

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**

Фізико-технічний факультет  
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Біомедична електроніка**

Рівень вищої освіти – третій (освітньо-науковий) рівень вищої освіти

Освітньо-наукова програма «Електроніка»

Спеціальність 171 Електроніка

Галузь знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 12 від 30 червня 2023 р.

Івано-Франківськ – 2023 рік

<b>1. Загальна інформація</b>	
<b>Назва дисципліни</b>	Біомедична електроніка
<b>Викладач (-і)</b>	старший викладач, кандидат технічних наук Котик Михайло Васильович
<b>Контактний телефон викладача</b>	0342596007
<b>E-mail викладача</b>	mykhaylo.kotyk@pnu.edu.ua
<b>Формат дисципліни</b>	Очний, дистанційний
<b>Обсяг дисципліни</b>	3 кредитів ЄКТС, 90 год.
<b>Посилання на сайт дистанційного навчання</b>	<a href="https://d-learn.pnu.edu.ua/">https://d-learn.pnu.edu.ua/</a>
<b>Консультації</b>	відповідно до графіку індивідуальних консультацій, який розміщений на інформаційному стенді кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки
<b>2. Анотація до навчальної дисципліни</b>	
<p>Дисципліна "Біомедична електроніка" входить до переліку вибірових навчальних дисциплін циклу професійної підготовки за освітнім рівнем "Доктор філософії", які пропонуються в рамках циклу професійної підготовки аспірантів за освітньо-науковою програмою "Електроніка". Дисципліна спрямована на формування у аспірантів науково-дослідницьких та професійно-орієнтованих компетенцій у сфері біомедичної електроніки.</p> <p>Предметом вивчення дисципліни є основні принципи, методи та технології, що застосовуються для створення та оптимізації біомедичних електронних систем та пристроїв. Особлива увага приділяється вивченню КМОН-технологій та їх застосуванню у біомедичній сфері, зокрема, для створення інтегральних сенсорних пристроїв, мікросистем-на-кристали та інших біомедичних пристроїв. КМОН-структури та КНІ КМОН використовуються через їх енергоєфективність, високу швидкість, радіаційну стійкість та широкий температурний діапазон роботи. Курс "Біомедична електроніка" орієнтований на вивчення схмотехнічних рішень, що базуються на КМОН-технологіях, для створення ефективних та надійних біомедичних систем. Аспіранти отримають знання з проектування біомедичних систем на різних ієрархічних рівнях, включаючи високий функціонально-логічний рівень та рівень КМОН-транзисторів. Для проектування, дослідження та моделювання біомедичних систем використовуються сучасні САПР, такі як LT Spice та Microwind.</p> <p>Силабус навчальної дисципліни "Біомедична електроніка" складений відповідно до освітньо-наукової програми "Електроніка" з підготовки докторів філософії спеціальності 171 "Електроніка" галузі знань 17 "Електроніка, автоматизація та електронні комунікації".</p>	
<b>3. Мета та цілі навчальної дисципліни</b>	
<p>Мета курсу "Біомедична електроніка" полягає у формуванні у аспірантів практичних навичок комп'ютерного проектування та моделювання біомедичних пристроїв та систем, зокрема, на основі сучасних технологій і методів обробки біомедичних сигналів. Курс передбачає використання САПР як інструментарію для інтерактивних досліджень у процесі створення та оптимізації біомедичних систем для забезпечення оволодіння аспірантами компетентностями відповідно до третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти та вимог восьмого кваліфікаційного рівня Національної рамки кваліфікацій.</p>	

Особливістю даного курсу є акцент на практичні навички у сфері біомедичної електроніки, необхідні для проектування інтегральних сенсорних пристроїв, систем моніторингу здоров'я, а також для інтеграції біомедичних датчиків у медичні пристрої та системи.

Завданням дисципліни “Біомедична електроніка” є сформулювати у аспірантів науково-дослідницькі підходи щодо дослідження та проектування біомедичних систем на основі сучасних технологій та методів обробки біомедичних сигналів. Для цього в курсі розглядається **наступна тематика:**

- питання взаємозв'язку функціонально-логічних схем з їх біомедичними аналогами;
- питання взаємозв'язку біомедичних датчиків та їх інтеграції в медичні системи;
- конструктивно-технологічні аспекти формування біомедичних пристроїв;
- правила і норми проектування та стандартизації біомедичних систем;
- САПР як інструмент для дослідження та оптимізації біомедичних систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

**знати:**

- основи проектування та моделювання біомедичних пристроїв та систем;
- базові принципи роботи біомедичних датчиків та їх інтеграції в медичні системи;
- базові правила та норми проектування біомедичних систем;
- підходи щодо дослідження та оптимізації біомедичних систем у САПР.

**вміти:**

- проектувати базові біомедичні пристрої та системи на схемотехнічному рівні;
- досліджувати, моделювати і проводити параметричну оптимізацію біомедичних систем у САПР;
- досліджувати вплив конструктивних параметрів на ефективність біомедичних пристроїв;
- досліджувати і моделювати електричні та біомедичні характеристики систем.

#### **4. Програмні компетентності та результати навчання**

**ІК.** Розробка нових ідей та рішення складних проблем у сфері біомедичної електроніки.

**ЗКЗ.** Здатність працювати в міжнародному контексті, включаючи співпрацю з міжнародними науково-дослідницькими центрами.

**СК2.** Дотримання етичних норм та академічної доброчесності у наукових дослідженнях.

**СК6.** Використання сучасних педагогічних підходів та ІТ у науково-педагогічній діяльності.

**СК9.** Постійний саморозвиток та самовдосконалення у професійній сфері.

**СК10.** Вибір та використання ефективних систем автоматизованого проектування в біомедичній електроніці.

**БК1.** Розуміння основ анатомії, фізіології та патології для розробки ефективних біомедичних систем.

**БК2.** Здатність інтегрувати біомедичні датчики та системи з існуючими медичними технологіями.

**БК3.** Розробка та впровадження алгоритмів обробки біомедичних сигналів.

**БК4.** Застосування нормативно-правових стандартів та принципів безпеки при розробці біомедичних пристроїв.

**ПРН2.** Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефхівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми електроніки державною та іноземною

мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.

**ПРН3.** Продувати, формулювати і перевіряти гіпотези, використовувати для обґрунтування висновків належні докази та аргументи, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень, математичного та комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

**ПРН6.** Планувати, організовувати роботу та керувати проектами в галузі наукових досліджень, розробки, аналізу, розрахунку, моделювання, виробництва та тестування електронних пристроїв та систем.

**ПРН7.** Організовувати та керувати дослідницькою, інноваційною та інвестиційною діяльністю, бізнес-проектами та виробничими процесами з урахуванням технологічних показників, вимог ринку, існуючих стандартів, конкурентоспроможності наукової та інженерної продукції, прав інтелектуальної власності, правил професійної етики та академічної доброчесності.

**ПРН10.** Здійснювати критичний аналіз та застосовувати знання, вміння і наукові досягнення для розв'язування задач синтезу та аналізу елементів та систем в галузі електроніки та суміжних галузях, знаходити засоби розв'язання проблем і прогнозувати майбутні наслідки прийнятих рішень.

### 5. Організація навчання

#### Обсяг навчальної дисципліни

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	10
<b>лабораторні</b>	20
самостійна робота	60

#### Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
3	171 Електроніка	2	вибірковий

#### Тематика навчальної дисципліни

Тема	Кількість год		
	Лекції	Лаб. заняття	Сам. роб.
<b>Тема 1.</b> Вступ до біомедичної електроніки. Огляд біомедичних пристроїв та систем. Роль САПР у біомедичній електроніці. Основи КМОН-технологій у біомедичній електроніці. Властивості КМОН-структур. Застосування КМОН-технологій у біомедичних пристроях.	2		7
<b>Тема 2.</b> Проектування біомедичних датчиків з використанням САПР LT Spice. Основи роботи в LT Spice. Моделювання біомедичних датчиків. Аналіз та оптимізація біомедичних систем у LT Spice. Основи роботи в LT Spice. Параметрична оптимізація	2		7

біомедичних систем.			
<b>Тема 3.</b> Топологічне проектування КМОН ІС у біомедичних системах. Правила та норми проектування топологій. Проектування топологій у САПР Microwind.	2		7
<b>Тема 4.</b> Інтеграція біомедичних датчиків у медичні системи. Принципи інтеграції. Використання САПР для моделювання біомедичних систем. Конструктивно-технологічні аспекти формування біомедичних пристроїв. Основи технологій виготовлення біомедичних пристроїв. Аналіз та оптимізація конструктивних параметрів у САПР.	2		7
<b>Тема 5.</b> Етика, стандартизація та сертифікація біомедичних систем. Етичні аспекти розробки біомедичних пристроїв. Стандарти та сертифікація в біомедичній електроніці.	2		7
<b>Лабораторна робота №1.</b> Практичне знайомство з САПР LT Spice		4	5
<b>Лабораторна робота №2.</b> Моделювання біомедичних інтегральних сенсорів у LT Spice.		4	5
<b>Лабораторна робота №3.</b> Оптимізація параметрів біомедичних систем у LT Spice.		4	5
<b>Лабораторна робота №4.</b> Інтеграція біомедичних інтегральних сенсорів у медичні системи за допомогою САПР.		4	5
<b>Лабораторна робота №5.</b> Аналіз та оптимізація конструктивних параметрів інтегральних елементів біомедичних пристроїв у Microwind.		4	5
<b>ЗАГ:</b>	10	20	60
<b>6. Система оцінювання навчальної дисципліни</b>			
Загальна система оцінювання курсу	<i>Поточний контроль</i> здійснюється під час проведення лекційних, лабораторних, індивідуальних занять і має на меті перевірку знань аспірантів з окремих тем навчальної дисципліни та рівня їх підготовленості до виконання конкретної роботи. Оцінки у національній шкалі («відмінно» - 5, «добре» - 4, «задовільно» - 3, «незадовільно» - 2), отримані аспірантами, виставляються		

	<p>у журналах обліку відвідування та успішності курсу аспірантів зі спеціальності 171 Електроніка.</p> <p>Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу (теми), вироблення навичок проведення дослідницьких робіт з інтегральної елементної бази КМОН ІС з використанням САПР, вміння вирішувати конкретні ситуативні завдання, приймати рішення щодо подальших досліджень на основі отриманих результатів. <i>Семестровий (поточний контроль) у першому семестрі проводиться у формі заліку.</i></p> <p><i>Семестровий (підсумковий контроль) у другому семестрі проводиться у формі заліку.</i></p> <p><i>Екзамен – форма підсумкового контролю, яка передбачає перевірку розуміння аспірантом теоретичного та практичного програмного матеріалу з предмету “Біомедична електроніка”, здатності творчо використовувати здобуті знання та вміння, формувати власне ставлення до певної проблеми тощо.</i></p> <table border="1" data-bbox="667 853 1469 1563"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Сума балів за всі види навчальної діяльності</th> <th rowspan="2">Оцінка ECTS</th> <th colspan="2">Оцінка за національною шкалою</th> </tr> <tr> <th>Для екзамену</th> <th>Для заліку</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90 – 100</td> <td><b>A</b></td> <td>відмінно</td> <td rowspan="5">зараховано</td> </tr> <tr> <td>80 – 89</td> <td><b>B</b></td> <td rowspan="2">добре</td> </tr> <tr> <td>70 – 79</td> <td><b>C</b></td> </tr> <tr> <td>60 – 69</td> <td><b>D</b></td> <td rowspan="2">задовільно</td> </tr> <tr> <td>50 – 59</td> <td><b>E</b></td> </tr> <tr> <td>26 – 49</td> <td><b>FX</b></td> <td>незадовільно з можливістю повторного складання</td> <td>не зараховано з можливістю повторного складання</td> </tr> <tr> <td>0-25</td> <td><b>F</b></td> <td>незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни</td> <td>не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни</td> </tr> </tbody> </table>	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою		Для екзамену	Для заліку	90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано	80 – 89	<b>B</b>	добре	70 – 79	<b>C</b>	60 – 69	<b>D</b>	задовільно	50 – 59	<b>E</b>	26 – 49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання	0-25	<b>F</b>	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни
Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS			Оцінка за національною шкалою																									
		Для екзамену	Для заліку																										
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано																										
80 – 89	<b>B</b>	добре																											
70 – 79	<b>C</b>																												
60 – 69	<b>D</b>	задовільно																											
50 – 59	<b>E</b>																												
26 – 49	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання																										
0-25	<b>F</b>	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни																										
<p>Вимоги до письмової роботи</p>	<p>Підсумкова робота може виконуватися за необхідності згідно розкладу контролю самостійної роботи (КСР) у формі тестових завдань з вибором правильної відповіді з застосуванням технічних засобів навчання. Кількість тестових завдань – 20. Вартість кожного запитання складає 1 бал. Максимальна оцінка 20 балів.</p>																												
<p>Практичні/лабораторні заняття</p>	<p>Після узагальнення (вступного слова) викладач дає відповіді на окремі теоретичні запитання, які виникли у аспірантів у процесі підготовки до заняття.</p> <p>До початку лабораторної роботи аспірант має отримати допуск за результатами усної співбесіди. На лабораторній роботі кожен аспірант отримує інструкцію до виконання. Після завершення роботи аспірант оформляє і захищає звіт з результатами роботи. Кожна лабораторна робота</p>																												

	оцінюється за національною шкалою (відмінно добре задовільно незадовільно), середня оцінка за всі лабораторні роботи приводиться до 100 бальної шкали. Максимальний бал за лабораторні роботи 30 балів.
Умови допуску до підсумкового контролю	<p>Аспірант допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він набрав сумарно 25 балів і вище.</p> <p>Аспірант не допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він набрав менше 25 балів. У цьому випадку аспіранту у відомості робиться запис "не допущений" і виставляється набрана кількість балів. Допускається, як виняток, з дозволу завідувача аспірантури за заявою, погодженою з відповідною кафедрою, одноразове виконання аспірантом додаткових видів робіт з навчальної дисципліни (відпрацювання пропущених занять, виконання індивідуальних завдань тощо) для підвищення оцінок.</p> <p>Напередодні екзамену викладач подає доповідну завідувачу аспірантури про недопуск аспірантів курсу спеціальності 171 "Електроніка". Відмітка про недопуск у відомості робиться при наявності розпорядження завідувача аспірантури.</p>
Підсумковий контроль	<p>Форму контролю – екзамен; форму здачі – комбінована (письмова з усною співбесідою), можливе також проведення екзамену в тестовій формі з використанням технічних засобів навчання;</p> <p>Білет складається з трьох теоретичних питань і одного короткого завдання. Розподіл балів за питаннями і завданнями рівномірний. Максимальний бал за екзамен 50 балів.</p>
<b>7. Політика навчальної дисципліни</b>	
<p>Аспірант зобов'язаний відвідувати заняття відповідно до встановленого розкладу, не запізнюватися, мати відповідний зовнішній вигляд. У разі відсутності через хворобу надається відповідна довідка.</p> <p>Пропущена лекція відпрацьовується аспірантом самостійно, як короткий конспект за темою заняття.</p> <p>Пропущена лабораторна робота виконується аспірантом самостійно вдома або в комп'ютерній лабораторії кафедри, результати оцінюються викладачем.</p> <p>У випадку, коли аспірант приймав участь у програмі мобільності, можливе врахування отриманих оцінок в іншому навчальному закладі за умови відповідності навчальних планів або наявних сертифікатів.</p> <p>Політика академічної поведінки і етики Студент повинен бути толерантним і поважати думку інших. Заперечення повинні формулюватися тільки в коректній формі. Плагіат та академічна недоброчесність несумісні з принципами діяльності ЗВО. Не допускається підказування та списування під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного чи підсумкового контролю. Не допускається користування телефонами та будь-якими іншими допоміжними</p>	

засобами під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного, чи підсумкового контролю.

Також є можливість перезарахування результатів навчання в інших закладах вищої освіти чи результатів неформальної освіти згідно Положення про визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної освіти, в Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника (затверджено вченою радою університету 01 листопада 2022 р. протокол № 9 та введено в дію наказом ректора № 672 від 24 листопада 2022 р.).

#### **8. Рекомендована література**

1. Etienne Sicard, Sonia Delmas Bendhia Deep-Submicron Circuit Design.- Simulator in hands.Salt Lake City, Utah 84109, USA -2003 ([www.brookscole.com](http://www.brookscole.com)), 737 p.
2. SOI CIRCUIT DESIGN CONCEPTS, Kerry Bernstein (IBM Microelectronics)&Norman J. Rohrer (IBM Microelectronics) Kluwer Academic Publishers, New York/Boston/Dordrecht/ London/Moscow, <http://www.ebooks.kluweronline.com>, 2002
3. А.О.Дружинін, І.Т.Когут, Ю.М.Ховерко Структури кремній-на-ізоляторі для сенсорної електроніки. Монографія.. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 224 с.
4. САПР TopSpice. <https://www.penzar.com>
5. Лінк опису ППП MicroWind-3. <https://www.microwid.org>
- 6.Когут І.Т. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з комп'ютерної схемотехніки. ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника».Івано-Франківськ, 2019. –102с.
- 7.В.М.Рябенький, В.Я.Жуйков, В.Д.Гулий “Цифрова схемотехніка” - Львів, Видавництво “Новий світ”- 2009. 735 с.
8. Joseph J. Carr, John M. Brown. Introduction to Biomedical Equipment Technology. - Pearson, 2001. - 1104 с.
9. Robert B. Northrop. Introduction to Instrumentation and Measurements. - CRC Press, 2014. - 896 с.
10. John G. Webster (ed.). Medical Instrumentation: Application and Design. - Wiley, 2009. - 713 с.
11. Mladen Poluta. Design and Development of Medical Electronic Instrumentation. - Wiley-Interscience, 2005. - 461 с.
12. R. S. Khandpur. Biomedical Instrumentation: Technology and Applications. - McGraw-Hill Professional, 2005. - 924 с.

**Викладач – старший викладач, Котик М.В.**