмінність каналу зв'язку від лінії зв'язку?
8. Які групи ознак найбільш часто використовують при класифікації ЕС?
9. Наведіть узагальнену структурну схему ВК КОЕС.
10. Що означає поняття вбудована система?
11. У чому специфіка електронних систем реального часу?
12. Що являють собою статична та динамічна форми існування інформації? Що являють собою міри інформації за Хартлі та Шенноном?
13. Які одиниці вимірювання інформації?
14. Що таке ентропія?
15. Що таке ємність каналу передавання?
16. Що таке інформаційне узгодження джерела повідомлення з каналом зв'язку?
17. В чому полягає статистичне кодування? Які його переваги та недоліки? Що розуміють під поняттям «шум»?
18. Чим визначається пропускна здатність каналу зі шумами?
19. Чим визначається швидкість передавання інформації для каналу з шумами?
20. Яка максимальна швидкість передавання інформації?
21. Що таке об'єм сигналу? Як об'єм сигналу пов'язаний з ємністю каналу?
22. У чому полягає інформаційний процес?
23. Які існують основні типи сигналів?
24. Що лежить у основі поняття спектра сигналу?
25. Для чого застосовується перетворення Фур'є?
26. Назвіть основні властивості перетворення Фур'є.
27. При виконанні яких умов є можливим подання неперіодичної функції інтегралом Фур'є?
28. Що приймають за практичну ширину спектра сигналу?
29. Для чого застосовують дискретне перетворення Фур'є?
30. Наведіть основні види модуляції сигналів.
31. Для яких сигналів і в яких випадках величини бод і біт у секунду збігаються?
32. Які види модуляції розрізняють за характером зв'язку між вхідним (модулюючим) сигналом і модульованим параметром?
33. У чому полягає ШІМ?
34. Що являє собою випадковий процес?
35. Що являє собою математичне сподівання у відношенні до сигналів?
36. Для чого призначений аналізатор закону розподілів?

37. Перелічіть основні характеристики випадкових процесів.
38. У чому сутність теореми Хінчина - Вінера?
39. Що розуміють під поняттям "білий шум"?
40. Що розуміють під системою дискретного часу?
41. Яка головна вимога оптимальності методу дискретизації?
42. У чому полягає суть квантування?
43. У чому відмінність дискретизації від квантування?
44. У чому полягає сутність кодування інформації?
45. Які переваги та недоліки цифрового подання інформації?
46. Як відбувається відновлення сигналів?
47. У яких випадках використовуються поліноми Лагранжа та Тейлора?
48. Поясніть принципи адаптивної дискретизації.
49. У чому сутність теореми Котельникова?
50. Перелічіть основні вимоги до методів цифрового кодування.
51. У чому відмінність між потенціальними та імпульсними кодами?
52. Що розуміють під терміном "апертурний час"?
53. Назвіть та наведіть схеми найбільш поширених типів АЦП.
54. Які основні переваги та недоліки інтегруючих АЦП?
55. Для чого використовуються багатоканальні АЦП?
56. Назвіть та наведіть схеми найбільш поширених типів ЦАП.
57. Наведіть основні схеми цифрових вимірювачів неелектричних величин.

6. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Прищеп М.М., Погребняк В.П. Мікроелектроніка. Частина І. Елементи електроніки. – Київ: Вища школа, 2004. – 431 с.
2. Закалик Л.У., Ткачук Р.А. Основи мікроелектроніки. - Тернопіль, 1998. - 380 с.
3. Хоружний В.А., Письмецький В.О. Функціональна мікроелектроніка, опто- та акустоелектроніка. - Харків, 1995. - 186 с.
4. Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В. Електроніка і мікросхемотехніка. - Т.1. Елементна база електронних пристроїв. - Київ: Обереги, 2000. - 300 с.
5. Стахів П.Г., Коруд В.І., Гамола О.Є. Основи електроніки: функціональні елементи та їх застосування. - Львів: Новий світ-2000, 2003. - 128 с.

Допоміжна

1. Проценко І.Ю. Технологія та фізика тонких металевих плівок. - Суми: СумДУ, 2000. - 148 с.
2. Мікроелектроніка і наноелектроніка. Вступ до спеціальності / Ю. М. Поплавко, О. В. Борисов, В. І. Ільченко та ін. – Київ: НТУУ «КПІ», 2010. – 160 с.