

**Методичні вказівки**  
**до виконання самостійної роботи з дисципліни**  
**«Моделювання в електроніці»**  
**для студентів спеціальності**  
**171 – «Електроніка»**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки**  
**до виконання самостійної роботи з дисципліни**  
**«Моделювання в електроніці»**  
**для студентів спеціальності**  
**171 – «Електроніка»**

Вінниця  
ВНТУ  
2017

Рекомендовано до друку Методичною Радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № від ..2016 р.)

Рецензенти:

**О. В. Осадчук**, доктор технічних наук, професор

**С. Т. Барась**, кандидат технічних наук, професор

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Моделювання в електроніці» для студентів спеціальності 171 – «Електроніка» / Уклад. Б. П. Книш. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 14 с.

У методичних вказівках розглянуто завдання та алгоритм самостійної роботи студентів на всіх етапах навчального процесу. В основі самостійної роботи лежить програма дисципліни, яка наводиться в даних вказівках. Наведено комплект завдань, які студент може використовувати для самоперевірки.

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

У навчальному процесі взаємопов'язані три види навчального навантаження, які і входять у поняття загальної трудомісткості вивчення дисципліни:

- аудиторна робота у вигляді традиційних форм: лекції, семінари, практичні і лабораторні заняття тощо;
- самостійна робота студентів (СРС);
- контактні години, у рамках яких викладач: надає індивідуальні консультації по ходу виконання завдань; здійснює контроль і оцінює результати цих завдань.

Самостійна робота студентів – це процес активного, цілеспрямованого набуття студентом нових для нього знань і умінь без безпосередньої участі викладачів. СРС повинна бути конкретною за своєю спрямованістю і супроводжуватися ефективним контролем і оцінкою її результатів.

Самостійна робота студента – невід'ємна частина навчальної роботи студента з вивчення дисциплін і курсів, встановлених затвердженим навчальним планом. Вона є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від аудиторних навчальних занять.

Навчальний час, відведений для самостійної роботи студента, регламентується робочим навчальним планом і повинен становити не менше ніж 1/3 та не більше ніж 2/3 від загального обсягу навчального часу студента, відведеного для вивчення конкретної дисципліни. При цьому самостійна робота студента перестає бути допоміжним, другорядним видом навчальної роботи. На самостійне вивчення студентів можуть виноситися цілі теми і розділи дисципліни, що не розглядаються на аудиторних заняттях.

Для організації самостійної роботи перед студентом необхідно чітко поставити мету і завдання навчальної роботи, позначити необхідний результат самостійної роботи і форми контролю отриманих в результаті вивчення дисципліни «Моделювання в електроніці», надавати інформацію про рекомендовані навчальні і навчально-методичні видання.

Для різних дисциплін навчального плану види і форми самостійної роботи, методи вивчення і форми проміжного і підсумкового контролю можуть значно різнитися.

Для реалізації самостійної роботи кожному студентів повинно бути передбачено забезпечення:

- інформаційними ресурсами (довідники, навчальні посібники, навчальні програми, пакети прикладних програм тощо);

- для студентів, що мешкають у гуртожитку, умови в кімнаті самостійної підготовки до занять;
- методичними матеріалами (вказівки, керівництва, практикуми тощо);
- контролюючими матеріалами (екзаменаційні білети, тести тощо);
- матеріальними ресурсами (вимірювальне і технологічне устаткування тощо);
- ресурсами часу;
- консультаціями;
- можливістю публічного обговорення теоретичних або практичних результатів, отриманих студентом самостійно (конференції, олімпіади, конкурси).

Контроль самостійної роботи і оцінка її результатів організовується як єдність двох форм:

- самоконтроль і самооцінка студента;
- контроль і оцінка з боку викладачів, державних екзаменаційних і атестаційних комісій, державних інспекцій тощо.

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА**

У ході самостійної роботи, що планується з кожної навчальної дисципліни, студент може:

- освоїти теоретичний матеріал з дисципліни, що вивчається (освоєння лекційного курсу, а також освоєння окремих тем, окремих питань тем, окремих положень тощо);
- закріпити знання теоретичного матеріалу, використовуючи необхідний інструментарій практичним шляхом (розв'язування задач, виконання розрахунково-графічних робіт (РГР), виконання контрольних робіт, тестів для самоперевірки);
- застосувати отримані знання і практичні навички для аналізу ситуації і вироблення правильного вирішення (підготовка до групової дискусії, підготовлена робота в рамках ділової гри, письмовий аналіз конкретної ситуації, розробка проектів тощо);
- застосувати отримані знання і уміння для формування власної позиції, теорії, моделі (написання випускної, дипломної роботи, науково-дослідної роботи студента).

Самостійну роботу студентів можна розділити на базову і додаткову. Базова самостійна робота (БСР) забезпечує підготовку студента до поточних аудиторних занять і контрольних заходів для всіх дисциплін навчального плану. Результати цієї підготовки виявляються в активності

студента на заняттях і як виконані контрольні роботи, тестові завдання, зроблені доповіді й інші форми поточного контролю.

Базова СРС може містити такі види робіт:

- робота з лекційним матеріалом, що передбачає опрацювання конспекту лекцій і навчальної літератури;
- пошук (підбір) і огляд літератури і електронних джерел інформації з індивідуально заданої проблеми курсу;
- виконання домашнього завдання або домашньої контрольної роботи, що передбачають розв'язування задач, виконання вправ тощо, що видаються на практичних заняттях;
- переклад текстів з іноземних мов;
- вивчення матеріалу, винесеного на самостійне опрацювання;
- практикум з навчальної дисципліни з використанням програмного забезпечення;
- підготовка до лабораторних робіт і до практичних і семінарських занять;
- підготовка до контрольної роботи і колоквіуму;
- підготовка до заліку і атестацій.

Додаткова самостійна робота (ДСР) направлена на поглиблення і закріплення знань студента, розвиток аналітичних навичок з проблематики навчальної дисципліни. ДСР може охоплювати такі види робіт:

- підготовка до модулю, заліку, іспиту;
- виконання розрахунково-графічної роботи;
- виконання курсової роботи або проекту;
- дослідницька робота і участь у наукових студентських конференціях, семінарах і олімпіадах;
- аналіз наукової публікації з наперед визначеної викладачем теми;
- аналіз статистичних і фактичних матеріалів за заданою темою, проведення розрахунків, складання схем і моделей на основі статистичних матеріалів;
- виконання випускної роботи бакалавра, кваліфікаційної роботи магістра або дипломного проекту спеціаліста.

## **КОНТРОЛЬ ВИКОНАННЯ СРС**

Контроль знань і виконання СРС проводиться відповідно до таких форм контролю:

- проведення екзамену;

- проведення заліку;
- тестування;
- колоквіум;
- проведення контрольних (самостійних) робіт;
- письмові опити (або диктанти) з теорії;
- перевірка домашніх завдань;
- прослуховування доповіді з самостійно вивчених тем;
- захист реферату;
- захист комплексу лабораторних робіт;
- захист курсових проектів і курсових робіт;
- перевірка перекладів іноземних текстів.

## **ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**

Методика організації самостійної роботи студентів залежить від структури, характеру і особливостей дисципліни, що вивчається, об'єму годин на її вивчення, виду завдань для самостійної роботи студентів, індивідуальних якостей студентів і умов навчальної діяльності.

Процес організації самостійної роботи студентів включає такі етапи:

- підготовчий (визначення мети, складання програми, підготовка методичного забезпечення, устаткування);
- основний (реалізація програми, використання прийомів пошуку інформації, засвоєння, переробки, застосування, передачі знань, фіксація результатів, самоорганізація процесу роботи);
- завершальний (оцінка значущості і аналіз результатів, їх систематизація, оцінка ефективності програми і прийомів роботи, висновки про напрями оптимізації праці).

Організацію самостійної роботи студентів забезпечує навчальний відділ, деканат факультету, методична комісія факультету, кафедра, викладачі.

Навчальний відділ:

- розробляє нормативну документацію щодо самостійної роботи студентів;
- інформує структурні підрозділи, що забезпечують організацію самостійної роботи студентів, про нормативні документи і рекомендації;
- надає методичну допомогу факультетам і кафедрам щодо організації самостійної роботи студентів.

Деканат факультету:

- розробляє (за пропозиціями кафедр) семестровий графік виконання студентами навчального плану;
- доводить до студентів графік контролю модулів і систему оцінок;
- забезпечує кафедри необхідною документацією (підсумкові і залікові відомості).

Кафедра для забезпечення навчального процесу виконує такі роботи:

- розподіляє матеріал робочої програми дисципліни за модулями;
- розробляє завдання для внутрішньомодульних самостійних робіт, контрольних заходів і встановлює для кожного завдання бальну оцінку;
- протягом першого тижня інформує студентів і деканати факультетів про зміст, тематику і кількість балів за всіма видами робіт і занять, що проводяться в даному семестрі, а також про встановлені терміни звіту за кожним модулем;
- забезпечує контроль організації і якості виконання самостійної роботи студентів;
- визначає бюджет часу студентів (способом визначення бюджету часу студентів є хронометраж часу студентських робіт);
- забезпечує студентів необхідними методичними матеріалами;
- забезпечує студентів переліком інформаційних ресурсів, що підлягають самостійному вивченню;
- забезпечує проведення консультацій;
- інформує студентів про результати рубіжного контролю;
- аналізує ефективність самостійної роботи студентів, вносить корективи з метою активізації і вдосконалення самостійної роботи студентів;
- здійснює моніторинг розвитку навиків самостійної роботи студентів і розробляє рекомендації з їх вдосконалення.

Викладач:

- знайомить студентів із системою форм і методів навчання, науковою організацією праці, методикою самостійної роботи, критеріями оцінки якості виконуваної самостійної роботи, а також із метою, засобами, трудомісткістю, термінами виконання, формами контролю самостійної роботи студентів;
- формує вміння пошуку оптимальних варіантів відповідей та розрахунків;
- розвиває навички роботи з підручником, класичними першоджерелами і сучасною науковою літературою;
- проводить групові і індивідуальні консультації щодо методики самостійної роботи;



- здійснює систематичний контроль виконання студентами графіка самостійної роботи;

- проводить аналіз і дає оцінку роботи.

Бібліотека:

- проводить заняття за поданням відповідної кафедри з бібліотекознавства і бібліографії з метою формування навиків пошуку інформації, її застосування в навчальному процесі, уміння орієнтуватися в довідково-бібліографічному апараті бібліотеки, інформаційних системах і базах даних;

- надає студентам допомогу в організації самостійних занять.

Студент:

- здійснює щоденні заняття самостійною роботою;

- складає графік самостійної роботи з урахуванням розкладу аудиторних занять;

- з метою швидкого пошуку необхідної літератури оволодіває навиками користування каталогами та картотеками бібліотеки

## **ВИМОГИ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

Слід послідовно збільшувати об'єми самостійної роботи від триместру до триместру в міру оволодіння студентами навиками самоосвіти, розширювати використовувані форми самостійної роботи, послідовно переходячи від простих до складніших (виступ на практичному занятті, реферат, курсова робота, дипломна робота).

Постійно підвищувати творчий характер виконуваних робіт, активно включати в них елементи узагальнення практичного досвіду, наукового дослідження. Підсилювати їх самостійний характер.

Викладач повинен постійно управляти самостійною роботою, долати самоплив та недоліки в її організації, здійснювати продуману систему контролю і допомоги студенту на всіх етапах навчання.

## **НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СРС**

Бібліотека забезпечує:

- навчальний процес необхідною літературою і інформацією (комплектує бібліотечний фонд навчальною, методичною, науковою, періодичною, довідковою і художньою літературою відповідно до навчальних планів і програм, зокрема на електронних носіях);

- доступ до основних інформаційних освітніх ресурсів, інформаційної бази даних, зокрема бібліографічної.

Кафедра:

- організовує роботу з комплектування навчальних кабінетів науковою і навчальною літературою, періодичними виданнями, навчальними матеріалами і посібниками, необхідною технікою;

- забезпечує доступність усього необхідного навчально-методичного і довідкового матеріалу;

- розробляє навчально-методичні комплекси, програми, посібники, матеріали, підручники, методичні рекомендації, завдання для самостійної роботи, теми рефератів і доповідей, теми курсових робіт і проектів та методичні рекомендації до їх виконання, теми кваліфікаційних робіт і методичні рекомендації до їх виконання, питання до екзаменів і заліків, зразки оформлення індивідуальних завдань, інструкції і методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, триместрових завдань тощо.

Інформаційно-обчислювальний центр забезпечує інформаційну підтримку навчального процесу.

Редакційно-видавничий відділ задовольняє потреби вищого навчального закладу у тиражуванні методичної, навчальної, наукової літератури.

Відповідно до навчального плану обсяг самостійної роботи студента з дисципліни «Моделювання в електроніці» становить 66 годин, а конкретний зміст цієї роботи визначається навчальною програмою дисципліни, методичними матеріалами, завданнями та вказівками викладача. Матеріал дисципліни, передбачений для самостійного опрацювання, виноситься на поточний та підсумковий контроль знань студентів паралельно з навчальним матеріалом, засвоєним під час відвідування аудиторних занять.

## **ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Мета викладання навчальної дисципліни – формування у студентів ґрунтовних знань щодо визначення принципів побудови та застосування математичних моделей електронних приладів, процесів в них, технологічних процесів їх виготовлення.

Основними задачами вивчення дисципліни є засвоєння студентами принципів та методів моделювання напівпровідникових приладів та

інтегральних схем, основних рівнянь, які описують технологічні процеси виготовлення напівпровідникових приладів та інтегральних схем і фізичних процесів, що протікають при роботі приладу чи інтегральної схеми. В рамках курсу передбачається проведення лабораторних занять, на яких студенти отримують досвід роботи з моделюючими програмами та безпосередньо приймають участь в розробці нескладних чисельних моделей.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

- знати задачі моделювання, класифікації та ієрархії моделей, методи та алгоритми аналізу математичних моделей, методи синтезу та оптимізації в математичному моделюванні, методи прийняття вирішень в умовах невизначеності, моделі визначених напівпровідникових приладів та пристроїв, технологічних процесів та фізичних процесів, що протікають при роботі певного мікроелектронного пристрою;

- вміти визначати задачу моделювання, складати відповідну математичну модель із заданими параметрами моделювання, виконувати необхідні види аналізу та оптимізації моделей, використовувати всі отримані теоретичні знання для їх практичного застосування при здійсненні практичного моделювання напівпровідникових приладів, мікроелектронних пристроїв, фізичних та технологічних процесів в умовах сучасного мікроелектронного виробництва.

Поточний та підсумковий контроль знань студентів проводиться шляхом фронтального, індивідуального чи комбінованого опитування студентів під час лабораторних занять, контрольних робіт, колоквиумів, тестування, заліку.

На позааудиторну роботу виноситься вивчення окремих проблем дисципліни, підготовка до лабораторних занять, колоквиумів, тестування, заліку та виконання індивідуальних науково-дослідних завдань.

## **ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Змістовий модуль 1. Загальні поняття моделювання**

#### **Тема 1. Вступ**

Моделювання. Основні терміни та означення. Види та методи аналізу електронних об'єктів.

#### **Тема 2. Сучасні засоби моделювання**

Огляд існуючих пакетів моделювання. Основні роботи в Capture. Бібліотеки та компоненти. Зв'язок з іншими підпрограмами пакету OrCAD.

Основні поняття та терміни, алгоритм моделювання в PSpice. Основи роботи у LayOut. Загальні відомості про програму Model Editor. Загальні відомості про редактор сигналів Stimulus.

### **Тема 3. Базові принципи моделювання електронних схем**

Використання теореми Тевеніна. Використання теореми Нортон. Моделювання кіл з двома джерелами сигналів. Моделювання чутливості за постійним струмом. Макроси. Цільові функції.

### **Тема 4. Моделі найпростіших компонентів**

Загальна структура опису моделі елемента. Імена типів елементів. Суфікси для масштабування номіналів елементів. Опис моделі резисторів. Опис моделі конденсаторів та індуктивностей. Модель взаємної індуктивності. Модель магнітного осердя трансформатора. Модель лінії передач без втрат. Модель лінії передач з втратами. модель зв'язаних ліній передачі. Моделі електронних ключів.

## **Змістовий модуль 2. Моделі компонентів електронної техніки**

### **Тема 5. Моделі транзисторів**

T-подібна модель транзистора. Модель Еберса-Мола. Модель Гуменя-Пуна. Моделі польового транзистора. Просторова ємнісна модель. Модель Шихмана-Ходжеса. Основні параметри моделей транзисторів.

### **Тема 6. Моделі джерел сигналів**

Загальний огляд незалежних джерел сигналів. Модель джерела сигналу експоненційної функції. Модель джерела сигналу імпульсної функції. Модель джерела сигналу кусково-лінійної функції. Модель джерела сигналу синусоїдальної функції. Модель джерела сигналу синусоїдальної функції з частотною модуляцією. Залежні джерела сигналів.

### **Тема 7. Загальні поняття моделювання цифрових пристроїв**

Загальні відомості про моделі цифрових компонентів. Логічні рівні. Пристрої інтерфейсу. Розщеплення вузлів. Модель аналого-цифрового інтерфейсу. Модель цифроаналогового інтерфейсу. Модель вхід/вихід. Моделі динаміки цифрових компонентів.

### **Тема 8. Моделі цифрових компонентів**

Модель багаторозрядного аналого-цифрового перетворювача. Модель багаторозрядного цифроаналогового перетворювача. Моделі логічних вентилів. Моделі тригерів. Модель програмованої логічної матриці.

## **ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ**

**Тема 1.** Створення та редагування електричної принципової схеми в OrCAD Capture.

**Тема 2.** Створення бібліотек та редагування електричної принципової схеми.

**Тема 3.** Моделювання перехідних процесів та параметричний аналіз схем.

**Тема 4.** Моделювання амплітудно-частотних характеристик, температурний аналіз схем.

**Тема 5.** Основи моделювання в Pspice.

**Тема 6.** Створення плати та налаштування її параметрів.

**Тема 7.** Розміщення компонентів на платі.

**Тема 8.** Доведення плати, усунення виявлених порушень.

### **ПЕРЕЛІК ТЕМ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ**

1. Розробка системи моделювання електронного приладу.
2. Розробка моделі пасивного приладу.
3. Розробка моделі діода.
4. Розробка моделі біполярного транзистора.
5. Розробка моделі польового транзистора.
6. Розробка моделі фізичного процесу в електронному приладі.
7. Розробка моделі технологічного процесу виготовлення приладів.
8. Аналіз фізичних та електричних моделей напівпровідникових приладів в професійному пакеті PSpice.
9. Засвоєння основних засад математичного моделювання технологічних процесів виготовлення напівпровідникових приладів.

### **ПРИКЛАД ПИТАНЬ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Мови опису електронних схем.
2. Модель джерела сигналу імпульсної функції.
3. Модель джерела сигналу кусково-лінійної функції.
4. Модель джерела сигналу синусоїдальної функції.
5. Модель джерела сигналу синусоїдальної функції з частотною модуляцією.
6. Поліноміальні залежні джерела сигналів.
7. Моделювання джерела напруги, що керується напругою.
8. Моделювання джерела напруги, що керується струмом.
9. Основні директиви PSpice.

10. Моделі діодів.
11. Використання нестандартних джерел сигналів.

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Семеренко М. М. Автоматизоване моделювання елементів електронної техніки / М. М. Семеренко. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 85 с.
2. Кеон Д. OrCAD Pspice / Д. Кеон. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 640 с.
3. Норенков И. П. САПР в радиоэлектронике / И. П. Норенков. – М. : Радио и связь, 2002. – 480 с.
4. Осадчук О. В. Проектування цифрових пристроїв на основі САПР QUARTUS II / О. В. Осадчук, В. Л. Кофанов, Д. В. Гаврілов. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 163 с.
5. Осадчук О.В. Лабораторний практикум з дослідження цифрових пристроїв на основі САПР MAX+PLUSII / О. В. Осадчук, В. Л. Кофанов, Д. В. Гаврілов. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 200 с.
6. Осадчук О.В. Основи комп'ютерного проектування та моделювання РЕА / О. В. Осадчук, О. С. Звягін, Д. В. Гаврілов – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 99 с.
7. Болотовский Ю. С. OrCAD. Моделирование. «Поваренная» книга / Ю. С. Болотовский. – М. : Солон-Пресс, 2013. – 200 с.
8. Смирнов Ю. А. Электронные и микропроцессорные системы управления / Ю. А. Смирнов, А. В. Муханов. – М. : Лань, 2012. – 624 с.
9. Кузнецова С. А. OrCad 10. Проектирование печатных плат / С. А. Кузнецова, А. В. Нестеренко, А. О. Афанасьев. – М. : Телеком, 2005. – 454 с.

*Навчальне видання*

Методичні вказівки  
до виконання самостійної роботи  
з дисципліни «Моделювання в електроніці» для студентів  
спеціальності 171 – «Електроніка»

Редактор В. Дружиніна  
Коректор  
Укладачі: Книш Богдан Петрович

Оригінал-макет підготовлено Б. Книшом

Підписано до друку .....  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. ....  
Наклад ... пр. Зам. № 2017-

Вінницький національний технічний університет,  
навчально-методичний відділ ВНТУ.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, к. 2201.  
Тел. (0432) 59-87-36.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.  
publish.vntu.edu.ua; email: kivc.vntu@gmail.com.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.