


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет електроніки та комп'ютерних технологій**  
**Кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки**

**Затверджено**  
на засіданні кафедри сенсорної та  
напівпровідникової електроніки факультету  
електроніки та комп'ютерних технологій  
Львівського національного університету імені  
Івана Франка

(протокол № 1/24 від 29.08.2024 р.)

Завідувач кафедри

 Андрій ЛУЧЕЧКО

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**“ТЕСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ”,**  
**що викладається в межах освітньо-професійної програми**  
**“Електроніка та комп'ютерні системи”**  
**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів зі спеціальності**  
**171 Електроніка**

Львів 2024

<b>Назва дисципліни</b>	Тестування електронних систем
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	м. Львів, вул. ген.Тарнавського, 107
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, 171 Електроніка
<b>Викладачі дисципліни</b>	Кушлик Маркіян Олегович, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри сенсорної та напівпровідникової електроніки
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:markiyan.kushlyk@lnu.edu.ua">markiyan.kushlyk@lnu.edu.ua</a> <a href="https://electronics.lnu.edu.ua/employee/kushlyk-markiyan-olehovych/">https://electronics.lnu.edu.ua/employee/kushlyk-markiyan-olehovych/</a> факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки вул. ген.Тарнавського, 107, лаб. 416
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	<b>В режимі оф-лайн:</b> згідно розкладу в день проведення лекційних/лабораторних занять (корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, м. Львів, вул. ген.Тарнавського, 107). <b>В режимі он-лайн:</b> на платформі Microsoft Teams (для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача).
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://electronics.lnu.edu.ua/course/testuvannia-system-171-elektronika-ta-komp-iuterni-systemy/">https://electronics.lnu.edu.ua/course/testuvannia-system-171-elektronika-ta-komp-iuterni-systemy/</a> <a href="https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=5189">Тестування електронних систем   Microsoft Teams</a> <a href="https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=5189">https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=5189</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Тестування електронних систем» є нормативною дисципліною зі спеціальності 171 «Електроніка» освітньо-професійної програми «Електроніка та комп'ютерні системи», яка викладається в 8 семестрі в обсязі 3.5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою - ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна "Тестування електронних систем" охоплює теоретичні основи та практичні аспекти тестування, діагностики й забезпечення працездатності сучасних електронних пристроїв, ознайомлення студентів із методами, засобами та технічними прийомами принципами виявлення й усунення несправностей електронних компонентів і систем. Курс надає студентам знання про сучасні підходи до проектування тестопридатних електронних систем (Design for Testability, DfT), використання стандартів, таких як IEEE 1149.1, та новітніх технологій для забезпечення надійності електронних пристроїв. Практичні завдання спрямовані на формування навичок роботи з технічною документацією, проведення вимірювань і тестувань, аналізу несправностей та розробки рішень для їх усунення.

<p><b>Мета та цілі дисципліни</b></p>	<p><b>Метою дисципліни</b> є формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок із тестування, діагностики й аналізу електронних систем та їх компонентів.</p> <p><b>Цілі дисципліни:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ознайомити студентів із сучасними методами і засобами тестування електронних систем.</li> <li>• Навчити аналізувати технічну документацію та використовувати вимірювальні прилади.</li> <li>• Розвинути навички діагностики несправностей і проектування тестопридатних електронних схем.</li> <li>• Сформувати вміння застосовувати автоматизовані системи тестування та інтерпретувати результати.</li> <li>• Розвинути практичні навички автономного і комплексного налагодження мікропроцесорних систем.</li> <li>• Сприяти формуванню здатності оптимізувати процеси виробництва та тестування для підвищення надійності електронних систем.</li> </ul>
<p><b>Література для вивчення дисципліни</b></p>	<p><b>Рекомендована література</b></p> <p><b>Базова:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. M.L. Bushnell and V. D. Agrawal, Essentials of Electronic Testing for Digital, Memory and Mixed-Signal VLSI Circuits, Boston: Kluwer Academic Publishers . – 2002 . – 690 pages.</li> <li>2. Монтаж радіоелектронних приладів. Спеціальна технологія (навчальний посібник) / Л. В. Крилик, О. О. Селецька. – Вінниця :ВНТУ, 2017. – 75 с.</li> <li>3. Електротехніка, електроніка і мікропроцесорна техніка / Укл.: Г.В.Карандаков, В.І. Кривенко. – Київ, НТУ, 2008. – 230 с.</li> <li>4. Lala, P. K. An Introduction to Logic Circuit Testing. Synthesis: Lectures on Digital Circuits and Systems, 3(1), 2008. 1–100.</li> <li>5. D J Murray-Smith. Modelling and Simulation of Integrated Systems in Engineering: Issues of Methodology, Quality, Testing and Application / Woodhead Publishing; 1st edition. – 2012. – 372 pages.</li> </ol>

6. Zander, J.; Schieferdecker, I.; Mosterman, P.J. Model-Based Testing for Embedded Systems; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2011, 688p.
7. Jha, N.K.; Gupta, S. *Testing of Digital Systems*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2003, 986p.
8. Renbi A., Delsing J. Contactless Testing of Circuit Interconnects // (2015) *Journal of Electronic Testing: Theory and Applications (JETTA)*, 31 (3), pp. 229-253.
9. Основи теорії надійності та експлуатації радіоелектронних систем / В.І.Василишин, С.В. Женжера, О.В.Чечуй, А.П. Глушко. – Х. : ХНУПС, 2018 – 268 с.
10. Mark Burns, Gordon W. Roberts, *An Introduction to MixedSignal IC Test and Measurement*, Oxford University Press, 2001
11. Gizopoulos, D., Paschalis, A., Zorian, Y.: *Embedded Processor-Based Self-Test*. Kluwer Academic Publisher, New York (2004)
12. A. Vassighi, M. Sachdev: *Burn-in as a Reliability Screening Test*. In: *Thermal and Power Management of Integrated Circuits*. Series on Integrated Circuits and Systems. Springer, Boston, MA, (2006).

**Допоміжна:**

13. Аврутов В. В. Випробування і контроль приладів і систем / В. В Аврутов. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 225 с.
14. Аврунін О.Г. «Основи мови VHDL для проектування цифрових пристроїв на ПЛІС»: навч. посібник / О.Г. Аврунін, Т.В. Носова, В.В. Семенець. Харків: ХНУРЕ, 2018., 196 с.
15. Paltnitkar S. *Verilog HDL: A Guide to Digital Design and Synthesis*, Second Edition. Prentice Hall PTR, 2003. 496 с.

**Методичне забезпечення:**

Електронні версії інструкцій та рекомендацій до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Тестування електронних систем» розміщені в середовищі MS Teams

<p><b>Обсяг курсу</b></p>	<p>Загальний обсяг 105 год.  Аудиторних занять - 64 год.:  32 год. - лекційних занять, 32 год. - лабораторних занять.  Самостійна робота - 41 год.</p>
<p><b>Очікувані результати навчання</b></p>	<p>В результаті вивчення даного курсу студент повинен:</p> <p><b>знати:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основні принципи та методи тестування електронних систем;</li> <li>• принципи та стандарти тестування і відбракувальних випробувань;</li> <li>• особливості роботи вимірювальних приладів і систем автоматизованого тестування;</li> <li>• методи пошуку несправностей у електронних компонентах і системах;</li> <li>• принципи проектування тестопридатних схем та систем з вбудованим самотестуванням.</li> </ul> <p><b>вміти:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• працювати з технічною документацією;</li> <li>• проводити вимірювання та тестування електронних схем і пристроїв;</li> <li>• діагностувати несправності й визначати їх причини;</li> <li>• використовувати автоматизовані засоби тестування;</li> <li>• аналізувати результати тестів і розробляти рекомендації з усунення несправностей.</li> </ul> <p>Після вивчення курсу здобувачі набудуть таких компетентностей і програмних результатів:</p> <p>ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.  ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.  ЗК5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.  ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.  ЗК10. Навички здійснення безпечної діяльності.  ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.  ФК2. Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки.  ФК6. Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у приладах, пристроях та системах електроніки за допомогою аналітичних методів, засобів моделювання, дослідних зразків та результатів експериментальних досліджень.</p>

ФК10. Здатність застосовувати на практиці галузеві стандарти та стандарти якості функціонування пристроїв та систем електроніки.

ФК11. Здатність контролювати і діагностувати стан обладнання, застосовувати сучасні електронні компоненти та технічні засоби, виконувати профілактику, ремонт та технічне обслуговування електронних пристроїв та систем, монтувати, налагоджувати та ремонтувати аналогові, цифрові та оптичні модулі, розробляти та виготовляти друковані плати, розробляти програмне забезпечення для мікроконтролерів.

ФК12. Здатність інтегрувати знання з фізичних засад електроніки, програмування, моделювання, схемотехніки, автоматизації та тестування компонент і пристроїв сучасної електроніки для розуміння основ функціонування електронних та комп'ютерних систем різного призначення.

ПР1. Описувати принцип дії за допомогою наукових концепцій, теорій та методів та перевіряти результати при проектуванні та застосуванні приладів, пристроїв та систем електроніки.

ПР2. Застосовувати знання і розуміння диференційного та інтегрального числення, алгебри, функціонального аналізу дійсних і комплексних змінних, векторів та матриць, векторного числення, диференційних рівняння в звичайних та часткових похідних, ряду Фур'є, статистичного аналізу, теорії інформації, чисельних методів для вирішення теоретичних і прикладних задач електроніки.

ПР5. Використовувати інформаційні та комунікаційні технології, прикладні та спеціалізовані програмні продукти для вирішення задач проектування та налагодження електронних систем, демонструвати навички програмування, аналізу та відображення результатів вимірювання та контролю.

ПР7. Аналізувати складні цифрові та аналогові інформаційно-вимірювальні системи з розширеною архітектурою комп'ютерних та телекомунікаційних мереж з урахуванням специфікації вибраних технічних засобів електроніки та відповідної технічної документації.

ПР8. Визначати та ідентифікувати математичні моделі технологічних об'єктів при розробці у комп'ютерному середовищі нових складних електронних систем та виборі оптимального рішення.

ПР10. Розробляти технічні засоби для побудови та діагностування технічного стану електронних пристроїв та систем, організовувати та проводити плановий та позаплановий ремонт, налагодження та переналагодження

	<p>ПР12. Використовувати документацію, пов'язану з професійною діяльністю, із застосуванням сучасних технологій та засобів офісного устаткування; використовувати англійську мову, включаючи спеціальну термінологію, для спілкування з фахівцями, проведення літературного пошуку та читання текстів з технічної та фахової тематики.</p> <p>ПР19. Застосовувати навички проектування, програмування та тестування компонент та пристроїв сучасної електроніки для розробки та налагодження електронних та комп'ютерних систем різного призначення.</p>
<b>Ключові слова</b>	Тестування, діагностика, візуальний контроль, вбудоване самотестування (bist), інтегральні мікросхеми, внутрісхемне тестування, граничне сканування (boundary scan), jtag-інтерфейс, тестова послідовність, відбракувальні випробування, несправності, тестопридатність, маршеві тести, функціональне тестування, параметричні тести, технічна документація
<b>Формат курсу</b>	Очний.
<b>Теми</b>	Див. СХЕМА КУРСУ
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Іспит в кінці семестру.
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують знань з дисциплін «Архітектура комп'ютерів і програмування», «Вища математика», «Цифрова обробка сигналів», «Матеріали та компоненти сучасної електроніки», «Основи метрології та стандартизації».
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	<p>Лекції, презентації, лабораторні роботи, виконання індивідуальних завдань (робота у групі, команді), обговорення, дискусія.</p> <p>Робота в системах Microsoft Teams та Moodle для здійснення модульного контролю, завантаження виконаних лабораторних завдань.</p>
<b>Необхідне обладнання</b>	<p>Персональні комп'ютери (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3(4 ядра), 8 ГБ оперативної пам'яті, 50 ГБ вільного місця на диску).</p> <p>Онлайн-доступ до MS TEAMS та MOODLE.</p> <p>Джерела живлення Siglent SPD3303, генератори сигналу Siglent SDG, цифрові осцилографи Rigol DS1054Z, мультиметри UNI-T UT8803, безпечні макетні плати, контролери Arduino UNO, оцінююча плата SIT6098EBB, MEMC осцилятор SIT1533 "Galileo", набір простих цифрових логічних мікросхем 74-ї серії, .</p> <p>Програмне забезпечення: Proteus, WinAVR, Arduino IDE</p>

**Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)**

Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою.

Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:

- лабораторні роботи: 40% семестрової оцінки (максимальна кількість балів - 40);
- контрольні заміри: 30% семестрової оцінки (максимальна кількість балів - 30);
- підсумкова контрольна робота: 30% семестрової оцінки (максимальна кількість балів - 30).

Загалом упродовж семестру 100 балів

**Академічна доброчесність:** Студентам слід дотримуватися принципів академічної доброчесності, виконуючи всі завдання самостійно та з дотриманням етичних норм. Плагіат, списування або інші прояви недоброчесної поведінки неприпустимі та ведуть до анулювання відповідних результатів. Оригінальність поданих робіт є обов'язковою умовою для їх зарахування.

**Відвідування занять** Регулярна присутність на лекціях і лабораторних заняттях є невід'ємною частиною навчання. У разі неможливості відвідування занять студенти повинні заздалегідь повідомити викладача. Незалежно від обставин, студентам слід дотримуватися встановлених кінцевих термінів для виконання завдань та робіт.

**Література.** Викладач надає студентам основну літературу, необхідну для освоєння дисципліни, використовуючи платформи MS Teams або Moodle. Студентам рекомендується додатково шукати інші джерела для розширення своїх знань.

**Політика виставлення балів.** Оцінювання базується на поточних результатах (лабораторні роботи, модулі), самостійній роботі студентів та підсумковому контролю (залік). Звертається особлива увага на регулярне відвідування занять, активну участь у дискусіях та лабораторних роботах, дотримання встановлених термінів виконання завдань, а також дотримання принципів академічної доброчесності. Недопустимими є пропуски занять без поважної причини, списування, використання мобільних пристроїв у неосвітніх цілях під час занять, несвоєчасне виконання робіт та порушення етичних норм. Плагіат та інші форми порушення академічної доброчесності категорично заборонені та можуть стати підставою для анулювання балів за відповідні роботи.



**Оцінювання лабораторних робіт** (10 лабораторних робіт) відбувається шляхом оцінки підготовки до виконання лабораторної роботи, безпосереднього її виконання та захисту.

Оцінка за лабораторні роботи складається з двох частин:

- Підготовка та виконання лабораторної роботи:  
3 бали ( $8 \times 3 = 24$  бали)
- Звіт до лабораторної роботи: 0,5 балу ( $8 \cdot 0,5 = 4$  бали)
- Захист лабораторної роботи: 6 балів ( $2 \times 6 = 12$  балів)

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

3 - студент в повному обсязі володіє теоретичним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, самостійно реалізує 100 % від поставлених завдань для виконання роботи, надає правильні відповіді на запитання по темі роботи та описі отриманих результатах;

2 - студент достатньо розуміє теоретичний матеріал, самостійно реалізує 75 % від поставлених для виконання роботи завдань, однак присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по отриманих результатах;

1,5 - студент не досить добре розуміє теоретичний матеріал, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, 50 % від поставлених завдань реалізує самостійно;

0,5 - студент погано розуміє теоретичний матеріал та використані підходи у лабораторній роботі, при допомозі викладача може реалізувати та пояснити 25 % від поставлених в роботі завдань;

0 - студент зовсім не підготувався до виконання лабораторної роботи, при допомозі викладача не в змозі виконати жодне завдання лабораторної роботи.

**Звіт по виконаних лабораторних роботах** оцінюється за наступними критеріями:

0,5 – звіт повністю відповідає завданню, чітко структурований, оформлений відповідно до вимог, містить детальний аналіз і обґрунтовані висновки.

0,25 – звіт виконано частково, структура та оформлення мають недоліки, аналіз поверховий, висновки неповні або некоректні.

0 – звіт відсутній або його зміст не відповідає завданню.

**Захист лабораторних робіт** складається з двох тестів, у системі Moodle, по 20 питань (по п'ять питань по кожній лабораторній роботі), кожна правильна відповідь оцінюється у 0,3 бала, а не вірна відповідь – 0 балів (2x20x0,3=12 балів).

**Контрольні заміри** проводяться у формі тестових завдань (модулів) з лекційного матеріалу у системі Moodle (2 модулі по 15 балів кожен). Кожен модуль містить 20 тестових питань з одним вірним варіантом відповіді. Кожна правильна відповідь приносить 0,75 бала, хибна відповідь – 0 балів

**Підсумкова контрольна робота** складається з чотирьох теоретичних питань за матеріалами курсу (відповіді на кожне оцінюються у 7.5 балів: 4x7.5=30 балів).

Критерії:

Бали за відповідь на одне теоретичне питання	Критерії оцінювання
7-7.5	Відповідь, в якій навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, яка містить аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.
5-6	Відповідь, в якій відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.
3-4	Відповідь, в якій основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.
1-2	Відповідь, яка засвідчує, що навчальний матеріал не засвоєно. Відсутність чіткого і логічного формулювання.
0	Відповідь відсутня.

**Питання до іспиту**

1. Які рекомендації щодо проведення вимірювань амперметром, вольтметром, омметром (тера-, мегаомметром) Ви можете назвати.
2. Яке практичне значення принципів схем?
3. Для чого потрібне тестування цифрової логіки ІС.
4. Тестування функціональних модулів зберігання та передачі інформації мікропроцесорних систем
5. Яка різниця між принциповими схемами і схемами з'єднань?
6. Дайте визначення поняттям дефект, помилка, несправність. Основні типи помилок логічних ІС.
7. Система циклічного самотестування. Ініціалізація самотестування.
8. Які марки припоїв використовують при пайці електричних плат? Якими способами виконують струмопровідні покриття на друкованих платах?

9. Як протестувати роботу діода, транзистора, стабілітрона, конденсатора?
10. Зобразіть та опишіть схему комірки «boundary scan» для граничного сканування.
11. Рівні представлення мікропроцесорної системи.
12. Що таке флюс та його типи. Які флюси застосовують при пайці м'якими припоями?
13. Яке значення графіків та функціональних характеристик при ремонті приладів?
14. Назвіть та опишіть основні правила побудови тестопридатної цифрової логіки ІС (DFT).
15. Основні типи запам'ятовуючих пристроїв електронних систем. Опишіть їх.
16. Використання генераторів сигналів для тестування електроніки.
17. Що таке технічний опис (datasheet) елемента електроніки?
18. Які існують можливі дефекти та несправності запам'ятовуючих пристроїв?
19. Яка послідовність етапів проектування мікропроцесорних систем?
20. Принцип роботи та основні функції генераторів сигналів.
21. Яка інформація міститься технічному описі (datasheet)?
22. Опишіть метод сканування із довільним доступом (RAS).
23. Механізми відмови у роботі запам'ятовуючих пристроїв?
24. Використання частотомірів в процесі діагностики електронних схем.
25. Основні принципи методу часткового сканування.
26. Рівні представлення та тестування пам'яті.
27. Наведіть приклади універсальних та спеціалізованих засобів діагностики електронних схем.
28. Перерахуйте завдання контролю технічного стану електронного пристрою та їх відмінні риси.
29. Маршовий тест: визначення та опис процесу.
30. Принцип роботи та основні функції осцилографа.
31. Опишіть основні принципи візуального контролю та автоматизованого оптичного / візуального контролю.
32. Проблеми фізичного дизайну та часу тестування.
33. Для чого використовується моделювання несправностей запам'ятовуючих пристроїв? Типи моделей.
34. Чим відрізняються контролю працездатності та функціонування? Поясніть чи можна за результатами контролю функціонування стверджувати, про працездатність?
35. Системи тактового сканування BIST. Test-Per-Scan.
36. Опишіть основні характеристики та параметри ІМС
37. Методи та критерії візуального контролю.
38. Переваги та недоліки методу «Граничного сканування»
39. Циклічний та двоадресний методи тестування запам'ятовуючих пристроїв.
40. Що таке граничне тестування? Де воно застосовується?
41. Основні типи та причини відмов елементів ІС.
42. Що являє собою система build-in self-test (BIST)? Де вона використовується?

	<p>43. Функціональне тестування мікросхем ПЗП.</p> <p>44. Вкажіть відмінні ознаки основних методів тестування. Що таке тест?</p> <p>45. Поясніть суть методу випробування на примусову відмову.</p> <p>46. Опишіть ієрархію процесу самотестування (BIST).</p> <p>47. Параметричні тести, основні типи та методи.</p> <p>48. Поясніть методи внутрісхемного параметричного і функціонального контролю.</p> <p>49. Поясніть суть явища перегонів сигналів, де воно зустрічається та як його уникнути.</p> <p>50. Основні схеми реалізації BIST.</p> <p>51. Для чого використовують електротермовипробування елементів та пристроїв.</p> <p>52. Що таке та де застосовуються логічні аналізатори?</p> <p>53. Перелічіть та опишіть класичні методи тестування ІС.</p> <p>54. Поясніть методи тестових наборів, різницю між методами вибіркового тестування та вичерпного тестування.</p> <p>55. Основні типи та причини відмов елементів ІС.</p> <p>56. Амплітудно-частотна характеристика, що таке та як отримати?</p> <p>57. Опишіть методи тестування «літаючими матрицями» та «ложе цвяхів»?</p> <p>58. Архітектура тестової логіки в стандарті IEEE-1149.1</p> <p>59. Назвіть переваги використання генерації випадкових шаблонів для створення тестових послідовностей.</p> <p>60. Основні можливості методу «Граничного сканування».</p> <p>61. Типи та особливості зондів, що використовуються при внутрісхемному тестуванні.</p> <p>62. Комплексне налагоджування мікропроцесорних систем.</p> <p>63. Що являє собою метод високотемпературного старіння?</p> <p>64. Що таке шум сигналу? Вимірювання шумів, відношення сигнал/шум.</p> <p>65. Які діагностичні параметри і ознаки дозволяють виявляти логічну несправність чи коротке замикання при внутрісхемному та периферійному тестуванні?</p> <p>66. Використання модульного регістру зсуву з лінійним зворотним зв'язком (LSFR) у вбудованому самотестуванні.</p> <p>67. Джерела помилок на етапах проектування мікропроцесорних систем.</p> <p>68. Яке призначення структурних схем?</p> <p>69. Основні особливості методу «Скорпіона».</p> <p>70. Що таке тестопридатність схеми та як її визначити?</p> <p>71. В чому суть енерго- та термоциклічних випробувальних тестів.</p> <p>72. Що зображують функціональні схеми і чим вони відрізняються від структурних?</p> <p>73. Чому необхідно поєднувати методи діагностування при тестуванні? Коли і які методи слід використовувати.</p> <p>74. Де та з якою метою застосовуються спектроаналізатори?</p> <p>75. Послідовність тестування міжз'єднань в методі граничного сканування.</p>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету з метою оцінювання якості курсу буде надано після вивчення курсу.</p>

## СХЕМА КУРСУ

Тиж	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год.	Термін виконання
1	<b>Тема 1. Вступ до курсу «Тестування електронних систем»</b> Загальні відомості та основні поняття. Вимоги щодо організації роботи, робочого місця та техніки безпеки.	Лекція (2 год)	1-12	Вступне заняття. Ознайомлення з правилами виконання, оформлення та читання схем електричних і робота з технічною специфікацією елементів (4 год)	1-2 тижні семестру
2	<b>Тема 2. Робота з технічною документацією пристроїв та елементів електронної техніки</b> Структурна, функціональна та принципова схеми. Правила виконання та читання схем. Технічна специфікація елементів (Datasheet)	Лекція (2 год)	1-12		
3-4	<b>Тема 3. Пристрої та прилади, що використовуються при тестуванні електронних систем</b> Методи та приклади застосування мультиметрів, омметрів, ватметрів для тестування. Методи монтажу та демонтажу елементів. Вибір та рекомендації щодо використання осцилографів, генераторів сигналів, частотомірів, спектроаналізаторів. Спеціалізовані пристрої для тестування	Лекція (4 год)	1-12	Базові навички діагностики та тестування електричної схеми. (4 год)	3 -4 тижні семестру
5	<b>Тема 4. Джерела вторинного живлення пристроїв електроніки</b> Одно та двохполюсні джерела живлення постійного струму/напруги. Імпульсні джерела живлення. Елементи живлення електронних схем. Стабілізація живлення.	Лекція (2 год)	1-12	Автоматизація тестування часових, амплітудних параметрів сигналу та стабільності роботи тактового генератора. (4 год)	5-6 тижні семестру
6-7	<b>Тема 5. Методи тестування та діагностики електронних схем</b> Загальні рекомендації щодо пошуку і усунення несправностей. Методи тестування друкованих плат. Візуальний автоматизований контроль.	Лекція (4 год)	1-12		

	Внутрішнє тестування, методи контактування з контрольними точками. Методи комутації масиву зондів до вимірювальної системи. Критерії відбраковування. Конструкції та параметри контактних щупів. Периферійне / граничне сканування. Функціональне тестування			Дослідження особливостей функціонування комірок граничного сканування для використання в схемах тестування. (4 год)	7-8 тижні семестру
8-9	<b>Тема 6. Тестування цифрових логічних інтегральних мікросхем</b> Мікросхеми високого та надвисокого ступеня інтеграції елементів. Проектування мікросхем з можливістю тестування (DfT). Поняття керуваності, спостережуваності та тестопридатності і методи їх визначення. Схеми тестування, правила сканування. Тести для кіл сканування, фізичний дизайн та перевірка часу сканування. Метод часткового сканування. Варіанти тестового сканування: тактове з утримуванням, сканування з довільним доступом	Лекція (4 год)	1-12	Дослідження основних параметрів елементів цифрової електроніки. Визначення тестопридатності цифрової логічної мікросхеми. (4 год)	9-10
10	<b>Тема 7. Система вбудованого самотестування</b> Основні визначення. Логіка, структура, ієрархія та процес BIST, методи генерації шаблонів BIST, ущільнення відповіді BIST. Псевдовичерпні та випадкові тестові послідовності. Вбудовані спостерігачі логічних блоків. Варіанти реалізації системи BIST	Лекція (2 год)	1-12		
11-12	<b>Тема 8. Тестування мікропроцесорних систем</b> Помилки, несправності, дефекти та їх джерела. Рівні представлення мікропроцесорної системи. Виявлення помилок і діагностика несправностей МП систем. Перевірка правильності проекту. Налагодження програмного забезпечення мікропроцесорних систем. Автономне і комплексне налагодження мікропроцесорних систем	Лекція (4 год)	1-12	Проектування та моделювання роботи генераторів тестових послідовностей (4 год)	11-12 тижні семестру

13-14	<p><b>Тема 9. Тестування пристроїв зберігання інформації</b>          Типи запам'ятовуючих пристроїв. Схема побудови комірок пам'яті. Методи тестування комірок пам'яті, адресної шини та шини даних. Можливі помилки запам'ятовуючих пристроїв, моделі несправностей. Маршевий тест. Функціональна та параметрична діагностика запам'ятовуючих пристроїв</p>	Лекція (4 год)	1-12	Вивчення методів тестування елементів запам'ятовуючих пристроїв (4 год)	13-14 тижні семестру
15-16	<p><b>Тема 10. Параметричне тестування та навантажувальні тести на примусову відмову</b>          Характеристики та параметри логічних ІС. Відмови виробів електронної техніки. Відбракувальні випробування ІС. Електро-, термо- та електро-термо відбракувальні випробування елементів. Високотемпературне старіння. Випробування за методом "температура-вологість-напруга зміщення". Режим енергоциклічного тестування ІС. Термоциклічні випробування. Вимоги до відбракувальних випробувань ІС та аналіз їх результатів.</p>	Лекція (4 год)	1-12	Дослідження температурних режимів роботи інтегральних мікросхем. (4 год)	15-16 тижні семестру