Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

Електроніка. Цифрова схемотехніка
обов'язковий освітній компонент
І (бакалаврський) рівень вищої освіти

Освітня програма **Біомедична інженерія**
Спеціальність **163 Біомедична інженерія**
Викладач: **Карась О. В.**, д-р філос., ст. викладач
Мови викладання: **українська**
Семестр – **5**
Кредитів ЄКТС – **6**
Лекції – **45 год.**
Лабораторні роботи – **27 год.**
Практичні роботи – **9 год.**
Курсовий проєкт – **60 год.**
Самостійна робота – **39 год.**
Вид контролю – **екзамен**

Передумови для вивчення: дисципліна «Електроніка. Цифрова схемотехніка» базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні дисциплін «Електроніка. Електронні прилади. Аналогова схемотехніка». Ця дисципліна безпосередньо пов'язана і передує вивченню освітніх компонентів «Вимірювальні перетворювачі і датчики для медико-технічних систем», «Нанотехнології в біології та медицині» та «Виробнича практика».

Мета курсу викладання навчальної дисципліни полягає у вивченні фізичних та логічних принципів побудови електронних схем на цифрових елементах та їх використання в медичних апаратах і системах. Вивчення дисципліни «Електроніка. Цифрова схемотехніка» дає студентам необхідну теоретичну та практичну підготовку для освоєння типових технічних засобів сучасної медичної техніки.

Компетентності

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК10. Навики здійснення безпечної діяльності.

ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК12. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина України.

ЗК13. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

ЗК14. Здатність дотримуватись принципів академічної доброчесності під час навчання та в подальшій професійній діяльності.

СК1. Здатність застосовувати пакети інженерного програмного забезпечення для проведення досліджень, аналізу, обробки та представлення результатів, а також для автоматизованого проектування медичних приладів та систем.

СК3. Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проектування та оптимізації медичних приладів і систем.

СК4. Здатність забезпечувати технічні та функціональні характеристики систем і засобів, що використовуються в медицині та біології (при профілактиці, діагностиці, лікуванні та реабілітації).

СК7. Здатність планувати, проектувати, розробляти, встановлювати, експлуатувати, підтримувати, технічно обслуговувати, контролювати і координувати ремонт приладів, обладнання та системи для профілактики, діагностики, лікування і реабілітації, що використовується в лікарнях і науково-дослідних інститутах.

СК10. Здатність застосовувати принципи побудови сучасних автоматизованих систем управління виробництвом медичних приладів, їх технічне, алгоритмічне,інформаційне і програмне забезпечення.

СК11. Здатність застосовувати інформаційні технології, комп'ютерну, мікроконтролерну техніку та сенсорні системи для розробки та експлуатації медичної апаратури та медичних інформаційних систем.

Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблемиу біомедичній інженерії або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів хімічної, біологічної та медичної інженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов

Програмні результати навчання

ПРН 1. Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів,

властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів і зображень, автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.

ПРН 2. Формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки, експлуатації та впровадженні біотехнічних, медико-технічних та біоінженерних засобів і методів.

ПРН 5. Вміти використовувати бази даних, математичне і програмне забезпечення для обробки даних та комп'ютерного моделювання біотехнічних систем.

ПРН 6. Вміти спілкуватися з професіоналами в області охорони здоров'я державною та іноземною (англійською або однією з інших офіційних мов ЄС) мовами та розуміти їхні вимоги до біомедичних продуктів і послуг.

ПРН 7. Здійснювати інженерний супровід, сервісне та інше технічне обслуговування при експлуатації лабораторно-аналітичної техніки, медичних діагностичних і терапевтичних комплексів та систем, а також оформляти типову документацію за видами робіт згідно з Технічним регламентом щодо медичнихвиробів.

ПРН 10. Вміти планувати, організовувати, направляти і контролювати медико-технічні та біоінженерні системи і процеси.

ПРН 17. Вміти використовувати системи автоматизованого проектування для розробки технологічної та апаратної схеми медичних приладів та систем.

ПРН 19. Розробляти програмне забезпечення комп'ютерної та мікроконтролерної техніки для обслуговування медичної апаратури та медичних інформаційних систем.

Тематика курсу

Змістовий модуль 1. Основи цифрової схемотехніки.

Тема 1. Вступ. Арифметичні основи ЦП

Завдання і складові частини дисципліни. Літературні джерела та методика вивчення курсу і самостійного виконання завдань, включаючи комп'ютерну частинулабораторних завдань.

Дискретизація і квантування аналогових сигналів, цифрові сигнали. Дискретизація перехідних процесів, підрахунок швидкодії. Складники цифрової техніки: елементи, пристрої, вузли. Два типи ЦП: комбінаційні (ЦКП) і 6сно6ентильног (ЦПП).

Системи числення (СЧ). Перетворення чисел між десятковою, двійковою та шістнадцятковою СЧ, спрощення перетворень між СЧ. Арифметичні коди

зображення чисел зі знаком: прямий, обернений і доповняльний. Двоїстість зображення чисел у ЦП. Одиниці кількості цифрової інформації, машинне слово. Двійкова арифметика, алгебричне додавання в двійковій СЧ. Принципи виконання операції множення.

Цифрові коди. Різновиди ДДК. Правила алгебричного додавання в системі ДДК8421. Циклічний код Ґрея. Завадостійкі коди з виявленням помилок, поняття про коди з виправленням помилок.

Форми зображення чисел з нерухомою і рухомою комою. Особливості двійкової арифметики над числами з рухомою комою.

Тема 2. Логічні елементи.

Основні логічні функції (ЛФ). Логічні елементи (ЛЕ) в пристроях формування імпульсів; детектори фронтів, вибір активного перепаду сигналів у МК.

Групи й шини; одновимірні, послідовні та двовимірні групи; зображення масивів та їх елементів у графічних і текстових редакторах. Поняття про складники бібліотеки елементної бази ЦП: примітиви, макрофункції, мегафункції та символи. Різновиди ЛЕ в бібліотеці САПР: примітиви, стандартні і спеціалізовані макрофункції ЛЕ, мегафункції ЛЕ.

Тема 3. Математичні основи аналізу і синтезу ЦП.

Основи алгебри логіки. Базис. Стандартні форми ЛФ. Структурні формули ЛФ. Мінімізація ЛФ у графічний спосіб. Мінімізація частково визначених ЛФ. Синтез комбінаційних логічних схем у поширених базисах. Поняття про машинні методи мінімізації ЛФ, схемну мінімізацію та спільну реалізацію сукупності ЛФ. Редукція в найпростішій формі.

Елементи технічного проектування. Оптимізація за критеріями швидкодії і складності; глибина реалізації. Врахування коефіцієнтів об’єднання і розгалуження. Аналіз та усунення небезпечних змагань сигналів.

Тема 4. Тригери. Основні поняття схемотехніки тригерів.

Тригери. Основні поняття схемотехніки тригерів. Загальна структура та класифікація. Синтез асинхронних тригерів. Синхронізація рівнем (статичні тригери). Синхронізація фронтом (динамічні тригери). Однофазна, двофазна та багатофазна синхронізація. Синтез синхронних тригерів. Одноступеневі та двоступеневі тригери. Швидкодія тригерів.

Тема 5. Регістри. Загальна характеристика регістрів.

Регістри. Загальна характеристика регістрів. Регістри фіксатори. Способи запису інформації в регістри. Послідовні та паралельні регістри. Способи зчитування інформації в регістрах.

Реалізація арифметичних, логічних та циклічних зсувів. Логічні операції в регістрах. Основні області застосування регістрів в комп’ютерах.

Тема 6. Лічильники. Загальна характеристика лічильників.

Лічильники. Загальна характеристика лічильників. Прості та реверсивні лічильники. Основні параметри лічильників. Десяткові лічильники. Лічильники з одиничним кодуванням. Основні області застосування лічильників в цифрових пристроях.

Тема 7. Дешифратори. Загальна характеристика дешифраторів.

Дешифратори. Загальна характеристика дешифраторів. Лінійні, пірамідальні, матричні та багатоступеневі дешифратори. Каскадування дешифраторів. Шифратори. Загальна характеристика шифраторів. Шифратори клавіатури. Пріоритетні шифратори. Каскадування шифраторів.

Тема 8. Мультиплексори та демультиплексори.

Мультиплексори та демультиплексори. Загальна характеристика мультиплексорів та демультиплексорів. Використання мультиплексорів та демультиплексорів медичній апаратурі

Тема 9. Цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП).

Принципи побудови ЦАП. ЦАП на основі матриці зважених опорів і матриці сталого опору R – 2R. Статичні і динамічні параметри ЦАП. Типові ІС ЦАП. Реалізація ЦАП на основі ШІМ.

Змістовий модуль 2. Синтез цифрових схем та пристроїв

Тема 10. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП).

Означення, принцип побудови, параметри і похибки АЦП. Структури АЦП послідовного типу (розгортального, стежного і порозрядного зрівноваження), з двотактним інтегруванням, паралельного та комбінованого типу. Типові ІС АЦП.

Тема 11. НВІС програмовної структури (ПЛІС).

Означення, класифікація, параметри ПЛІС. Програмовні елементи ПЛІС, принцип побудови програмовних логічних матриць (ПЛМ). ПЛІС з електричним стиранням (EPLD), архітектура, основні вузли, ієрархія структурних одиниць. ПЛІС із тригерною пам’яттю конфігурації (FPGA), архітектура, основні вузли, ієрархія структурних одиниць.

Програмування та конфігурування ПЛІС, інтерфейс JTAG, схеми програмування і конфігурування, різновиди 8сно8ентильног.

Тема 12. Синтез схем на логічних елементах за заданими умовами.

Методи спрощення ДДНФ та ДКНФ функцій. Розрахунок логічних схем. Розрахунок схеми контролю парності, мажоритарної схеми, схеми порівняння, порогової схеми.

Тема 13. Пристрої комбінаційного типу.

Пристрої комбінаційного типу. Принцип побудови інтегрального

лінійного дешифратора. Принцип побудови інтегрального пірамідального дешифратора. Принцип побудови інтегрального шифратора. Принцип побудови інтегрального суматора. Принцип побудови і функціонування елемента «Виключаюче АБО». Схеми напівсуматорів.

Тема 14. Принципи побудови інтегрального мультиплексора та арифметичних пристроїв.

Півсуматор, суматор, 9сно9ентильного9 суматор. Макрофункції суматорів, мегафункція суматора-віднімача. Двійкові помножувачі. Спеціалізовані макрофункції помножувачів, мегафункції помножувача і двійкового подільника.

Цифрові компаратори. Макрофункції та мегафункція компараторів. Арифметико-логічні пристрої (АЛП). АЛП як основа операційного блоку МК. Макрофункції АЛП. Порогові та мажоритарні елементи, застосування арифметичних пристроїв для їх побудови.

Тема 15. Синтез пристроїв послідовністного типу.

Бістабильна комірка. RS-тригер в інтегральному виконанні. RST-тригер в інтегральному виконанні. T-тригер в інтегральному виконанні. JK-тригер в інтегральному виконанні. D-тригер в інтегральному виконанні.

Тема 16. Принцип побудови інтегральних регістрів.

Паралельний регістр на тактуємих Dтригерах. Послідовний регістр на тактуємих D-тригерах. Принцип функціонування універсального регістра.

Тема 17. Інтегральні лічильники.

Синтез паралельних лічильників з довільним модулем лічби на тригерах. Перетворення двійкових лічильників у лічильники з довільним модулем лічби. Двійково-десяткові (декадні) лічильники. Стандартні та спеціалізовані макрофункції декадних лічильників; універсальна мегафункція лічильника; спеціалізовані макрофункції декадних лічильників з додатковими функціями: з вихідним регістром, з трьома станами виходу, з дешифратором 9сно9ентильного9 коду; спеціалізована макрофункція лічильника в коді Ґрея.

Подільники частоти і цифрові таймери; макрофункції подільників частоти і цифрових таймерів. Методика аналізу ЦПП на прикладі 9сно9ентильного подільника частоти.

Тема 18. Запам’ятовувальні пристрої.

Означення, класифікація, параметри та організація напівпровідникових запам’ятовувальних пристроїв (ЗП). Постійні ЗП (ПЗП), репрограмовні ПЗП (РПЗП), РПЗП з електричним стиранням (РПЗПЕС, EEPROM), Flash-пам’ять. Надоперативні ЗП (НОЗП), регістровий файл. Оперативні ЗП (ОЗП), статичні ОЗП (СОЗП, SRAM), динамічні ОЗП (ДОЗП, DRAM).

Вбудовані в ПЛІС блоки пам’яті. Мегафункції ПЗП та ОЗП. Використання

ЗП для синтезу логічних схем.

Теми практичних занять

1. Логічні функції. Форми та способи представлення, властивості
2. Дослідження характеристик логічних елементів на комплементарних
3. МОН-транзисторах
4. Аналіз та синтез комбінаційних логічних схем
5. Створення динамічної моделі цифрової схеми засобами Quartus
6. Методика синтезу тригерів. Практичні схеми перетворення тригерів
7. Реалізація регістрів
8. Розрахунок імпульсних генераторів
9. Застосування та розрахунок лічильників
10. НВІС програмованої структури

Теми лабораторних робіт

1. Логічні елементи.
2. Математичні основи аналізу і синтезу ЦП.
3. Перетворювачі кодів
4. Комутатори сигналів
5. Арифметичні пристрої.
6. Тригери.
7. Регістри.
8. Лічильники.
9. НВІС програмованої структури

Індивідуальні завдання

Під час вивчення дисципліни студенти готують доповіді, презентації, есеї, виконують індивідуальні домашні завдання. Крім того, за рішенням кафедри та за узгодженням з науковим керівником студенти готують доповіді на щорічну науково-технічну конференцію підрозділів ВНТУ.

Згідно з робочим навчальним планом за індивідуальними завданнями студентами виконується курсовий проєкт, який присвячена питанням розробки схем цифрових пристроїв, освоєння правил застосування сучасної елементної бази та правил оформлення належної конструкторської документації, враховуючи особливості застосування цифрових мікросхем. Практична частина курсової роботи містить розробка схеми електричної принципової лічильного пристрою. До складу запропонованого лічильного пристрою входять вузли, які часто зустрічаються в практиці проектування сучасних електронних засобів, що дозволяє виявити глибину засвоєння відповідних теоретичних курсів та знайомить студентів із сучасною елементною базою цифрових схем, правилами її застосування, особливостями розробки відповідної технічної документації.

Теми курсових робіт затверджуються на засіданні кафедри БМІОЕС.

На виконання курсового проєкту відводиться 60 годин, 2 кредити ECTS.

Форми контролю

Поточний контроль здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань студентів під час лабораторних, лекційних занять, модульний контроль – тестування, колоквіум, підсумковий контроль – екзамен.

Оцінювання результатів навчання

Вид робіт	Модуль	
	1	2
1. Виконання лабораторних завдань / 1 завдання	15 / 5	12 / 4
2. Виконання практичних завдань / 1 завдання	8 / 4	10/ 5
2. Колоквіум	12 / 12	12 / 12
3. Виконання завдань з СРС	3	3
Балів за модулями	38	37
Іспит	25	
Всього	100	

Розподіл балів за курсовий проєкт

Пояснювальна записка (оцінюються результати проектування та їх оформлення)	Ілюстративна частина	Захист проєкту	Сума
50	10	40	100

Шкала відповідності оцінок та балів

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90 – 100	**A**
82 – 89	**B**
75 – 81	**C**
64 – 74	**D**
60 – 63	**E**
35 – 59	**FX** (незадовільно з можливістю повторного складання)
0 – 34	**F** (незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни)

Політика курсу

Викладач та всі учасники освітнього процесу з дисципліни зобов'язані дотримуватися тих морально-етичних норм, які викладені у Кодексі етики ВНТУ, Положення про академічну доброчесність у ВНТУ, Положення про рейтингову систему оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти у Вінницькому національному технічному університеті і розуміють, що за порушення викладених у положеннях принципів учасники освітнього процесу несуть повну особисту відповідальність.

Базові інформаційні ресурси

1. Гаврілов Д.В., Кофанов В. Л., Осадчук О.В. Проектування цифрових пристроїв на основі САПР Quartus II: Практикум. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця,2009. – 164 с.
2. Гаврілов Д.В., Кофанов В. Л., Осадчук О.В. Лабораторний практикум з дослідження цифрових пристроїв на основі САПР Max+PLUS II: Лабораторний практикум. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 200 с.
3. Кофанов В. Л. Математичні та схемотехнічні основи цифрових пристроїв: Навч. посібник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 165 с.
4. Електроніка і мікросхемотехніка: У 4-х т. Том 3. Цифрові пристрої: Підручник / За ред. В.І. Сенька. – К.: Каравела, 2008. – 400 с. – ISBN 978-966-96076- 7-6.
5. Maini, Anil K. Digital electronics: principles, devices and applications JohnWiley & Sons 2007. -ISBN: 978-0-470-03214-5.
6. Ndjountche, Tertulien. Digital Electronics 1: Combinational Logic Circuits Vol. 1. – John Wiley & Sons. - 2016. - ISBN: 978-1-848-21984-7.
7. Ndjountche, Tertulien. Digital Electronics 2: Sequential and Arithmetic LogicCircuits Vol. 2. - John Wiley & Sons. – 2016. - ISBN: 978-1-848-21985-4.
8. Ndjountche, Tertulien. Digital Electronics 3: Finite-state Machines. Vol. 3. - John Wiley & Sons. – 2016. - ISBN: 978-1-848-21986-1.
9. Birtwistle, Graham, and Alan Davis, (eds). Asynchronous digital circuit design.- Springer Science & Business Media. – 2013. - ISBN 978-1-4471-3575-3.
10. Лебедєв О. М., Ладик О. І. Цифрова схемотехніка: Навчальний посібник. - К.: Арістей. – 2005. - ISBN 966-8458-77-X.
11. В. М. Максимович Цифрова схемотехніка. Елементи дискретних пристроїв інформаційно-комунікативних систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник / В. М. Максимович, А. Я. Горпенюк, Ю. М. Костів, Н. М. Лужецька ; НУ "Львівська політехніка". – Електрон. текст. дані. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2015.
12. Білинський, Й. Й. Цифрова схемотехніка [Електронний ресурс] : електронно-обчислювальні пристрої : навчальний посібник / Й. Й. Білинський, Б. П. Книш ; ВНТУ. – Електронні текстові дані. – Вінниця : ВНТУ, 2021.
13. Рябенький, В. М. Цифрова схемотехніка [Текст] : навчальний посібник / В. М. Рябенький, В. Я. Жуйков, В. Д. Гулий. – Львів : Новий Світ - 2000, 2018.

– 736 с.