

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

Фізико-технічний факультет  
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Проектування аналогових інтегральних схем**

Освітня програма Магістр

Галузь знань 17 Електроніка та телекомунікації

Спеціальність 171 Електроніка

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від “30”\_серпня\_ 2019 р.

Івано-Франківськ – 2019 рік

## **Зміст**

- 1 Загальна інформація
- 2 Анотація до курсу
- 3 Мета та цілі курсу
- 4 Результати навчання (компетентності)
- 5 Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
- 7 Політика курсу
- 8 Рекомендована літератури

## 1. Загальна інформація про викладача і дисципліну

<b>Назва дисципліни</b>	Проектування аналогових інтегральних схем
<b>Рівень вищої освіти</b>	Другий рівень вищої освіти
<b>Викладач</b>	Доцент, кандидат технічних наук Голота Віктор Іванович,
<b>Контактний телефон викладача</b>	(0342) 59-60-07
<b>Е-mail викладача</b>	victor.holota@pnu.edu.ua
<b>Формат дисципліни</b>	Семестровий
<b>Обсяг дисципліни</b>	6 кредитів
<b>Посилання на сайт дистанційного навчання</b>	<a href="http://www.d-learn.pu.if.ua">http://www.d-learn.pu.if.ua</a>
<b>Консультації</b>	Відповідно до графіку індивідуальних консультацій, який розміщений на інформаційному стенді кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки

## 2. Анотація до курсу

Дисципліна “Проектування аналогових інтегральних схем” належить до переліку вибіркових навчальних дисциплін за освітнім рівнем «магістр», що пропонуються в рамках циклу загальної і професійної підготовки студентів за освітньою програмою “Автомобільна електроніка”. Вона забезпечує формування у студентів науково-дослідницьких професійно-орієнтованих компетенцій. Предметом вивчення навчальної дисципліни є теоретичні концепції, методи і засоби проектування аналогових інтегральних схем автомобільної електроніки на основі біполярних і метал-окисел-напівпровідникових транзисторів, сучасні стандарти, засоби автоматизації.

Силабус навчальної дисципліни “Проектування аналогових інтегральних схем” складений відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістра спеціальності 171 “Електроніка”.

## 3. Мета та цілі курсу

**Мета:** сформувати у студентів сучасні теоретичні уявлення та практичні знання із проектування аналогових інтегральних схем (ІС) на біполярних та МОН транзисторах, технологій виготовлення, проектування топологій, аналізу і розрахунку джерел постійного струму, джерел постійної та опорної напруги, підсилювальних каскадів, схем з диференціальними та операційними підсилювачами, компараторів напруги, перетворювачів даних.

Завдання: ознайомлення із сучасним станом проектування та технологіями виготовлення аналогових ІС автомобільної електроніки на біполярних та МОН транзисторах; формування вміння аналізу велико- і малосигнальних моделей інтегральних компонентів; отримання практичного досвіду з проектування і моделювання основних аналогових схем ІС з використанням біполярних та МОН-транзисторів; формування навиків проектування топологій інтегральних елементів аналогових ІС.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- сучасний стан проектування аналогових ІС;
- велико- і малосигнальні моделі інтегральних біполярних та МОН-транзисторів;
- базові функціональні схеми підсилювачів, опорних джерел струму і напруги, компараторів диференціальних та операційних підсилювачів, схем перетворення даних з використанням АЦП та ЦАП;

- топології інтегральних елементів аналогових ІС

**вміти:**

- розробляти і аналізувати велико- і малосигнальні моделі інтегральних елементів;
- проектувати та моделювати одно- і багатокаскадні підсилювачі, опорні джерела струму напруги, компаратори, диференціальні та операційні підсилювачі, схеми перетворення даних використанням АЦП та ЦАП;

- проектувати топології інтегральних елементів аналогових ІС

#### 4. Результати навчання (компетентності)

**Інтегральна**

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі електроніки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій.

**Загальні**

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

**Фахові**

- Здатність оцінювати рівень існуючих технологій у галузі професійної діяльності, ефективність технічних рішень та можливість виникнення об'єктів права інтелектуальної власності, відшукувати шляхи та можливості реалізації наукових ідей у прибуткових бізнес-проектах та стартапах.
- Здатність формулювати новизну та актуальність науково-дослідної роботи, вести наукову дискусію і викладати результати досліджень за заданою тематикою в сфері розробки та функціонування електронних та інформаційних систем.
- Здатність оцінювати проблемні ситуації та недоліки в сфері розробки, конструювання, налагодження, функціонування та експлуатації електронних систем, формулювати пропозиції щодо вирішення проблем та усунення недоліків.
- *Здатність застосовувати результати наукових досліджень при розробленні і проектуванні приладів і компонентів автомобільної електроніки, силової електроніки, моделювання і проектування інтегральних схем.*

## 5. Організація навчання курсу

<b>Обсяг курсу</b>					
Вид заняття			Загальна кількість годин		
лекції			30		
семінарські заняття / практичні / лабораторні			30		
самостійна робота			120		
<b>Ознаки курсу</b>					
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний/ вибірковий		
1	123 Комп'ютерна інженерія	1	вибірковий		
<b>Тематика курсу</b>					
Тема	Форма заняття, год.	Література	Кіль-кість годин	Вага оцінки	Термін виконання
<b>Змістовий модуль 1</b>					
Тема 1. <u>Особливості аналогових ІС.</u> Задачі та мета курсу. Аналогові сигнали. Основні аналогові функції. Класифікація аналогових ІС.	лекція	1, 2	2	1	Згідно розкладу
Тема 2. <u>Базові технологічні процеси виготовлення ІС.</u> Фотолітографія. Епітаксія. Іонна імплантація. Відпалювання. Локальне окислення. Осадження полікремнію.	лекція	16, 17	2	1	Згідно розкладу
Тема 3. <u>Технології інтегральних схем.</u> Ві, CMOS, BiCMOS технології	лекція	16, 17	2	1	Згідно розкладу
Тема 4. <u>Інтегральні діоди і транзистори.</u> Еквівалентні схеми. Малосигнальні еквівалентні схеми. Схеми фіксації рівня. Обмежувачі і випрямлячі. Діоди Шоткі.	лекція	1, 7, 8, 13	2	1	Згідно розкладу
Тема 5. <u>Одно- і багатокаскадні схеми на БП транзисторах.</u> Класифікація, основні параметри та характеристики	лекція	3, 11, 12	2	1	Згідно розкладу

підсилювачів.					
Тема 6. <u>Підсилювачі на МОН транзисторах.</u> Основні параметри та характеристики. Диференціальні провідності. Малосигнальні еквівалентні схеми. Схеми включення. Повторювачі	лекція	10,11, 15	2	1	Згідно розкладу
Тема 7. <u>Струмові дзеркала.</u> Основні параметри. Схеми струмових дзеркал на БП і МОН транзисторах. Прості, каскодні, Вільсона струмові дзеркала.	лекція	6, 14	2	1	Згідно розкладу
Модульний контроль 1			2	6	
<b>Змістовий модуль 2</b>					
Тема 8. <u>Диференціальні підсилювачі з одним і двома виходами.</u> Диф. пари на БП і МОН транзисторах. Малосигнальна модель. Передаточні характеристики.	лекція	12, 13, 15	2	1	Згідно розкладу
Тема 9. <u>Операційні підсилювачі.</u> Ідеальний, інтегральний, інвертуючий. Неінвертуючий ОП. Схемотехніки ОП.	лекція	3, 5, 6	2	1	Згідно розкладу
Тема 10. <u>Функціональні вузли на основі ОП.</u> Масштабний підсилювач та повторювач напруги. Схема додавання і віднімання. Аналоговий інтегратор та диференціатор	лекція	6, 11, 14	2	1	Згідно розкладу
Тема 11. <u>Опорні джерела струму і напруги на БП і МОН транзисторах.</u> Діодне, активне, і. комплементарне навантаження. Диференціальні пари. Малострумове зміщення. МОН джерело струму Відлара. Самозміщення. Зміщення шириною забороненої зони.	лекція	10, 11, 14	2	1	Згідно розкладу
Тема 12. <u>Компаратори.</u> Принцип роботи. Компаратор з гістерезисом. Використання	лекція	13-15	2	1	Згідно розкладу

операційних підсилювачів у компараторах. Компаратори із заціпками.					
Тема 13. <u>Аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі.</u> Принципи роботи Інтегруючий, циклічний, алгоритмічний АЦП. Ідеальні перетворювачі. Принцип роботи і типи ЦАП.	лекція	7, 11-14	2	1	Згідно розкладу
Модульний контроль 2			2	1	Згідно розкладу
<b>Практичний модуль</b>					
Тема 1. Топології інтегральних елементів.	лаб.роб.	[17, 18]	2	1	Згідно розкладу
Тема 2. Базові схеми включення БП і МОН транзисторів	лаб.роб.	[1, 7, 8]	4	1	Згідно розкладу
Тема 3. Схеми підсилення БП і МОН транзисторів.	лаб.роб.	3,10-12,15	4	1	Згідно розкладу
Тема 4. Струмові дзеркала на БП і МОН транзисторах.	лаб.роб.	6, 14	2	1	Згідно розкладу
Тема 5. Диференціальні підсилювачі на БП і МОН транзисторах.	лаб.роб.	12, 13, 15	2	1	Згідно розкладу
Тема 6. Операційні підсилювачі на БП і МОН транзисторах.	лаб.роб.	3, 5, 6	4	1	Згідно розкладу
Тема 7. Схеми функціональних вузлів на ОП.	лаб.роб.	6, 11, 14	2	1	Згідно розкладу
Тема 8. Опорні джерела струму і напруги.	лаб.роб.	10, 11, 14	4	1	Згідно розкладу
Тема 9. Компаратори на БП і МОН транзисторах.	лаб.роб.	13-15	2	1	Згідно розкладу
Тема 10. Оброблення даних на основі ЦАП і АЦП.	лаб.роб.	7, 11-14	4	1	Згідно розкладу
<b>Самостійна робота</b>					
Тема 1. Перспективні технологічні процеси виготовлення аналогових ІС	само-стійна робота	16-17	10	0.5	Згідно розкладу
Тема 2. Велико- і мало-сигнальні моделі БП транзисторів. Напруга пробою. Паразитні елементи	само-стійна робота	10-12	10	0.5	Згідно розкладу

Тема 3. Двопортове моделювання підсилювачів. Складені БП і МОН підсилювачі. Емітерні і витокові повторювачі	самостійна робота	6-7	10	1	Згідно розкладу
Тема 4. Велико- і малосигнальні моделі МОН транзисторів. Внутрішні опори і ємності. Диференціальні пари	самостійна робота	6-7	10	1	Згідно розкладу
Тема 5. Властивості струмових дзеркал. Струмове дзеркало з $\beta$ -допомогою і багатьма виходами	самостійна робота	7-9	10	1	Згідно розкладу
Тема 6. Диференціальні підсилювачі з емітерно- і витокозв'язаними парами. Дрейф напруги зміщення. Незбалансовані диференціальні підсилювачі	самостійна робота	10-12	10	1	Згідно розкладу
Тема 7. Малосигнальна модель збалансовано-го диференціального підсилювача. Диференціальні підсилювачі із зворотним зв'язком	самостійна робота	13-15	10	1	Згідно розкладу
Тема 8. Каскодний двокаскадний ОП. Телескопічний складений ОП на МОН транзистрах. ОП на БП транзисторах	самостійна робота	13-15	10	1	Згідно розкладу
Тема 9. Логарифмічні підсилювачі. Схеми для перемножування та ділення аналогових сигналів	самостійна робота	13-15	10	1	Згідно розкладу
Тема 10. Активні навантаження. Температурно незалежне зміщення. Самозміщення	самостійна робота	10-12	10	1	Згідно розкладу
Тема 11. КМОН і БіКМОН компаратори. Компаратори на БП транзисторах	самостійна робота	5-6	10	1	Згідно розкладу
Тема 12. Перетворювачі з перемикальними конденсаторами.	самостійна робота	12-14	10	1	Згідно розкладу

Квантизаційний шум. Знакові коди				
Контроль самостійної роботи			2	Тиждень КСР
<b>Підсумковий контроль (екзамен)</b>			100	Згідно розкладу

## 6. Система оцінювання курсу

<b>Загальна система оцінювання курсу</b>			
<p><i>Поточний контроль</i> здійснюється під час проведення лекційних, лабораторних, індивідуальних занять і має на меті перевірку знань студентів 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 студентами, виставляються у журналах обліку відвідування та успішності академічної групи.</p> <p><i>Модульний контроль (сума балів за окремих змістовий модуль)</i> проводиться (виставляється) на підставі оцінювання результатів знань студентів після вивчення матеріалу з логічно завершеної частини дисципліни – змістового модуля.</p> <p>Завданням модульного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу (теми), вироблення навичок проведення розрахункових робіт, вміння вирішувати конкретні ситуативні задачі, самостійно опрацьовувати тексти, здатності осмислювати зміст даної частини дисципліни, уміння публічно чи письмово подати певний матеріал.</p> <p><i>Семестровий (підсумковий) контроль</i> проводиться у формі екзамену.</p> <p><i>Екзамен</i> – форма підсумкового контролю, яка передбачає перевірку розуміння студентом теоретичного та практичного програмного матеріалу з усієї дисципліни, здатності творчо використовувати здобуті знання та вміння, формувати власне ставлення до певної проблеми тощо.</p>			
<b>Шкала оцінювання: національна та ECTS</b>			
Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
80-89	B	добре	
70-79	C		
60-69	D	задовільно	
50-59	E		
26-49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

## 7 Політика курсу

Студент зобов'язаний відвідувати заняття відповідно до встановленого розкладу, не запізнюватися, мати відповідний зовнішній вигляд. У разі відсутності через хворобу надається відповідна довідка.

Пропущена лекція відпрацьовується студентом самостійно і оформляється як короткий конспект за темою заняття.

Пропущена лабораторна робота виконується студентом самостійно вдома або в комп'ютерному класі, результати оцінюються викладачем.

У випадку, коли студент приймав участь у програмі мобільності, можливе врахування отриманих оцінок в іншому навчальному закладі за умови відповідності навчальних планів.

### 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 ВНЗ.

Не допускається підказування та списування під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного чи підсумкового контролю.

Не допускається користування телефонами та будь-якими іншими електронними засобами під час здачі будь-яких робіт поточного, рубіжного, чи підсумкового контролю.

## 8 Рекомендована літератури

### Основна

1. Аналогова схемотехніка / Л.П. Медяний – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017 – 177с.
2. В.Б. Дудикевич, Г.В. Кеньо, І. В. Петрович. Електроніка та мікросхемотехніка. Частина II: Аналогова схемотехніка (Серія “Дистанційне навчання”. № 53). Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 224 с.
3. В.І. Бойко, В.Я. Жуйков, А.А. Зорі та ін. Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої. – 2-е видання. – К.: Освіта України. - 2010.
4. Ю.П. Колонтаєвський, А.Г. Сосков Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник. 2-е вид./ за ред. А.Г.Соскова. – К.: Каравела, 2009. – 416с.
5. В.М. Приходько Комп'ютерна електроніка. Ч. 1. Аналогова схемотехніка: Навч. посібник. За ред. Приходька В. М. – Д.: ДонІЗТ, 2008. – 198 с.
6. Прищепя М.М., Погребняк В.П. Мікроелектроніка: В 3 ч. Ч. 2. Елементи мікросхемотехніки: Навч. Посіб. / За ред. М.М. Прищепи. – К.: Вища школа, 2006. – 503 с.
7. Бабич М.П., Жуков І.А. Комп'ютерна схемотехніка: Навчальний посібник. – К.: МК-Прес, 2004. – 412 с.
8. В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. Кн. 1. Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої: Підручник. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк., 2004. – 366с.
9. В.В. Багрій, В.І. Бойко, С.П. Денисюк, та ін. Основи схемотехніки електронних систем. – К.: Вища школа, 2004. – 536 с.

### Додаткова

10. Лаврентьев Б. Ф. Схемотехника электронных устройств. М.: Академия, 2010. – 336 с.
11. Наундорф Уве. Аналоговая электроника. Основы, расчет, моделирование. – М. – Техносфера, 2008. – 472 с.
12. Павлов В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств. – М.: Академия, 2008. – 288 с.
13. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12-е изд. Том I: Пер. с нем. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 832 с.
14. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12-е изд. Том II: Пер. с нем. – М.: ДМК-Пресс, 2007. – 942 с.
15. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналогово-цифровых электронных устройств. – М.: Додэка-XXI, 2005. – 528 с.
16. Эннс В.И., Кобзев Ю.М. Проектирование аналоговых КМОП-микросхем. Краткий справочник разработчика / Под редакцией канд. Техн. Наук В. И. Эннса. – М.: Горячая линия-Телеком. – 2005. 454 с.
17. Phillip E. Alen, Douglas R. Holberg. CMOS circuit design. Second edition. New York, Oxford: Oxford University Press, 2002. – 778 p.