

**УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ  
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ**

**ДОКТОРСКЕ СТУДИЈЕ**

Студијски програм:

**ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО**

# ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

## I година

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДЕП1И01	Електричне машине и енергетска ефикасност	Стајић П. Зоран	3		10
ЗДЕП1И02	Одабрана поглавља из електромоторних погона	Митровић Н. Небојша	3		10
ЗДЕП1И03	Дијагностика и мониторинг електричних машина	Петронијевић П. Милутин Митровић Н. Небојша	3		10
ЗДЕП1И04	Дистрибутивни системи	Коруновић М. Лидија	3		10
ЗДЕП1И05	Планирање и експлоатација електроенергетских мрежа	Јањић Д. Александар	3		10
ЗДЕП1И06	Уземљење и уземљивачки системи	Цветковић Н. Ненад Тасић С. Драган	3		10
ЗДЕП1И07	Методе оптимизације у електроенергетици	Тасић С. Драган Маринковић Д. Слађана	3		10
ЗДЕП1И08	Напредне теме из електромагнетне компатибилности	Јавор Л. Весна	3		10
ЗДНИР1	Научно истраживачки рад 1			11	30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад

### Наставни програми

#### Електричне машине и енергетска ефикасност

Радне карактеристике електричних машина. Примена електричних машина (пумпне станице, компресорска постројења, вентилатори, системи грејања и хлађења, транспортни системи, алтернативни извори енергије и др). Ефикасност електричних машина у току животног циклуса. Енергетски ефикасне електричне машине. Европска политика и програми за унапређење енергетске ефикасности електромоторних погона. Интердисциплинарни приступ енергетској ефикасности у индустрији. Мерења ефикасности на местима уградње електричних машина. Препреке повећању енергетске ефикасности. Теоријске основе и методолошки приступ повећању енергетске ефикасности система. Управљање енергетском ефикасношћу система: теорија и примери добре праксе.

#### Одабрана поглавља из електромоторних погона

Увод. Класификација електромоторних погона према броју мотора и претварача у погону. Вишеквadrантни рад и утицај претварача на мрежу и начини за отклањање негативних ефеката. Примена активних и пасивних филтра. Енергетска ефикасност компоненти погона (мотор, претварач, редуктор, оптерећење). Методе за анализу и синтезу погона са крутом и еластичном везом. Симулациони модели. Синхронизација рада вишемоторног погона - електрична осовина. Векторско управљање асинхроних погона са и без давача положаја. Реализација напредних алгоритама управљања. Анализа осетљивости на промену параметара. Идентификација и естимација релевантних величина у погону. Векторски регулисан погон са синхроним моторима са и без давача. Алгоритми управљања. Скаларне и векторске методе. Погони специјалне намене.

#### Дијагностика и мониторинг електричних машина

Једначине машина у стационарним и уопштеним системима координата: напони, струје, моменти, снаге. Обрада сигнала у реалном времену. Метод анализе спектра струје статора. Мониторинг статорских и роторских флуksева, практична имплементација. Праћење брзине и положаја ротора. Примена конвенционалних техника: енкодери, тахометри, ризолвери. Естимација клизања и

брзине на основу електромагнетног момента. Естиматори момента и флукса. Естимација фреквенције и брзине на основу мерења расипног флукса. Естимација у погонима са претварачима учестаности. Естимација момента инерције погона. Испитивања у стању мировања. Надзор рада машина. Неинвазивне методе. Термовизијска испитивања електричних машина. Дијагностика ексцентрицитета и лома кавеза асинхроних мотора. Мониторинг вибрација. Примена машинског учења за идентификацију и процену радних стања машина и погона.

### **Дистрибутивни системи**

Концепти европских и америчких дистрибутивних мрежа, као репрезенти свих типова светских дистрибутивних мрежа. Неуравнотеженост дистрибутивних мрежа и несиметрија њихових стања. Прорачуни токова снага и прорачуни режима с кваровима уравнотежених и неуравнотежених дистрибутивних мрежа. Регулација напона дистрибутивних мрежа. Начини управљања оптерећењем и потрошњом дистрибутивних мрежа. Прорачун токова снага и напонских прилика у устаљеном стању и анализа кратких спојева у мрежама са малим генераторима.

### **Планирање и експлоатација електроенергетских мрежа**

Планирање и експлоатација у реструктурираној електропривреди. Технике одлучивања у реструктурираној електропривреди коришћењем фази логике. Дугорочно и краткорочно планирање одржавања производних јединица. Дугорочно и краткорочно планирање одржавања мрежа. Координација између дугорочног и краткорочног планирања. Краткорочно планирање цена електричне енергије и учешћа генератора на тржишту. Анализа ризика.

### **Уземљење и уземљивачки системи**

Стационарне и квазистационарне карактеристике уземљивачких система. Структура електромагнетног поља и потенцијала у околини уземљивача у линеарној, изотропној, хомогеној и нехомогеној структури тла. Прорачун непознате расподеле струје, струје отицања и интегралних карактеристика различитих уземљивачких структура: импедансе уземљивача, напона додира и напона корака. Формирање система интегралних једначина за анализу ЕМ карактеристика уземљивачких система. Приближни методи за решавање система интегралних једначина: метод момената, метод подешавања у тачкама, метод средњих потенцијала, метод еквивалентне електроде, метод коначних елемената, метод процене. Фреквентне карактеристике уземљивачких система. Надземни и кабловски водови као елементи система уземљења.

### **Методе оптимизације у електроенергетици**

Значај оптимизационих метода у ЕЕС. Дефиниција оптимизационог проблема. Линеарно програмирање. Симплекс и дуални симплекс. Транспортни задатак. Мрежно програмирање. Илустрације на задацима из ЕЕС. Нелинеарно програмирање. Градијентне методе. Њутнова метода. Квадратно програмирање. Илустрације на задацима из ЕЕС. Сложени оптимизациони задаци. Илустрације на задацима из ЕЕС. Динамичко, геометријско и вишекритеријумско програмирање и њихова примена на задацима из ЕЕС. Хеуристичке и метахеуристичке методе оптимизације и њихове примене у ЕЕС. Типични статички и динамички оптимизациони задаци у ЕЕС: оптимална расподела снага, оптимални планерски задаци, оптимално планирање погона са ангажовањем агрегата, напонско - реактивни статички и динамички оптимизациони задаци.

### **Напредне теме из електромагнетне компатибилности**

Практични проблеми приликом испитивања електромагнетне компатибилности (ЕМС). Моделовање појаве електростатичког пражњења, задовољавање стандарда у овој области и технике ЕМС. Испитивање ЕМС са напојном мрежом и мере за побољшање квалитета електричне енергије. Електромагнетне сметње као последица атмосферских пражњења (LEMP) и нуклеарних експлозија (NEMP). Детекција ненамерних електромагнетних сигнала (TEMPEST) и изазивање намерних сметњи. Примена техника ЕМС при пројектовању уређаја и система. Савремена опрема лабораторија за испитивање ЕМС.

# ЕЛЕКТРОНИКА

## I година

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДЕЕ1И01	Дигитални системи	Ђорђевић Љ. Горан	3		10
ЗДЕЕ1И02	Енергетска електроника	Манчић Д. Драган	3		10
ЗДЕЕ1И03	Напредне рачунарске архитектуре	Николић Р. Татјана	3		10
ЗДЕЕ1И04	Оптимизација и пројектовање аналогних кола	Андрејевић-Стошовић В. Миона	3		10
ЗДЕЕ1И05	Процесирање дигиталних сигнала	Николић В. Саша Станчић З. Горан	3		10
ЗДЕЕ1И06	Пројектовање електронских кола и система	Петковић М. Предраг	3		10
ЗДЕЕ1И07	Симулација и оптимизација електронских кола и система	Петковић М. Предраг	3		10
ЗДЕЕ1И08	Пренос података и умрежавање	Ђорђевић Љ. Горан	3		10
ЗДЕЕ1И09	Методе апроксимације	Станчић З. Горан	3		10
ЗДЕЕ1И10	Вештачка интелигенција у инжењерству	Андрејевић-Стошовић В. Миона	3		10
ЗДЕЕ1И11	РФ интегрисана кола	Јовановић С. Горан	3		10
ЗДНИР1	Научно истраживачки рад 1			11	30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад

## Наставни програми

### Дигитални системи

Основне карактеристике савремених дигиталних система. Напредне технологије у реализацији логичких, комбинационих и секвенцијалних дигиталних кола. Дигитални системи ниског напона напајања и мале потрошње. Асинхрони дигитални системи. Методологије пројектовања сложених дигиталних система на различитим нивоима апстракције: РТЛ пројектовање и синтеза високог нивоа. Синтеза стазе података и управљачке јединице. Технике за побољшање перформанси дигиталних система: проточне и паралелне архитектуре. Принципи хардверске реализације аритметичких функција и ДСП алгоритама. Архитектуре програмабилних дигиталних кола. Дигитални системи отпорни на отказе.

### Енергетска електроника

Врсте полупроводничких енергетских прекидача. АС-DC претварачи. Исправљачи у прекидачком режиму рада. Исправљачи за поправку фактора снаге. Вишеквадрантни рад. DC-DC претварачи. DC-АС претварачи. Софт стартери, фреквенцијски претварачи. Претварачи за средње напонске нивое. Методе управљања. Директни АС-АС претварачи. Димензионисање компоненти претварача. Утицај претварача на мрежу и потрошаче. Коришћење наменских софтвера за анализу рада претварача.

### Напредне рачунарске архитектуре

Процене перформанси рачунарских система: метрике, просечне перформансе, грешке процене, средства и технике за процену, бенчмарк програми. Преглед напредних рачунарских архитектура: проточни процесори, суперскаларни, VLIW, процесори за ДСП и мултимедије, вишејезгарне и вишенитне процесорске архитектуре. Паралелизам на нивоу инструкција, машине и нити. Мултипроцесори на чипу. Изазови у пројектовању и ограничења у раду. Меморијски систем. Хијерархијска организација. Интерна регистарска поља. Scratch рад меморија. Организација главне меморије. Кеш хијерархија. Кохеренција, синхронизација и конзистентност меморије. Концепти реализације меморије за масовно меморисање. Виртуелна меморија и страничење. Организација улаза-излаза и интерфејси. Програмирање улаза-излаза. Магистрале. Контекст комутација и прекиди. Мреже на чипу. Топологије. Технике рутирања и комутације. Веома брзи пренос

података. Процесори специфичне намене. Апликационо-специфични интегрисани процесори. Високоперформансни и енергетски ефикасни процесори. Технике програмирања. Симулатори рачунарских система. Процена потрошње и површине на силицијуму.

### **Оптимизација и пројектовање аналогних кола**

Широкопојасни модели транзистора. Операциони појачавачи у биполарној, NMOS и CMOS техници и њихове основне ћелије. Транскондуктансни, четврт-квадрантни и PWAM аналогни множачи. Аналогна (PLL) и дигитална (DLL) архитектура, компоненте и кључни параметри. SC филтри.

### **Процесирање дигиталних сигнала**

Параметарско моделовање сигнала. Оцена спектра. Multirate обрада дигиталних сигнала. Ефикасни алгоритми за Фуријеову трансформацију и конволуцију. Дводимензионална обрада сигнала. Напредне методе за синтезу дигиталних филтара.

### **Пројектовање електронских кола и система**

Стилови пројектовања електронских кола и система. Домени описа пројекта. Фазе пројектовања. Аутоматизација пројектовања. Формати података у алатима за пројектовање. Пројектовање засновано на претпројектованим структурама. Структурно пројектовање. Аутоматска синтеза. Физичко пројектовање. Напредни CMOS процеси. Планирање површине. Пројектовање лејаута. Размештај. Повезивање. Структуре транзистора. Паразитни ефекти. Извори шума и сметњи. Технике за отклањање шума и сметњи од системског приступа до лејаута. Паковање-кућишта. Верификација.

### **Симулација и оптимизација електронских кола и система**

Симулација аналогних кола: Домени апстракције: једносмерни, простопериодични, временски домен. Алгоритми за симулацију. Концепти формулације једначина за анализу електронских кола. Алгоритми за симулацију. Симулација линеарних отпорних кола. Фреквенцијски домен и s-домен. Симулација нелинеарних отпорних кола. Симулација линеарних реактивних кола. Симулација нелинеарних реактивних кола. Симулација кола са расподељеним параметрима. Поступци моделовања електронских компонената. Карактеристични примери модела: диода, транзистора и четворослојних структура. Алгоритми симулације дигиталних кола. Моделовање сигнала и оператора. Моделовање кашњења. Асинхрона симулација. Принцип селекције путева и наредног догађаја. Симулација кола са мешовитим сигнаlima. Генерисање струје напајања и методи за процену снаге и кашњења. Оптимизација електронских кола: Значај тежинске функције. Поступци за оптимизацију засновани на Њутновом алгоритму. Статистички методи оптимизације. Симулирано очвршћавање. Еволуциони алгоритми. Појам толеранција и приноса. Детерминистичка и статистичка анализа толеранција.

### **Пренос података и умрежавање**

Мреже за пренос података: еволуција мрежних архитектура, протокола и сервиса. Интернет модел. ISO-OSI модел. Типови преносног медијума и карактеристике. Технике преноса, мултиплексирање, комутација. Приступ мрежи и сигнализација. Управљање на нивоу везе и протоколи: детекција и корекција грешака, контрола приступа медијуму, контрола протока, локалне рачунарске мреже, Ethernet, локалне бежичне мреже, IEEE 802.11, Bluetooth. Локалне рачунарске мрежа за примене у индустрији. Мрежни уређаји и опрема. Мрежни слој: адресирање, интернет протокол, IPv6, рутирање: усмерено и вишесмерно рутирање, унутардоменско и међу-доменско рутирање. Транспортни слој: UDP и TCP, контрола протока и контрола загушења, контрола протока и квалитет сервиса. Апликациони слој: клијент-сервер архитектура, преглед апликационих протокола. Протоколи за управљање мрежом. Мултимедијалне комуникације: даљинска репродукција и репродукција у реалном времену звука и видео-садржаја, протоколи за мултимедијалну комуникацију. Сигурност рачунарских мрежа: основни криптографски концепти, безбедносни сервис, поверљивост и интегритет порука, провера идентитета, дигитални потпис, управљање кључевима. Мобилне ad-hoc мреже.

### **Методе апроксимације**

Проблеми апроксимације. Методи апроксимације амплитудске карактеристике. Максимално равна карактеристика. Mini-max карактеристика. Средње квадратна апроксимација. Прелазне карактеристике. Други методи апроксимације амплитуде. Методи апроксимације фазне карактеристике. Максимално равне фазне карактеристике и карактеристике групног кашњења. Mini-max карактеристике фазе и групног кашњења. Интерполациона техника у апроксимацији фазе. Симултана апроксимација амплитуде и фазе. Фазни и амплитудски коректори. Други методи апроксимације фазе. Методи апроксимације у временском домену. Mini-max апроксимација. Најмања квадратна апроксимација. Интерполациона техника. Други методи апроксимације. Директне апроксимације у z-домену. Хилбертов трансформатор. Дигитални диференцијатори првог и вишег реда.

### **Вештачка интелигенција у инжењерству**

Појам вештачке интелигенције. Вештачка интелигенција заснована на продукционим правилима. Вештачке неуронске мреже. Природни нервни систем. Неурон. Синапса. Модел неурона. Архитектуре вештачких неуронских мрежа. Учење. Перцептрон. Могућности, алгоритми за учење и капацитет перцептрона. Вишеслојне неуронске мреже. Backpropagation алгоритам. Рекурентне неуронске мреже. Типови, учење и проблеми примене. Динамички поступци учења. Генетски алгоритми. Реализација вештачких неуронских мрежа. VLSI имплементација аналогних неуронских мрежа. Дигитална реализација неуронских мрежа. Boltzmann-ова машина. Neuro-fuzzy мреже и њихова примена.

### **РФ интегрисана кола**

BiCMOS технологија за РФ и аналогна кола. Дизајн кит, инсталација, правила пројектовања, најважнији параметри. Библиотеке елемената, шематски симболи, модели, лејаут. Библиотеке ћелија. Креирање нове ћелије. Цртање лејаута и слојеви. Контакти за РФИЦ, бондирање, паковање чипа. Водови на чипу, као елементи мрежа за прилагођење и микрострип филтри. Електромагнетна симулација лејаута. Еквивалентни S (рефлексионни) параметри лејаута. Верификација да ли лејаут чипа одговара шеми (LVS). Верификација да ли су поштована правила пројектовања (DRC). Симулација дизајна. GDSII формат. Фабрикација.

# МЕТРОЛОГИЈА И МЕРНА ТЕХНИКА

## I година

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДЕМ1ИО1	Метрологија електричних величина	Денић Б. Драган	3		10
ЗДЕМ1ИО2	Сензори и мерни претварачи	Денић Б. Драган Раденковић Н. Драган	3		10
ЗДЕМ1ИО3	Системи за мерење и контролу	Динчић Р. Милан	3		10
ЗДЕМ1ИО4	Виртуелна инструментација	Живановић Б. Драган	3		10
ЗДЕМ1ИО5	Процесна мерна техника	Јовановић Р. Јелена	3		10
ЗДНИР1	Научно истраживачки рад 1			11	30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад

## Наставни програми

### Метрологија електричних величина

Мерење и метрологија. Развој система мерних јединица. Физичке константе. Националне и међународне метролошке институције. Мерења и мерне методе. Анализа извора грешака и сметњи у мерењу. Метролошке карактеристике средстава мерења. Калибрација и компарација еталона мера - следивост. Методе обраде резултата мерења и утврђивања мерне несигурности. Примена рачунарских компоненти у метрологији за прикупљање, обраду и презентацију мерно-информационих података.

### Сензори и мерни претварачи

Основан блок шема мерног претварача. Основне дефиниције. Сензор као основни елемент мерног претварача. Информационо-енергетски параметри мерног претварача. Трендови развоја сензора и мерних претварача. Активни и пасивни мерни претварачи. Аналогни и дигитални мерни претварачи. Интегрисани, интелигентни сензори и мерни модули. Мерни претварачи температуре, силе, притиска, протока, нивоа, помераја, влажности. Аналогна електронска кола за повезивање сензора.

### Системи за мерење и контролу

Информациона теорија мерних сигнала и грешке мерења. Мерни и контролни системи. Метролошки систем и метролошка уређеност. Аналогни и дигитални системи за процесирање сигнала. Пројектовање аутоматизованих мерних и контролних система. Систем инжењеринг. Менаџмент и евалуација система. Интелигентна и виртуелна инструментација. Ембедед системи и системи за дијагностику. Поузданост.

### Виртуелна инструментација

Хардверска структура виртуелних инструмената. Типови аквизиционих модула, карактеристике. Електрична изолација у мерним системима. Програмски језик LabVIEW, концепт и напредне технике. Рад у реалном времену. Ток података и паралелно извршење делова кода. Анализа сигнала. Хардверске и софтверске технике компензације мерних резултата. Управљање програмабилном инструментацијом. Виртуелне лабораторије. Калибрација рачунарских мерних уређаја и система. Аутоматски тест системи. Повезивање сензора и актуатора. Примери практичних апликација виртуелне инструментације у мерним системима за рад у реалном времену.

### Процесна мерна техника

Основни принципи мерних система и технике мерења у процесној индустрији. Мерни претварачи и системи. Мехатронички системи. Мерења димензија, помераја и угла. Мерење силе и момента.

Мерење броја обртаја и угаоне брзине. Мерење вибрација и удара. Мерење температуре и термовизија. Мерење притиска, диференцијалног притиска и вакуума. Мерење протока. Мерење нивоа. Мерење влажности. Мерно-информациони системи. Програмабилни системи индустријске аутоматике. Основни принципи примене технологије Интернета ствари у надгледању индустријских процеса и техничких система.



# НАНОТЕХНОЛОГИЈЕ И МИКРОСИСТЕМИ

## I година

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДЕН1И01	Физичка електроника полупроводника	Пријић П. Анета	3		10
ЗДЕН1И02	Микроелектроника	Пријић Д. Зоран	3		10
ЗДЕН1И03	Нанотехнологије и наноконпоненте	Пантић С. Драган	3		10
ЗДЕН1И04	Наука о материјалима	Митић В. Војислав	3		10
ЗДЕН1И05	Оптоелектроника	Пауновић В. Весна	3		10
ЗДЕН1И06	Полупроводничке компоненте	Данковић М. Данијел	3		10
ЗДНИР1	Научно истраживачки рад 1			11	30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад

## Наставни програми

### Физичка електроника полупроводника

Кристална структура и теорија чврстог тела. Квантна и статистичка физика чврстог тела. Болцманова кинетичка једначина. Полупроводник у термичкој равнотежи. Натконцентрације и транспорт носилаца. Генерационо-рекомбинациони механизми. Спој метал-полупроводник и P-N спој. Неравнотежне појаве на P-N споју и транспортне једначине. Модели покретљивости. MOS структура. Модел слојног наелектрисања и C-V зависност. MOS транзистори и ефекти кратких канала. Паразитни ефекти, врући носиоци, температурни ефекти. Биполарне компоненте. SiGe, HEMT и друге направе са хетероспојевима. Соларне ћелије, фотодетектори, LED и ласерске диоде.

### Микроелектроника

Аналогна микроелектронска кола у практичној примени: Општи принципи дизајна аналогних микроелектронских кола; Напајање у интегрисаним колима и активно оптерећење; Дизајн кола са операционим појачавачима (CMOS, биполарни, BiCMOS, JFET); Диференцијални и вишестепени појачавачи; Повратна спрега и стабилност; Ефекти неидеалности; Активни филтри вишег реда; Осцилатори и генератори функција; A/D конвертори. Дигитална микроелектронска кола у практичној примени: Дигитална кола у MOS технологији; Секвенцијална логичка кола; MOS меморије, SRAM, DRAM, Flash; Конвертори података. Опционо: Дигитална кола у биполарној технологији. ECL и модификована ECL кола. TTL кола. Логичка кола са Шоткијевим диодама. Дигитална кола у BiCMOS технологији.

### Нанотехнологије и наноконпоненте

Материјали за наноконпоненте. Диелектрични и фероелектрични материјали (електронске особине и квантни ефекти), магнетноелектронски материјали (магнетизам и магнетотранспорт у слојним структурама), органски молекули (електронска структура, особине и реакције), неурони (молекуларна структура и електрична побуда). Технолошки процеси и методе анализе филмова. Карактеризација наноструктура. Геометријска карактеризација. Карактеризација слојева и површина. Функционална карактеризација. Наносензори и наноактуатори. Наноконпоненте. Контакти и нановезе, квантне тачке, нанодиоде, нанотразистори, нанопрекидачи. Нанооптичке компоненте. Логичке наноконпоненте и PAM меморије. Компоненте за меморисање података. Хард дискови, магнето-оптички дискови. Наносистеми и њихова примена.

### Наука о материјалима

Материја и материјали. Наука о материјалима као светски приоритет. Наука о материјалима и инжињерство. Корелација синтеза(технологија)-структура-својства-примена материјала. Материјали-енергија-информација. Структурна својства материјала. Хијерархија структуре

материјала и симетрија. Кристалографија. Наука о материјалима, структура и фрактали. Модерне методе карактеризације материјала (СЕМ, ТЕМ, ЕДС, ХРД, СПМ, ласерска и НМР спектроскопија). Методе стереологије (квантитативна металографија). Теорија фрактала као веза између реда и хаоса у материјалном свету. Примена фрактала у структурној анализи и симулацији својстава и технологија добијања материјала. Међуатомске везе. Енергија кристалне решетке. Дефекти у кристалима. Моделирање и симулација нових структура и својстава материјала. Фазни дијаграми и дизајнирање нових материјала са задатим својствима. Модели електронске структуре материјала. Електрична проводност у металима. Полупроводнички материјали и њихова својства. Квантне јаме. Оптичка својства полупроводника. Доба електронских керамичких материјала. Савремени оксидни и неоксидни материјали. Течни кристали. Фероелектрици. Ферити и други материјали са магнетним својствима. Нанопрахови, наноматеријали и нанотехнологије синтезе нових материјала. Структура материјала у функцији високе интеграције електронских компонената и електронских параметара у микроелектронским уређајима. Глобализација и светска стратегија развоја нових материјала.

### **Оптоелектроника**

Оптоелектроника као експериментална наука, односно као ланац научних карика теорија-експеримент. Оптика, електродинамика, електроника, квантна и статистичка физика зрачења. Класична, релативистичка, и квантна теорија емисије, простирања и апсорпције светлости. Извори светлости и компоненте телекомуникационих уређаја и система. Интеракција зрачења и материје. Ласерски извори светлости. Полупроводнички ласери. Ласерски телекомуникациони системи. Појачање сигнала. Информациони дисплеји, катодне цеви, LCD, ТФТ и перспективе даљег развоја дисплеј технологија (LED и OLED дисплеји). Дискретне и интегрисане оптоелектронске компоненте и уређаји. Интегрисана и квантна оптоелектроника. Интегрисана оптоелектроника као спој класичне електронике, оптике, микроелектронике и квантне електронике. Кристални анизотропни медијуми и интегрисани оптички склопови као преносници, модулатори, демодулатори и прекидачки елементи. Ограничења и перспективе даљег развоја оптоелектронике.

### **Полупроводничке компоненте**

Ефекти јаког допирања полупроводника. Транспортне једначине и једначине континуитета. I-h прелази. Ефективна брзина површинске рекомбинације. Диоде. Силицијумски биполарни транзистори. Биполарни транзистори на бази хетероспојева. Моделирање биполарних транзистора. Компоненте на бази контакта метал-полупроводник. Шоткијеве баријере и омски контакти. Транзистори са ефектом поља на бази полупроводничких једињења. GaAs MESFET-ови. Хетероструктурни транзистори са ефектом поља (HFET-ови). MOSFET транзистори. CMOS/BiCMOS. SOI и 3D структуре. Нисконапонске и компоненте мале снаге. Компоненте снаге. Биполарни транзистори снаге. VDMOS транзистори снаге. IGBT. Компоненте на бази SiC.

# ПРИМЕЊЕНА МАТЕМАТИКА

## I година

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДЕА1И01	Теорија апроксимација	Џунић С. Јована	3		10
ЗДЕА1И02	Нумеричка линеарна алгебра	Џунић С. Јована	3		10
ЗДЕА1И03	Статистика	Милошевић М. Душан	3		10
ЗДЕА1И04	Нумеричка математика	Марјановић М. Звездан	3		10
ЗДЕА1И05	Дискретне структуре и комбинаторна математика	Миловановић Ж. Игор Матејић М. Марјан	3		10
ЗДЕА1И06	Специјалне функције	Маринковић Д. Слађана Ранчић З. Лидија	3		10
ЗДНИР1	Научно истраживачки рад 1			11	30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад

## Наставни програми

### Теорија апроксимација

Полиноми и нумеричка анализа. Репрезентације полинома. Полиноми једне променљиве: простор полинома, алгебарске и аналитичке особине. Нумеричко одређивање нула полинома. Интерполација. Рационалне функције. Итерација рационалних функција. Падеова и ермитова интерполација. Апроксимације. Полиноми више променљивих. Нумеричка факторизација. Примене. Примена софтвера.

### Нумеричка линеарна алгебра

Увод у MATLAB окружење. Увод у LaTeX окружење. Теорија грешака. Векторске и матричне норме. Пертурбација. Проблеми условљености и стабилности. Трансформације матрица и примене. Редукција димензије. Средње-квадратни проблеми.

### Статистика

Статистичка методологија. Дескриптивна анализа. Сређивање и приказивање података. Дескриптивне мере. Мере централне тенденције и мере дисперзије. Расподеле дискретних и непрекидних случајних променљивих. Узорак и статистике узорка. Статистичко оцењивање. Тестирање статистичких хипотеза. Студентов т-тест. Анализа варијансе са једним и два фактора. Пирсонов хи-квадрат тест. Проста линеарна регресија и корелација. Вишеструка регресиона и корелациона анализа. Факторска анализа. Таксономска анализа. Дискриминативна анализа. Непараметарски методи. Индексни бројеви. Анализа временских серија. Рад у програмском пакету СПСС.

### Нумеричка математика

Аритметика коначне дужине и нумерички процеси. Општа теорија итеративних процеса. Примена на операторске једначине. Нелинеарне једначине и системи. Квадратурни процеси и конвергенција. Кошијеви проблеми и контурни проблеми за обичне диференцијалне једначине. Метод мрежа за парцијалне једначине. Симболичка израчунавања и алгоритми. Имплементација алгоритама помоћу пакета Mathematica.

### Дискретне структуре и комбинаторна математика

Специјални бројни низови. Стирлингови бројеви. Белови бројеви. Каталанови бројеви. Ојлерови бројеви. Бернулијеви бројеви. Примене у комбинаторној математици. Екстремални комбинаторни задаци. Блок шеме. Специјалне класе матрица. Бинарне, Хадамарове, Стохастичке, пермутационе матрице. Комбинаторни задаци са размештањем и пребројавањем. Бројни системи. Рачунање у

различитим бројним системима. Спектрална теорија матрица и графова. Инваријанте графова. Енергије матрица и графова. Орјентисани графови. Пројектовање на праву и раван усмерених координатних графова.

### **Специјалне функције**

Хипергеометријске функције: дефиниција, рекурентне и трансформационе формуле, диференцијална једначина. Функције дефинисане интегралима: гама функција, бета функција, функција грешке. Беселове функције. Ортогоналност у Хилбертовом простору. Ортогонални полиноми: нуле, диференцијална једначина, трочлана рекурентна релација, функција генератриса, хипергеометријска репрезентација. Конструкција ортогоналних полинома. Класични ортогонални полиноми. Ортогонални полиноми са неklasичним тежинама. Елементи фракционог рачуна. Фракциони интеграл. Фракциони извод Риман-Лиувиловог и Капутовог типа. Митаг-Лефлерова функција.

## ПРИМЕЊЕНА ФИЗИКА

### I година

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДЕФ1И01	Физика чврстог стања	Ристић С. Горан	3		10
ЗДЕФ1И02	Физика јонизованих гасова	Ристић С. Горан	3		10
ЗДЕФ1И03	Фотоника	Голубовић М. Снежана	3		10
ЗДЕФ1И04	Радијациона физика	Ристић С. Горан Голубовић М. Снежана	3		10
ЗДЕФ1И05	Електрични пробој гасова	Живановић Н. Емилија Пејовић М. Милић	3		10
ЗДНИР1	Научно истраживачки рад 1			11	30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад

### Наставни програми

#### Физика чврстог стања

Теоријска настава ће се одвијати кроз предавања, у оквиру следећих области: Физичке особине и класификација чврстих тела, кристалне решетке, међуатомске везе, зонска теорија чврстих тела, електронска стања у периодичном кристалу, топлотно кретање кристалне решетке, транспортне и оптичке особине, особине диелектрика. Полупроводници, електронски транспортни процеси, дифузиони и рекомбинациони процеси. Магнетне особине чврстих тела. Суперпроводљивост.

#### Физика јонизованих гасова

Теоријска настава ће се одвијати кроз предавања, у оквиру следећих области: Формирање и нестајање честица у слабо јонизованом гасу. Дрифт, енергија и дифузија наелектрисаних честица. Пробој у гасовима у пољима различитог фреквентног опсега. Стабилна и нестабилна тињава пражњења. Варнично, корона и лучно пражњење. Решавање кинетичке једначине у слабо јонизованом гасу у присуству електричног поља. Физички механизам који доводе до пражњења и који су присутни код различитих врста пражњења.

#### Фотоника

Дуализам. Електромагнетна природа светлости. Интерференција, дифракција и поларизација. Интеракција светлости и материје. Корпускуларна природа светлости и других електромагнетних зрачења. Фотоелектрични и Комптонов ефекат. Оптички инструменти. Неласерска и ласерска светлост.

#### Радијациона физика

Врсте и извори јонизујућег зрачења, дејство јонизујућег зрачења на живу и неживу материју, дозиметријске величине и јединице. Детекција и заштита од зрачења. Особине и врсте нејонизујућег зрачења и његов утицај на живе организме.

#### Електрични пробој гасова

Електрични пробој и пражњење у гасовима. Процеси у племенитим гасовима, азоту и ваздуху. Процеси на електродама. Вероватноћа пробоја. Пробојни напон. Време кашњења електричног пробоја. Анализа меморијског ефекта у гасовима на основу меморијских кривих.

# РАЧУНАРСТВО И ИНФОРМАТИКА

## I година

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДЕР1И01	Методологије репрезентације и реализације будућих рачунарских технологија	Милентијевић З. Иван Ћирић М. Владимир	3		10
ЗДЕР1И02	Сигнали и системи	Јанковић С. Драган Стојковић Р. Сузана	3		10
ЗДЕР1И03	Напредне теме у пројектовању рачунаског хардвера	Милентијевић З. Иван Миловановић И. Емина Ћирић М. Владимир	3		10
ЗДЕР1И04	Напредне теме у софтверском инжењерству	Ранчић Д. Дејан Милосављевић Љ. Александар	3		10
ЗДЕР1И05	Напредне теме у инжењерству података и знања	Стоименов В. Леонид Стојковић Р. Сузана	3		10
ЗДЕР1И06	Напредне теме у дистрибуираним системима	Стојановић Х. Драган Стојановић М. Наталија Јанковић С. Драган	3		10
ЗДЕР1И08	Напредни Интернет системи	Тошић Б. Милорад Петковић М. Иван	3		10
ЗДНИР1	Научно истраживачки рад 1			11	30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад

### Наставни програми

#### Методологије репрезентације и реализације будућих рачунарских технологија

Правци развоја у рачунарству усмерени ка превазилажењу ограничења и крајњих граница постојећих технологија. Основне карактеристике будућих рачунарских технологија и захтеви при пројектовању. Напредне рачунарске архитектуре. Репрезентације које у потпуности искоришћавају могућности нових технологија. Методе формалних представљања у напредним рачунарским технологијама (IOT, dew, fog, cloud). Методе пројектовања. Нови приступи ка проблемима оптимизације. DNA рачунарство. Квантно рачунарство.

#### Сигнали и системи

Сигнали, системи и трансформације, од теоријских математичких основа до практичне теализације колима и софтверски реализованим алгоритмима. Методе анализе сигналаи система са применама у филтрирању, обради сигнала, комуникацијама и аутоматском управљању. Конволуција, спектралне трансформације, алгоритми за израчунавање спектралних трансформација, методе одабирања, и дискретне обраде сигнала.

#### Напредне теме у пројектовању рачунаског хардвера

Процес и ток пројектовања. Окружења за симулацију и синтезу. Верификација кола. Пројектовање аритметичких кола. Презентација аритметичких кола HDL моделима и дискусија компромиса у пројектовању. Наредне методе и напредни језици за опис хардвера. Синтеза. Пројектовање сложенијих рачунарских компоненти. Разматрање компромиса. Модел израчунавање базиран на току података. Пројектовање супер-рачунара базираних на току велике количине података. Пројектовање језгара и менаџера тока. Симулација. Имплементација стриминг процесора. Интеграција са централном процесорском јединицом. Коришћење интегрисаног приступа. Управљање потрошњом кола. Пројектовање микропрограмских контролера, аритметичких и графичких акцелератора и додатних меморијских подсистема.

### **Напредне теме у софтверском инжењерству**

Напредни концепти у моделирању и анализи софтвера. Напредни концепти софтверског инжењерства (сервисно-оријентисана архитектура, архитектура вођена моделом, агилни развој софтвера). Компонентни развој софтвера. Веб сервиси. Пројектовање и развој open source софтвера. Инжењерство мултимедијаних информација. Инжењерство ГИС апликација. Инжењерство КИС апликација. Инжењерство веб и дистрибуираних апликација. Инжењерство мобилних сервиса и система. Интеракција човек-рачунар из перспективе софтверског инжењерства. Одржавање и еволуција софтвера.

### **Напредне теме у инжењерству података и знања**

Напредни концепти и модели, укључујући просторне, временске, мултимедијалне, дистрибуиране, и мобилне базе података. NoSQL базе података и нови концепти у организацији података. Велика количина података, особине, начини прикупљања, смештања и обраде. Системи за анализу велике количине података. Друштвене мреже као извори података. Претраживање информација. Интелигентни агенти за претраживање података на Web-у. Знање, репрезентација знања, семантика и онтологије. Велике базе знања. Процес откривања знања: код просторних база података, мултимедијалних, Web mining, откривање знања из текста. Нове апликације за базе података и базе знања: документационе базе података, Web и базе података, е-пословање, е-управа, е-учење, складишта података, data mining.

### **Напредне теме у дистрибуираним системима**

Архитектуре дистрибуираних рачунарских система. Кластер системи и грид системи. Програмски модели: модел са дељивом меморијом, модел базиран на слању порука, peer-to-peer модел, брокерски модел. OpenMP. MPI. Архитектуре кластер система. Захтеви при пројектовању кластера: перформансе, јединствена слика система, толерантност на отказе, програмирање, балансирање оптерећења, безбедност, складиштење. Архитектуре грид система. Безбедносна инфраструктура грид система. Примери грида: Глобус. Примери апликација. Web сервиси, сервисно оријентисане архитектуре (SOA) и сервисно-компонентне архитектуре (SCA). Дистрибуирани системи за обраду и анализу великог обима података (Big Data). Системи за управљање и обраду токова података и комплексних догађаја. Системи издавач-претплатник и системи за нотификацију догађаја. Рачунарство у облаку. Map/Reduce (Hadoop) платформа за дистрибурану обраду података. Бежичне сензорске мреже. Анализа, дизајн и имплементација дистрибуираних система

### **Напредни Интернет системи**

Опште концептуалне претпоставке новог Интернета: преглед системске архитектуре, принцип мрежне неутралности, социо-економски аспекти, аспект мреже, безбедност, управљање ресурсима, квалитет сервиса, информациони објекти, пословни аспект. Когнитивни системи. Сервиси као основни градивни део новог Интернета: системска архитектура, p-2-p сервиси, управљање сервисима. Виртуелизација. Вишеслојне (overlay) мреже. Онтологије као градивни елемент новог Интернета: закључивање и менаџмент система, аналитика и мерење перформанси, евиденција и управљање ресурсима. Основе новог Интернета: архитектуре, мобилни Интернет, рачунарство у облаку, идентитет и поверење, претраживање и проналажење, експерименти. Архитектуре новог Интернета: рачунарство у магли (Fog computing) и гранично рачунарство (Edge computing). Технолошки аспекти: Интернет објеката око нас (Internet of Things), мреже, садржај, сервиси. Апликације: паметни градови, паметно управљање енергијом, паметно здравство, паметни пословни системи, итд. Инфраструктура и експериментални приступ развоју. Имплементација прототипа.

# КОМУНИКАЦИЈЕ И ИНФОРМАЦИОНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

## I година

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДЕТ1И01	Моделовање и пројектовање микроталасних склопова и система	Дончов С. Небојша Маринковић Д. Златица	3		10
ЗДЕТ1И02	Напредне технике заштитног кодовања	Јовановић Ж. Александра	3		10
ЗДЕТ1И03	Микроталасна електроника	Пронић-Ранчић Р. Оливера Малеш-Илић П. Наташа	3		10
ЗДЕТ1И04	Бежичне комуникације	Марковић В. Вера Станковић Ж. Зоран	3		10
ЗДЕТ1И05	CDMA и OFDM комуникације	Николић Б. Зорица	3		10
ЗДЕТ1И06	Теорија телекомуникација	Ђорђевић Т. Горан Миловић М. Даниела	3		10
ЗДЕТ1И07	Дигиталне модуларне технике	Милић Н. Дејан Николић Б. Зорица	3		10
ЗДЕТ1И08	Дигиталне телекомуникације	Перић Х. Зоран	3		10
ЗДЕТ1И09	Дигитална обрада сигнала	Перић Х. Зоран Дончов С. Небојша	3		10
ЗДЕТ1И10	Генерисање и перцепција звука	Ђирић Г. Дејан	3		10
ЗДЕТ1И11	Компресивно одабирање и примене	Николић Р. Јелена	3		10
ЗДНИР1	Научно истраживачки рад 1			11	30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад

## Наставни програми

### Моделовање и пројектовање микроталасних склопова и система

Теорија поља. Нумерички методи у примењеној електромагнетици. Вођени ЕМ таласи. Примена метода теорије кола у РФ и микроталасном подручју. Моделовање ЕМ поља. Анализа и оптимизација микроталасних кола. Моделовање и пројектовање склопова и система у различитим областима телекомуникација.

### Напредне технике заштитног кодовања

Кодови за исправљање грешака у савременим комуникационим системима и системима за складиштење података. Декодовање кодова помоћу трелиса. Витербијев алгоритам декодовања. СОВА алгоритам декодовања. ВСЈР алгоритам декодовања. Итеративни алгоритми декодовања код кодова на графу (LDPC кодови). Бит-флипинг алгоритам декодовања. Message passing алгоритам и турбо принцип. Sum-product алгоритам декодовања. Min-sum алгоритам декодовања. Галагерови алгоритми декодовања А и Б.

### Микроталасна електроника

Савремени приступ пројектовању микроталасних кола (CAD технике) - моделовање, симулација и оптимизација у поступку пројектовања. Микроталасне полупроводничке компоненте: микроталасне диоде и транзистори. Примене микроталасних полупроводничких компонената. RF и микроталасни појачавачи. Појачавачи малих сигнала и нелинеарни појачавачи. Малошумни појачавачи. Широкопојасни и балансни појачавачи. Појачавачи снаге - основне карактеристике и примене. Класе појачавача снаге. Harmonic balance анализа. RF и микроталасни осцилатори. Мешачи. Детектори. Модулатори. Микроталасна контролна кола (прекидачи, померачи фазе, лимитери, ослабљивачи). Микроталасна интегрисана кола.



### **Бежичне комуникације**

Преглед микроталасних бежичних комуникационих система. Напредни бежични сервиси. Модели простирања ЕМ таласа у RF и микроталасној фреквенцијској области. Одабрана поглавља из области фиксних и мобилних комуникационих система. Архитектуре бежичних комуникационих система и пројектовање RF склопова и подсистема за бежичне комуникације. Методе за карактеризацију нивоа нејонизујућег зрачења бежичних система и биолошких ефеката овог зрачења.

### **CDMA и OFDM комуникације**

Модели CDMA преносног канала. Представљање CDMA сигнала. Дискретни модел канала за синхрони пренос у фреквенцијски равном каналу. Дискретни модел канала за асинхрони широкопојасни CDMA пренос. Структуре пријемника за синхрони пренос. Једнокориснички пријемник са прилагођеним филтром. Структуре оптималног пријемника. Структуре пријемника за MC-CDMA и асинхрони широкопојасни CDMA. RAKE пријемник. Примери CDMA система: бежични LAN у складу са препоруком IEEE 802.11, Глобални систем за позиционирање. Преглед мобилних комуникационих система. Широкопојасни CDMA, CDMA са временском расподелом, cdmaOne, cdma2000. Имплементација и обрада сигнала код OFDM. Синхронизација и процена канала код OFDM система. Интерливинг и диверзити. Модулација и канално кодовање код OFDM система. Примери OFDM система.

### **Теорија телекомуникација**

Статистичка карактеризација канала у савременим радио-фреквенцијским и оптичким бежичним системима. Процена вероватноће грешке и капацитета применом аналитичког и симулационог приступа. Контролисана интесимболска интерференција. Оптимална детекција у различитим условима простирања. Комбинована еквилизација и кодовање. Просторно-временски кодови. Процена перформанси вишеантенских бежичних система. Проучавање преноса информација посредством видљиве светлости (Visible Light Communications - VLC) са становишта Теорије телекомуникација.

### **Дигиталне модулационе технике**

Минимално фреквенцијско тастовање (MSK) и MSK типови модулација. Модулација са континуалном фазом. Квадратурне амплитудске модулације. Спектрално ефикасне модулације без константне амбелопе. Перформансе модулационих поступака у каналима са федингом и еквилизацијом.

### **Дигиталне телекомуникације**

Адаптивна скаларна квантизација. Адаптивна импулсно кодована модулација. Адаптивна диференцијално импулсна кодована модулација. Адаптивна делта модулација. Кодовање са одложеним одлучивањем. Подопсежно кодовање. Капацитет канал и кодовање. Канално кодовање. Скаларна и векторска квантизација. Трансформационо кодовање. Компресија аудио и говорног сигнала. Компресија видео сигнала.

### **Дигитална обрада сигнала**

Дискретни сигнали и системи. Дискретна директна и инверзна Fourier-ова трансформација. Алгоритми директне и инверзне брзе Fourier-ове трансформације. Директна и инверзна z-трансформација. Функције дискретног преноса. Дискретне трансформације (DCT, DFT, DWT). Дигитални рекурзивни и нерекурзивни филтри и њихове реализације. Таласни дигитални филтри и реализације. Фреквенцијска и временска анализа. Примена дигиталних филтара у конструкцији линеарних предиктора фиксних и адаптивних. Процена параметара дискретних сигнала. Дигитална обрада сигнала у фреквенцијском домену. Основе дигиталне обраде сигнала потребне за подопсежно кодовање (банке филтара). Дигитални процесори сигнала за реализацију филтара. Програмски пакет за дигиталну обраду сигнала MATLAB.

### **Генерисање и перцепција звука**

Генерисање говорног и музичког сигнала, као и мерних акустичких сигнала. Простирање звука на отвореном и у затвореном простору. Перцепција звука. Аквизиција звука (акустички сензори). Конструкција и анализа рада савремених уређаја за снимање и репродукцију. Акустика затворених простора. Озвучавање. Бука као нежељени звук и одговарајућа заштита. Стварање звучних ефеката са унапред дефинисаним карактеристикама. Стандарди и норме акустичког квалитета. Акустичке мерне технике. Примена технологије базиране на звуку у индустрији.

### **Компресивно одабирање и примене**

Савремени приступи у аквизицији података. Значај компресивног одабирања аналогних сигнала и ретке репрезентације сигнала. Математичка формулација компресивног одабирања. Потребни услови за компресивно одабирање. Проблем конвексне оптимизације у компресивном одабирању. Минимизација векторских норми  $l_0$ ,  $l_1$  и  $l_2$ . Детерминистички приступ у компресивном одабирању. Пробабилистички приступ у компресивном одабирању. Ретка репрезентације сигнала за реконструкцију информација из непотпуних података. Ретко кодовање сигнала. Компресивно одабирање за унапред дефинисани речник. Похлепни алгоритми за реконструкцију сигнала (Greedy algorithms) и алгоритми са релаксираним условом реткости. Алгоритам базиран на тражењу поклапања уз услов ортогоналности (Orthogonal matching pursuit). Алгоритам базиран на тражењу поклапања (Matching pursuit). Алгоритам базирани на тражењу приближног поклапања (Weak matching pursuit). Анализа квалитета добијених апроксимација. Формирање речника на основу расположивих сигнала. Примене алгоритама за реконструкцију компресивно одабраног сигнала у А/Д конверзији сигнала, обради MRI и препознавању лица.

# ТЕОРИЈСКА ЕЛЕКТРОТЕХНИКА

## I година

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДЕХ1И01	Електромагнетика	Раичевић Б. Небојша	3		10
ЗДЕХ1И02	Теорија електричних кола	Цветковић Ж. Злата Вучковић Н. Ана	3		10
ЗДЕХ1И03	Антене и простирање електромагнетних таласа	Раичевић Б. Небојша Перић Т. Мирјана	3		10
ЗДЕХ1И04	Електромагнетна компатибилност	Цветковић Н. Ненад Перић Т. Мирјана	3		10
ЗДЕХ1И05	Статички електрицитет	Цветковић Ж. Злата	3		10
ЗДНИР1	Научно истраживачки рад 1			11	30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад

## Наставни програми

### Електромагнетика

Електростатика. Стационарно и временски променљиво електромагнетно поље. Максвелове једначине у интегралном и диференцијалном облику. Максвелове једначине у комплексном домену. Електромагнетне особине средине. Гранични услови. Потенцијали електромагнетног поља у хомогеним срединама. Поинтингова теорема. Аналитички методи за прорачун ЕМ поља – метод раздвајања променљивих, коришћење функција комплексне променљиве (конформно пресликавање). Нумерички методи за прорачун ЕМ поља - метод коначних разлика, метода коначних елемената (FEM), метода коначних разлика у временском домену (FDTD), метод еквивалентне електроде (EEM), хибридни метод граничних елемената (ХБЕМ). Равански електромагнетни таласи (у вакууму, диелектрицима, несавршеним проводницима, феритима и слојевитим срединама). Поларизација поља. Простирање ЕМ таласа. Френелови коефицијенти. TEM, TE и TM вођени таласи. Електромагнетско зрачење и антене.

### Теорија електричних кола

Тополошка анализа електричних кола. Анализа кола у временском и фреквенцијском домену. Мреже са расподељеним параметрима. Дискретне мреже. Граф тока сигнала. Синтеза мрежа. Моделовање и симулација електричних кола помоћу рачунара.

### Антене и простирање електромагнетних таласа

Електромагнетне особине средине. Сферни, цилиндрични и равански електромагнетни таласи (у слободном простору, диелектрицима, и слојевитим срединама). Поларизација таласа. Простирање ЕМ таласа. Френелови коефицијенти. TEM, TE и TM вођени таласи. Електромагнетско зрачење и антене. Расподела струје. Халенова интегрална једначина. Поклингтонова једначина. Функција зрачења. Добитак антене. Отпорност зрачења. Предајна и пријемна антена. Антенске решетке.

### Електромагнетна компатибилност

Природни и вештачки извори електромагнетних сметњи. Дефиниције EMC, EMI, EMD, EMS. Захтеви, прописи и стандарди у различитим областима. Ограничења и предности примене захтева EMC. Пројектовање кола и уређаја у складу са захтевима EMC. Преношење сметњи електромагнетним пољем и проводним путевима. Принципи и технике дизајнирања. Избор конфигурација и компонената. Раздвајање, оклопљавање, уземљавање, филтрирање. Каблови, конектори, заштита контаката. Заштитне пригушнице за ограничавање струје и пригушнице за редукцију хармоника у циљу побољшања квалитета електричне енергије. Електростатичка пражњења (ESD) и практични начини решавања проблема. Сметње у електроенергетским системима и EMC захтеви.

**Статички електрицитет**

Појава статичког електрицитета у технолошким процесима. Теорија паљења запаљивих смеша. Теорија пражњења статичког електрицитета са проводних и диелектричних површина. Генерисање високог напона. Моделовање индустријских и електростатичких филтара. Опасности од електростатичког електрицитета код превоза и ускладиштења запаљивих и експлозивних материја. Технике мерења електростатичких наелектрисања, поља и потенцијала. Мере заштите и елиминације статичког електрицитета у технолошким процесима.

# УПРАВЉАЊЕ СИСТЕМИМА

## I година

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДЕУ1И01	Теорија система	Антић С. Драган Митић Б. Дарко	3		10
ЗДЕУ1И02	Идентификација система	Николић С. Саша	3		10
ЗДЕУ1И03	Робустно управљање	Веселић Р. Бобан Митић Б. Дарко	3		10
ЗДЕУ1И04	Рачунарско управљање системима	Јовановић Д. Зоран	3		10
ЗДЕУ1И05	Роботика и аутоматизација	Раковић М. Мирко Николић Н. Милутин	3		10
ЗДЕУ1И06	Интелигентно управљање	Милојковић Т. Марко Николић С. Саша	3		10
ЗДЕУ1И07	Напредна мехатроника	Перић Љ. Станиша	3		10
ЗДНИР1	Научно истраживачки рад 1			11	30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад

### Наставни програми

#### Теорија система

Дефиниција система, примери, историјат, значај и класификација система аутоматског управљања. Основни принципи управљања. Математички опис динамичких система. Унифицирани прилаз анализи система. Главне перформансе система. Спецификација захтева и принципи пројектовања управљачких система. Евалуација перформанси. Инжењерски проблеми. MATLAB имплементације.

#### Идентификација система

Објекти идентификације и њихова класификација. Алгоритми идентификације. Конвергенција алгоритама идентификације. Активна идентификација. Градијентни методи идентификације. Једнодимензионални и вишедимензионални регресиони модели. Метод нелинеарне регресије. Итеративни методи идентификације. Методи пасивне идентификације. Планирање експеримента. Формирање оптималних алгоритама идентификације. Теоријски осврт на Лежандрове, Лагерове и Чебишевљеве ортогоналне полиноме. Пројектовање скоро и квази ортогоналних полинома и њихова примена у идентификација разних типова реалних динамичких система. Примена ортогоналних функција и филтара у идентификацији. Методи за оцену квалитета идентификације.

#### Робустно управљање

Неодређености и пертурбације модела линеарних динамичких система и њихова репрезентација у временском и фреквенцијском домену.  $H_2$  и  $H_\infty$  простори и норме. Спецификације перформанси и ограничења. Редукција модела објекта управљања. Неодређеност модела и робустност. Робустна стабилност и анализа перформанси. Линеарна фракциона трансформација. Структурирана сингуларна вредност. Параметризација контролера. Алгебарске Рикатијеве једначине.  $H_2$  и  $H_\infty$  управљање. Редукција реда контролера.  $H_\infty$  loop-shaping.

#### Рачунарско управљање системима

Проблеми управљања сложеним технолошким процесима. Централизовано управљање. Дистрибуирано управљање. Хијерархијско управљање. Избор рачунара за управљање у реалном времену. Улазно излазни уређаји. Програмска подршка за управљање системима у реалном времену. Спрезање рачунара са технолошким процесима. Примена микрорачунара у пројектовању и реализацији управљачких система. Примена PLC и SCADA система у управљању процесима.

Примена рачунара у процесној индустрији, у управљању дислоцираним објектима и у управљању комуналним системима.

### **Роботика и аутоматизација**

Производни систем. Основне производне стратегије. Продуктивност и флексибилност у производњи. Неуређеност средине као мотив примене роботике. Роботи у производним и непроизводним срединама. Основне конструкције робота. Сензори робота. Завршни уређаји робота. Управљање кретањем и програмирање робота. Системи за визију. Транспортни системи. Програмабилни логички контролери. Индустријски интерфејси. Формирање флексибилне производне ћелије.

### **Интелигентно управљање**

Интелигентни системи за класификацију и оптимизацију база података. Типови учења неуронских мрежа. Recommender системи. Large Scale Machine Learning. Хибридни интелигентни системи. ANFIS.

### **Напредна мехатроника**

Увод: Мехатронички системи и преглед линеарних система. Минималне реализације линеарних система и Калманова декомпозиција. Функције матрица и фазни портрети линеарних система. Фазни портрети нелинеарних система. Теорија бифуркације. Стабилност у смислу Љапунова. Lie заграде и feedback линеаризација. Управљање клизним режимима. Отклањање поремећаја. Системи са више улаза и више излаза. Принцип оптималности. Синтеза система типа регулатора и праћења коришћењем LQR-а. Увод у дигитално управљање и з-домен. Пројектовање дигиталних управљачких система.

## II година

(студент бира 3 предмета са листе)

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДЕПЗИ01	Одабрана поглавља из електричних машина и трансформатора	Стајић П. Зоран	3		10
ЗДЕПЗИ02	Електричне машине и претварачи за обновљиве изворе енергије	Петронијевић П. Милутин Митровић Н. Небојша	3		10
ЗДЕПЗИ03	Дигитално управљање претварачима и погонима	Петронијевић П. Милутин	3		10
ЗДЕПЗИ04	Прорачун атмосферских пренапона	Јавор Л. Весна	3		10
ЗДЕПЗИ05	Електроенергетска кабловска техника	Тасић С. Драган Раичевић Б. Небојша	3		10
ЗДЕПЗИ06	Квалитет електричне енергије у дистрибутивним мрежама	Коруновић М. Лидија	3		10
ЗДЕПЗИ07	Активне дистрибутивне и микро мреже	Јањић Д. Александар	3		10
ЗДЕЕЗИ01	Дигитална обрада аудио сигнала	Станчић З. Горан	3		10
ЗДЕЕЗИ02	Пројектовање дигиталних кола и система	Димитријевић А. Марко	3		10
ЗДЕЕЗИ03	Пројектовање ембедед система	Николић Р. Татјана	3		10
ЗДЕЕЗИ04	Пројектовање система на чипу	Милић Љ. Миљана	3		10
ЗДЕЕЗИ05	ДСП архитектуре и алгоритми	Николић Р. Татјана	3		10
ЗДЕЕЗИ06	Тестирање електронских кола	Милић Љ. Миљана	3		10
ЗДЕЕЗИ07	Реконфигурабилни системи	Ђорђевић Љ. Горан	3		10
ЗДЕЕЗИ08	Синтеза филтара	Николић В. Саша Станчић З. Горан	3		10
ЗДЕЕЗИ12	Архитектуре РФ система	Јовановић С. Горан	3		10
ЗДЕЕЗИ13	Компјутерска визија	Николић В. Саша	3		10
ЗДЕЕЗИ14	Ултразвучна техника	Манчић Д. Драган	3		10
ЗДЕМЗИ01	Мерно аквизициони системи	Денић Б. Драган Живановић Б. Драган	3		10
ЗДЕМЗИ02	Индустријски мерно - информациони системи	Денић Б. Драган	3		10
ЗДЕМЗИ03	Мерно-информационе технологије	Денић Б. Драган	3		10
ЗДЕМЗИ04	Медицинска и биоелектронска мерна техника	Симић М. Милан	3		10
ЗДЕНЗИ01	Компоненте и кола снаге	Манић Ђ. Ивица	3		10
ЗДЕНЗИ02	Микросензори	Врачар М. Љубомир	3		10
ЗДЕНЗИ03	Поузданост компонената и микросистема	Давидовић С. Војкан	3		10
ЗДЕНЗИ04	Прогноза својстава материјала	Пауновић В. Весна	3		10
ЗДЕНЗИ05	Савремени електронски керамички материјали и структуре	Митић В. Војислав	3		10
ЗДЕНЗИ06	Софтверски инжењеринг у микроелектроници	Пантић С. Драган	3		10
ЗДЕНЗИ07	Соларни системи, технологије и компоненте	Пантић С. Драган	3		10
ЗДЕНЗИ08	Технологије, пројектовање и карактеризација микросистема	Пријић Д. Зоран	3		10
ЗДЕНЗИ09	Моделирање поузданости MOS компонената	Данковић М. Данијел	3		10
ЗДЕНЗИ10	Утицај зрачења на микроелектронске компоненте	Голубовић М. Снежана	3		10
ЗДЕАЗИ02	Математички методи оптимизације	Маринковић Д. Слађана	3		10
ЗДЕАЗИ03	Анализа нумеричких алгоритама	Марјановић М. Звездан	3		10

ЗДЕАЗИ04	Спектрална теорија графова	Матејић М. Марјан	3	10
ЗДЕАЗИ05	Итеративни методи високе ефикасности	Ранчић З. Лидија	3	10
ЗДЕАЗИ06	Симулација индустријских система	Милојковић Т. Марко Перић Љ. Станиша	3	10
ЗДЕАЗИ07	Математички модели у индустрији	Антић С. Драган Милојковић Т. Марко	3	10
ЗДЕАЗИ08	Математичке основе статистичког учења и примене	Перић Х. Зоран Милошевић М. Душан	3	10
ЗДЕФЗИ01	Компоненте вакуумске и гасне електронике	Ристић С. Горан	3	10
ЗДЕФЗИ02	Медицинска физика	Ристић С. Горан	3	10
ЗДЕФЗИ03	Полупроводничке компоненте и технологије	Пријић П. Анета	3	10
ЗДЕФЗИ04	Сензори и претварачи	Врачар М. Љубомир	3	10
ЗДЕФЗИ05	Технолошки процеси у гасовима и вакууму	Голубовић М. Снежана	3	10
ЗДЕРЗИ01	Пројектовање и анализа паралелних алгоритама	Миловановић И. Емина Миловановић Ж. Игор	3	10
ЗДЕРЗИ02	Напредне теме из пројектовања система високе поузданости	Милентијевић З. Иван Миловановић И. Емина	3	10
ЗДЕРЗИ03	Биоинформатика	Тошић Б. Милорад Нејковић М. Валентина	3	10
ЗДЕРЗИ04	Медицинска информатика	Јанковић С. Драган Рајковић Ј. Петар	3	10
ЗДЕРЗИ05	Примене спектралне логике у пројектовању дигиталних уређаја	Стојковић Р. Сузана	3	10
ЗДЕРЗИ06	Напредне теме у мобилном и свеприсутном рачунарству	Стојановић Х. Драган Пређић Б. Братислав	3	10
ЗДЕРЗИ07	Напредне теме у рачунарској графици	Ранчић Д. Дејан Милосављевић Љ. Александар Димитријевић М. Александар	3	10
ЗДЕРЗИ08	Напредне теме у интелигентним системима	Стоименов В. Леонид Тошић Б. Милорад Станимировић С. Александар	3	10
ЗДЕРЗИ09	Напредне теме у специјализованим информационом системима	Стојановић Х. Драган Јанковић С. Драган Ранчић Д. Дејан Пређић Б. Братислав	3	10
ЗДЕРЗИ10	Математичка теорија игара	Вучковић В. Владан	3	10
ЗДЕРЗИ11	Напредне теме у образовним технологијама	Милентијевић З. Иван Стоименов В. Леонид Ранчић Д. Дејан Јанковић С. Драган	3	10
ЗДЕРЗИ12	Вебмајнинг и откривање информација	Стојковић Р. Сузана Богдановић Д. Милош	3	10
ЗДЕТЗИ01	Аудио комуникације	Ђирић Г. Дејан	3	10
ЗДЕТЗИ02	Антене и простирање	Дончов С. Небојша Станковић Ж. Зоран	3	10
ЗДЕТЗИ03	Примена неуронских мрежа у телекомуникацијама	Марковић В. Вера Маринковић Д. Златица Станковић Ж. Зоран	3	10
ЗДЕТЗИ04	Сателитски комуникациони системи	Пронић-Ранчић Р. Оливера	3	10
ЗДЕТЗИ05	РФ и микроталасни појачавачи	Малеш-Илић П. Наташа	3	10
ЗДЕТЗИ06	Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала	Дончов С. Небојша	3	10
ЗДЕТЗИ07	Детекција сигнала у шуму	Перић Х. Зоран Милић Н. Дејан	3	10
ЗДЕТЗИ08	Комуникациони алгоритми и примена	Николић Б. Зорица	3	10



ЗДЕТЗИ09	Мобилне комуникације пете и шесте генерације	Милошевић Д. Ненад	3		10
ЗДЕТЗИ10	Теорија информација и изворно кодовање	Перић Х. Зоран Јовановић Ж. Александра	3		10
ЗДЕТЗИ11	Статистичка обрада сигнала	Ђорђевић Т. Горан	3		10
ЗДЕТЗИ12	Дигиталне комуникације у каналу са фединггом	Миловић М. Даниела	3		10
ЗДЕТЗИ13	Кохерентни оптички телекомуникациони системи	Милић Н. Дејан	3		10
ЗДЕТЗИ14	Теорија и примене софтверског радија	Милошевић Д. Ненад	3		10
ЗДЕТЗИ15	Напредне технике моделовања за РФ апликације	Марковић В. Вера Маринковић Д. Златица	3		10
ЗДЕТЗИ16	Оптичке телекомуникације у слободном простору	Милић Н. Дејан Миловић М. Даниела	3		10
ЗДЕТЗИ17	Напредна обрада сигнала и података	Перић Х. Зоран Николић Р. Јелена	3		10
ЗДЕХ2И01	Методи за прорачун стационарних електромагнетних поља	Цветковић Н. Ненад Перић Т. Мирјана Вучковић Н. Ана	3		10
ЗДЕХ2И02	Инверзни проблеми у електромагнетици	Раичевић Б. Небојша Перић Т. Мирјана	3		10
ЗДЕХ2И03	Метод граничних елемената у електромагнетици	Раичевић Б. Небојша Вучковић Н. Ана	3		10
ЗДЕУЗИ01	Технике дигиталног управљања	Веселић Р. Бобан	3		10
ЗДЕУЗИ02	Оптимално управљање	Антић С. Драган Веселић Р. Бобан	3		10
ЗДЕУЗИ03	Системи променљиве структуре	Антић С. Драган Митић Б. Дарко	3		10
ЗДЕУЗИ04	Дистрибуирано рачунарско управљање	Јовановић Д. Зоран	3		10
ЗДЕУЗИ05	Предиктивно управљање	Митић Б. Дарко Николић С. Саша	3		10
ЗДЕУЗИ06	Адаптивни системи аутоматског управљања	Перић Љ. Станиша Милојковић Т. Марко	3		10
ЗДНИР2	Научно истраживачки рад 2			11	30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад

## Наставни програми

### Одабрана поглавља из електричних машина и трансформатора

Опис већег броја специфичних проблема који се јављају у току експлоатације електричних машина и трансформатора у различитим гранама привреде. Поставка проблема и избор приступа за њихово решавање. Оптималан избор мерне и испитне опреме за вршење испитивања у експлоатационим условима. Избор оптималних математичких модела за дате случајеве. Корисни софтвери који могу олакшати анализу. Веза између теорије и теорије и праксе. Примери добре праксе у примени једноставнијих и сложенијих модела, у зависности од расположивих података и резултата извршених испитивања. Анализа добијених резултата. Посматрање електричних машина и трансформатора као "мерних уређаја" на основу чијег понашања се могу добити детаљне информације и о раду погона (постројења) у којима ови уређаји раде.

### Електричне машине и претварачи за обновљиве изворе енергије

Топологије претварача за прикључење обновљивих извора енергије (ОИЕ) на електроенергетску мрежу. Ветрогенератори са фиксном и променљивом брзином рада - DFIG, back-to-back енергетски претварачи. Фотонапонски извори. Претварачи једносмерног напона. Складишта енергије. Оптимизација режима рада претварача. Стационарни и динамички режими рада. Синхронизација са мрежом, регулација токова снаге. Рад претварача у изолованим микромрежама. Координација

рада претварача. Утицај напајања на рад претварача: хармоници, пропади напона, пренапони, кратки спојеви. Интеграција ОИЕ у дистрибутивне мреже.

### **Дигитално управљање претварачима и погонима**

Дигитални процесори сигнала. Управљачко - регулациона кола за једносмерне и наизменичне погоне. Технике импулсно-ширинске модулације (PWM) - поређење карактеристика, избор. Модулација просторног вектора. Matlab DSP i FPGA Toolbox. Оптимизација метода управљања претварачима. Пренапони и струје цурења. Утицај несавршености напајања на рад претварача и мотора. Активни мрежни исправљач. Мрежни инвертор. Рад претварача при несиметричном напајању. Векторско управљање погонима са асинхроним моторима. Дигитална регулација струја и брзине. Савремене методе управљања синхроним мотором са сталним магнетима. Естимација електричних и неелектричних величина

### **Прорачун атмосферских пренапона**

Моделовање електромагнетног поља атмосферског пражњења. Модификоване једначине телеграфичара које укључују утицај спољашњег електромагнетног поља. Taylor-Satterwhite-Harrison модел. Agrawal-Price-Gurbaxani модел. Rachidi модел. Моделовање губитака и утицаја коначне проводности земље. Baum-Liu-Tesche једначине. Простирање пренапона на надземним вишепроводничким водовима. Простирање пренапона на подземним водовима. Електродинамичка корекција једначина класичне теорије водова. Решавање једначина у временском домену методом коначних разлика. Решавање једначина простирања електромагнетних таласа на водовима у фреквентном домену. Рачунарски програми за симулацију атмосферских пренапона у електроенергетским системима.

### **Електроенергетска кабловска техника**

Метод коначних елемената. Метод еквивалентне електроде. Гранични услови за прорачун електричног поља. Прорачун електричног поља у једножилним и трожилним кабловима, спојницама и завршницама. Гранични услови за прорачун термичког поља. Прорачун термичког поља у једножилним и трожилним кабловима, спојницама и завршницама. Прорачун струјне оптеретљивости каблова у различитим експлоатационим условима. Старење каблова. Процена животног века кабла. Прорачун струјне оптеретљивости уз уважавање процеса старења каблова.

### **Квалитет електричне енергије у дистрибутивним мрежама**

Значај квалитета електричне енергије за рад дистрибутивних мрежа. Основни термини и дефиниције, важност и релевантност, нивои толеранције. Методе мерења и праћења параметара - напредни мерни системи. Варијације напона у устаљеном стању и фликер - дефиниције, извори и последице. Пропади напона - дефиниције, карактеристике, узроци, простирање и последице. Осетљивост опреме на пропаде и процена финансијских губитака. Хармоници - дефиниције, извори и последице. Методе за анализу виших хармоника. Простирање хармоника - прорачун токова хармоника струје. Методе отклањања виших хармоника. Пројектовање и прорачун филтара. Преглед постојећих међународних прописа и стандарда.

### **Активне дистрибутивне и микро мреже**

Појам активних дистрибутивних мрежа и микромрежа. Типичне конфигурације микромрежа. Повезивање и динамичка интеракција микромреже са јавном дистрибутивном мрежом. Техничке и економске предности. SCADA и активне дистрибутивне мреже. Управљање микромрежом у острвском раду. Заштита у острвском раду мреже. Утицај микромреже на остале енергетске ресурсе. Економија микромрежа и учешће на тржишту електричне енергије.

### **Дигитална обрада аудио сигнала**

Основни формати аудио-сигнала. Одмеравање и реконструкција сигнала. А-Д и Д-А конверзија. Избор учестаности одабирања и трансформације. Ефикасно израчунавање брзе Фуријеове трансформације. Децимација и интерполација. Дигиталне банке филтара за подопсежно

кодовање. Спектрална анализа. Примена обраде сигнала у анализи и синтези говорних и музичких сигнала.

### **Пројектовање дигиталних кола и система**

Пројектовање дигиталног кола у складу са могућностима и ограничењима: површина, потрошња, брзина, избор архитектуре, ширина магистрале, протоколи. Заштите интегритета сигнала. Спрега са различитим референтним нивоима напајања. Развођење више нивоа напајања на чипу. Расподеле густине снаге у интегрисаном колу. Управљање напајањем у колу. Клок и синхронизација. Пројектовање за тестабилност. Пројектовање за производњу. Примена IP блокова. Макроћелије. Израда прототипа кола/система на FPGA.

### **Пројектовање ембедед система**

Ембедед у односу на процесоре опште намене. Методологије пројектовања хардвера и софтвера ембедед система. Модели израчунавања. Ограничења и изазови (висока поузданост, високе перформансе, ниска цена, микро потрошња). Хардвер/софтвер кодизајн. Програмирање и оптимизација кода. Средства за развој и тестирање. Ембедед оперативни системи. Планирање извршења задатака у реалном времену. Избор и уградња оперативног система. Верификација. Мултипроцесорске архитектуре. Типови. Хомогене и хетерогене мултипроцесорске структуре. Процесни елементи. Спрежне мреже. Меморијски системи. Физичка дистрибуираност. Методологије пројектовања и алгоритми. Мултипроцесорски софтвер. Оперативни системи. Сервиси и middleware. Верификација дизајна. SoC дизајн. Пројектовање сложених SoC-ова на системском нивоу. Конфигурабилни процесори. Софтверски и хардверски поглед. Апликационо специфични процесори. Аутоматска конфигурација процесора и скупа инструкција. Компјалери. Акцелераторске јединице. MPSoC-ови. Пројектовање SoC-ова коришћењем конфигурабилних језгара. Магистрале и мреже на чипу. Оперативни системи за MPSoC. Тестирање и верификација. Типичне апликације.

### **Пројектовање система на чипу**

Класификација електронских система. Спецификација система на чипу. Токови података у систему на чипу. Интегритет сигнала уз систему на чипу. Ефекти дугих веза. Примена различитих методологија пројектовања на једном чипу. Хијерархијски нови пројектовања. Примена IP блокова. Функционална верификација пројекта. Физичка верификација и анализа.

### **ДСП архитектуре и алгоритми**

Специфичности и архитектуре ДСП процесора. Области примене ДСП-ова. Начин презентације података и аритметика, ефекат коначне дужине речи, програмски аспекти, рад у реалном времену и хардверски интерфејс. Програмирање ДСП процесора на асемблерском језику и на вишем програмском језику. ДСП за рад у фиксном зарезу. ДСП за рад у покретном зарезу. ДСП за ембедед апликације. ДСП на FPGA. Оптимизација кода. Хардверске реализације: дигитални филтри (FIR и IIR), дискретна Фуријерова трансформација, CORDIC, алгоритми за криптографију, кола за дигиталну модулацију и демодулацију.

### **Тестирање електронских кола**

Модели дефеката у аналогним и дигиталним колима. Конкурентна симулација дефеката. Тестирање дигиталних кола. Тестирање комбинационих, секвенцијалних и кола са регуларном топологијом. Аутоматизација генерисања теста. Тестирање и симулација дефеката кашњења. Тестирање система са мешовитим сигналима. Пројектовање за тестабилност. Основни концепти Boundary Scan концепта. Уграђено самотестирање. Електронски уређаји за тестирање.

### **Реконфигурабилни системи**

Увод у реконфигурабилне системе. Упоредни преглед архитектуре савремених FPGA кола. Трендови развоја. Ток пројектовања, методологије и алати за пројектовање. Креирање и оптимизација HDL кода за FPGA синтезу са аспекта перформанси, сложености и потрошње енергије.

Пресликавање RTL структура на FPGA и имплементација: распоређивање и повезивање. Реконфигурабили системи грубе грануларности и мулти-FPGA системи. Хибридне архитектуре: софт-микропроцесори, подела на хардвер и софтвер. Поређење FPGA и мултикор архитектура. Реализација аритметичких кола у FPGA. Примене реконфигурабилних система у областима: биоинформатика, дигитална обрада сигнала, обрада слика, криптографија, молекуларна динамика, динамика флуида, високо-поуздани системи. Напредне теме: динамичка реконфигурабилност, делимична реконфигурабилност.

### **Синтеза филтара**

Преносна функција. Карактеристична функција. Коефицијент рефлексије.  $z$  и  $y$  параметри мреже са два приступа. Синтеза пасивних филтара. Синтеза полиномских филтара. Синтеза филтара са коначним нулама преноса. Синтеза минимално фазних филтара. Синтеза механичких, керамичких и кристалних филтара. Филтри са расподељеним параметрима. Синтеза активних RC филтара. Филтарске конфигурације. Конвертори импеданси. Реализација биквадратне преносне функције. Активне RC мреже са расподељеним параметрима у интегрисаној техници. Дигитални филтри. Преносна функција дигиталног филтра. Билинеарна  $z$  трансформација. Основне филтарске конфигурације. Рекурзивни и нерекурзивни дигитални филтри. Директне методе апроксимације у  $z$ -домену за IIR и FIR филтарске функције. Реализација филтара. Својства различитих конфигурација. Осетљивост. Декомпозиција. Типични проблеми реализације филтара. Примена програма MATLAB, MATHEMATICA, WORKBENCH, FILTER.

### **Архитектуре РФ система**

Архитектуре предајника и пријемника. Технологије за израду РФ кола. Оптимизација фактора шума, интермодуационих изобличења и фактора стабилности код малешумних појачавача и баланских мешача. Џитер и фазни шум код напонски контролираних осцилатора са негативном трансдуктансом и ПЛЛ синтезатора фреквенције. РФ појачавачи снаге и дуплексери. Мулти стандард примо-предајници. Радари, Бежичне сензорске мреже, Специјални антенски системи, поља антена, РФИД, Навигациони системи.

### **Компјутерска визија**

Издавање обележја у слици - глобална и локална обележја (MPEG-7 CLD, MPEG-7 END, LBP, SIFT). Класификација обележја (K-суседа, Бајесова метода, SVM, Неуронске мреже). Претраживање и класификација слика на основу садржаја. Технике брзог претраживања применом машинског учења. Детекција и препознавање 2Д објеката у слици. Праћење објеката у видео секвенци. Стереовизија. Основе 3Д визије.

### **Ултразвучна техника**

Пиезоелектричне керамике. Моделирање пиезоелектричних керамике. Пројектовање ултразвучних таласовода, концентратора и сонотрода. Моделирање металних резонатора. Пројектовање, моделирање и оптимизација снажних ултразвучних претварача. Пројектовање, моделирање и оптимизација снажних ултразвучних електронских генератора. Основне примене снажног ултразвука. Ултразвучни системи за чишћење и заваривање.

### **Мерно аквизициони системи**

Физички и математички модели процеса мерења. Методе конверзије процесираних сигнала (АДК и ДАК). Кондиционирање сигнала (линеаризација, појачање, филтрирање, и др.). Аквизиција мерно-информационих података (мултиплексирање, S&N кола, конвертори). Универзална аквизициона картица. Стандардни интерфејси, протоколи и комуникације у мерно-аквизиционим модулима. Аутоматски тест системи на бази DAQ и примена.

### **Индустријски мерно - информациони системи**

Основни блок дијаграм мерно-информационог система. Дефиниције. Процесирање сигнала и пренос сигнала. Жичана и бежична телеметрија. Стандарди. Пројектовање аналогних електронских

кола за повезивање сензора. Методи и системи за побољшање односа сигнал-шум. Системи базирани на рачунару и стандардни комуникациони интерфејси. Дистрибуирани мерни системи и Интернет повезивање. Виртуелна инструментација и виртуелне лабораторије.

### **Мерно-информационе технологије**

Општи модели процеса мерења. Извори мерних информација и метролошки параметри мерних сигнала. Микроелектронска кола у обради мерних сигнала. Конвертори аналогног мерног сигнала у дигитални код (мултиплексери, семплери, ADC, DAC) и индикатори. Архитектуре и хијерархијска организација софтвера мерно-аквизиционих система. Универзалне аквизиционе картице. Мерно-информациони електронски модули (DAQ, DAS). Стандардни интерфејси. Интелигентни и виртуални мерни инструменти. Принципи калибрације мерних модула и система.

### **Медицинска и биоелектронска мерна техника**

Увод у биомедицинску мерну инструментацију. Извори биоелектричног потенцијала. Биопотенцијални појачавачи и обрада сигнала. Електростимулација. EKG, EEG, EMG, ERG. Ултразвучни медицински уређаји. Електротерапија. Дефибрилатори. Пејсмејкери. Хирушка инструментација. Инструменти за формирање медицинске слике на бази електромагнетног зрачења и на бази нуклеарне магнетне резонанце.

### **Компоненте и кола снаге**

Увод. Врсте и примене компонената снаге. Структуре и технологије израде: биполарна, CMOS, BiCMOS, SOI. Дискретне компоненте снаге. PN, PiN и Шоткијева диода. Тиристор: SCR, GTO, триак, оптички окидан тиристор. Биполарни транзистор снаге. Дарлингтонов пар. Статичке индукционе компоненте снаге: SIT и SITh. MOS компоненте снаге: LDMOS и VDMOS транзистор, MOS контролисан тиристор. IGBT. Електричне карактеристике и посебни ефекти. Ефекти великих густина струје, квазисатурација, отпорност укључења, термички ефекти, секундарни пробој, утицај паразитних структура. Област безбедног рада (SOA). Електрични SPICE модели. Интегрисана кола снаге. Принципи интеграције компонената снаге. Снажни модули. Хибридна интегрисана кола снаге. Монолитна интегрисана кола снаге. Високонапонска кола. Интелигентна кола снаге (ИКС) и систем на чипу (SoC). Изолација компонената на чипу. Функционални блокови ИКС. Блок снаге. Кола за побуду. Напонске референце. Кола за спољну комуникацију. Заштитни блокови: напонска, струјна и температурна заштита. Примери примене ИКС. ИКС у аутомобилу. Контрола осветљења. Управљање радом електромотора.

### **Микросензори**

Информационо-процесни системи. Мерни и контролни системи. Претварачи. Дефиниција и подела сензора. Опште сензорске карактеристике и ограничења. Дефиниције параметара. Калибрација. Корекција грешке. Технологија израде и поузданост. Сензори сигнала зрачења, механичких сигнала, топлотних сигнала, магнетних сигнала, хемијских сигнала и биолошких сигнала. Конструкције и принципи рада различитих сензора. Применене. Интелигентни сензори и претварачи. Функционални блокови. Микро-електро-механички сензори (MEMS) и микросистеми. Примена микросензора код IoT и WSN система.

### **Поузданост компонената и микросистема**

Елементи теорије поузданости. Појам облика, механизма и узрока отказа. Функција поузданости, интензитет отказа, коритаста крива, време до отказа, време рада између отказа, функције расподеле (експоненцијална, Weibull-ова, нормална, гама расподела). Деградација и отказ микроелектронских компонената (дефекти у супстрату, дефекти у оксиду, пробој диелектрика, откази на контактима и метализацији, кућиште и изводи). Откази услед пренапрезања (повишена температура, влага, електрично поље, јонизујуће зрачење, електростатичко пражњење, механичко напрезање и вибрације). Поузданост и откази код вишеслојних штампаних плоча, кондензатора, калемова, литијум-јонских батерија, примопредајних модула, MEMS компонената, соларних модула. Дијагностика отказа, микроскопија и електрично тестирање. Убрзано испитивање

поузданости - одговарајући тестови и опрема, фактор убрзања код појединих тестова. MIL-STD и IEC и стандарди. Анализа времена исправног рада. Хи-квадрат тест. Примена софтверског пакета Weibull+ за моделирање поузданости.

### **Прогноза својстава материјала**

Прогноза својстава материјала као основа за добијање материјала са унапред задатим својствима. Научни ланац теорија-експеримент. Мултидисциплинарни приступ изучавању прогнозе са становишта доступности литературе и интернета. Еволуција структуре материјала и нанометеријала. Дијаграм структура, својстава и технологија материјала са становишта електронских компонената и уређаја и прогноза металних, керамичких, аморфних, и других материјала. Симетрија у чврстим и течнокристалним материјалима. Микро и атомска структура идеалних и дефектних кристалних материјала. Електронска структура као основа модерне прогнозе својстава материјала. Термодинамичке методе прогнозе. Класични и статистичко-термодинамички приступ изучавању термичких, механичких, електромагнетних, галваноманетних и електрооптичких феномена. Својства и технологије материјала. Прогноза својстава материја са становишта захтева микро, нано, опто и нискотемпературне електронике. Перспективе развоја прогнозе са освртом на модерне технологије.

### **Савремени електронски керамички материјали и структуре**

Нова керамичка цивилизација. Глобална стратегија истраживања и развоја електронских керамичких материјала. Корелација утицаја структурне хијерархије (микро- и нано- структурних карактеристика) и фазног састава на електрична, полупроводна, диелектрична и магнетна својства керамичких материјала. Модерне методе карактеризације керамичких материјала. Методе стереологије. Фрактали и електронска керамика. Компјутерске технологије у истраживању, карактеризацији и симулацији нових структура и својстава керамичких материјала. Наноструктура и нанотехнологије у електронској керамици. Технологије добијања керамичких материјала. Електропроводна керамика. Керамички материјали за различите компоненте, функције и својства : кондензатори, сензори, фероелектрици и ПТЦР и НТЦР ефекти. Електрооптичка керамика. Оптичка влакна. Керамички материјали за микроталасне компоненте различитих фреквентних опсега. Фероелектрични материјалаи и други керамички материјали у медицини и роботизици. Електронски керамички материјали за нове изворе енергије, телекомуникационе и информационе технологије. Керамички материјали за свемирске технологије. Керамички материјали и високе интеграције и паковање електронских компонената и параметара у микроелектронским уређајима. Светски трендови у области производње и рециклаже керамике, као и посебни аспекти у области глобалне безбедности од нових керамичких материјала и технологија.

### **Софтверски инжењеринг у микроелектроници**

Увод. Моделирање и симулација. Примена рачунара и софтверских алата у процесу пројектовања микроелектронских компонената и система. Пројектовање нумеричког експеримента (DOE). Симулација и моделирање технолошких процеса за производњу микроелектронских компонената. Моделирање процеса јонске имплантације, дифузије, оксидације, нагризања и литографских процеса. Симулација електричних карактеристика компонената. Систем основних полупроводничких једначина, модели покретљивости, генерације и рекомбинације носилаца. Домен симулације, дискретизација и решавање система парцијалних диференцијалних једначина. TCAD софтверски алати. Електрично моделирање. Модели пасивних и активних компонената. Екстракција параметара. Аналитички, физички, нумерички и неуронски приступи моделирању. Верификација и калибрација модела. Структурно моделирање. 2D и 3D структуре. Симулација ефеката термичког и механичког напрезања.

### **Соларни системи, технологије и компоненте**

Соларна енергија. Фотонапонски ефекат. Генерација носилаца наелектрисања услед абсорпције светлости. Абсорпција код директних и индиректних полупроводника. Соларне ћелије. Основни механизми конверзије енергије. Струјно-напонска карактеристика. Фотоструја, струја засићења и

омска отпорност реалне соларне ћелије. Високо ефикасне соларне ћелије. Структуре и процеси за производњу високо ефикасних соларних ћелија. Материјали и технологије за производњу Si соларних ћелија. Нови материјали, нови концепти и нови трендови развоја соларних ћелија. Типови соларних ћелија. Анализа и карактеризација соларних ћелија. Струјно-напонска карактеристика, спектрални одзив. Моделирање и симулација соларних ћелија TCAD софтверским алатима. Генерализовани Pspice модел соларних ћелија. PV системи. Компоненте PV система. Врсте PV система. Примене PV система и њихова инсталација. Мали PV системи за напајање мобилних уређаја. Утицај PV система на околину. Рециклирање PV система. Цена и тржиште PV система. Трендови развоја PV система.

### **Технологије, пројектовање и карактеризација микросистема**

Основни појмови. Материјали за микросистеме - Материјали у силицијумским технологијама: монокристални силицијум, поликристални силицијум, силицијум диоксид, силицијум нитрид, метални филмови, полимери. Материјали у другим технологијама: силицијум карбид, дијамант, галијум арсенид и друга III/V полупроводничка једињења, пиезоелектрична керамика. Особине материјала и физички ефекти. Технолошки процеси у производњи микросистема - Стандардни технолошки процеси: литографски процеси, процеси депозиције танких слојева: CVD процеси, PVD процеси, процеси нагризања: влажно нагризање и суво нагризање. Остали технолошки процеси: анодно бондирање, фузионо бондирање, сол-гел депозиција, електролитичка депозиција. Технологије микромашинства. Површинско микромашинство, запреминско микромашинство, LIGA, DXRL и EFAB технологије, монтажа и интеграција микросистема у кућишта. Дијаграм тока пројектовања микросистема. Карактеризација компонената и подсистема. Интеграција аналогних и дигиталних компонената микросистема. Напајање микросистема. Оптимизација перформанси.

### **Моделирање поузданости MOS компонената**

Убрзана испитивања периода поузданог рада MOS транзистора. Методе пројектовања експеримената. Напонско температурна напрезања MOS транзистора. Утицај напонско температурних напрезања на електричне карактеристике транзистора. Моделирање електричних параметара MOS транзистора. Напонски (класичан модел базиран на линеарној екстраполацији; VG модел; 1/VG модел; модел степене функције E-n) и температурни модели за одређивање периода поузданог рада MOS транзистора у нормалним радним условима. Одређивање експерименталних вредности периода поузданог рада. Период поузданог рада – екстраполација на нормалне услове рада. Анализа утицаја избора електричног параметра, критеријума отказа, опсега изабраних напона и температура, и изабраног модела на процену периода поузданог рада.

### **Утицај зрачења на микроелектронске компоненте**

Особине гама и неутронског зрачења. Дефекти изазвани зрачењем код микроелектронских компонената. Утицај зрачења на електричне карактеристике. Механизми нестабилности карактеристика код микроелектронских компонената. Оджаривање дефеката.

### **Математички методи оптимизације**

Елементи конвексне анализе. Конвексни скупови и конвексне функције. Субградијенти и упоштења конвексности. Услови оптималности и регуларности. Лагранжова функција и дуалност. Линеарно програмирање и симплекс метод. Нелинеарно програмирање. Квадратно програмирање. Алгоритми и конвергенција. Безусловна оптимизација. Оптимизација са ограничењима. Методи унутрашње тачке. Вишекритеријумска оптимизација. Статистичко-стохастички методи. Елементи варијационог рачуна. Варијациони методи.

### **Анализа нумеричких алгоритама**

Проблеми линеарне алгебре. Директни и итеративни методи са решавање система линеарних једначина, инверзију матрица и налажење сопствених вредности матрица. Слабо условљени системи. Нелинеарне једначине и системи. Newtonов и други методи. Метод Newton--Канторовича. Алгебарске једначине. Bernoulliev метод. Симултани методи. Gauss--Seidelов приступ.

Апроксимација функција. Интерполација. Проблем најбољих апроксимација. Диференцирање и интеграција. Newton--Cotesове и Gaussoве квадратурне формуле. Методи са убрзавање: конвергенције низова и редова, матричног множења. Aitkenов метод. Euler--Abelова трансформација. Брза Fourierова трансформација (FFT).

### **Спектрална теорија графова**

Тополошки индекси графа засновани на степенима чворова и грана (Загребачки индекси, Рандић индекси, GA тополошки индекс, ABC тополошки индекс, ISI, SDD,...). Основне особине тополошких индекса, границе, вредности на конкретним графовима. Матрице придружене графу (матрица суседства, матрица суседства по гранама, матрица инцидентности, Лапласова матрица, нормализована Лапласова матрица, Рандић матрица, signless Лапласова матрица,...). Спектри графова и основне особине. Енергије матрица и графова. Кирхофови индекси. Операције са графовима и спектри. Регуларни графови. Мере ирегуларности графа.

### **Итеративни методи високе ефикасности**

Основне карактеристике итеративних метода. Анализа конвергенције, ред конвергенције, P-ред конвергенције. Проблем почетних вредности и стабилност метода. Итеративни методи високе тачности за одређивање нула аналитичке функције и нула полинома. Итеративни методи за одређивање решења система линеарних једначина (простор Крилова, Арнолди итерације, ГМРС метод). Примена математичких софтверских алата у реализацији наведених метода.

### **Симулација индустријских система**

Појам и методи симулације. Формирање симулационих модела. Средства за симулацију. Математичка подлога дигиталне симулације. Нумерички методи имплементирани у средствима за симулацију. Симулација система са расподељеним параметрима. Симулација система са дисконтинуитетима. Грешке при симулацији и методи за њихово превазилажење. Примена симулације у идентификацији, пројектовању и оптимизацији система аутоматског управљања. Симулација у реалном времену, хардверски и софтверски аспекти, алгоритми нумеричке интеграције. Симулација индустријских система. Симулација сложених система. Савремени трендови у симулацији индустријских система.

### **Математички модели у индустрији**

Појам модела динамичког система. Класификација модела. Апстрактни модели. Принципи формирања математичких модела. Врсте математичких модела. Примери математичких модела. Формирање математичких модела техничких система (механичких, хидрауличких, термичких, хемијских, технолошких). Упрошћавање математичких модела. Технике валидизације и верификације модела. Математичко моделирање поремећаја. Моделирање индустријских система. Моделирање сложених система. Савремени трендови у моделирању индустријских система. Моделирање система помоћу ортогоналних функција. Коришћење генетичких алгоритама, фази логике и неуронских мрежа у формирању математичких модела у индустрији. Комерцијални софтвери за моделирање индустријских система.

### **Математичке основе статистичког учења и примене**

Тачкасте оцене, интервали поверења. Непараметарске методе тестирања хипотеза о расподели. Метод максималне веродостојности. Линеарна регресија, зависност између две слушајне променљиве, регресиона права, Зависност између случајне и контролне променљиве. Нелинеарна регресија, део по део линеарна регресија и логистишка регресија. Временски низови, линеарна и нелинеарна предикција. AR процеси, MA процеси и ARMA процеси. Алгоритми обучавања засновани на статистичком учењу. Алгоритми засновани на стохастичком градијентном спуту.



### **Компоненте вакуумске и гасне електронике**

Теоријска настава ће се одвијати кроз предавања, у оквиру следећих области: електрони у електричном и магнетном пољу, електронска емисија, електронски топови и огледала. Електронске цеви контролисане решетком. Микроталасне компоненте и кола. Клистриони, умноживачке компоненте. Фотоелектронске компоненте, цеви за регулисање напона, гасне исправљачке цеви, тиратрони, плазма дисплеји, гасни извори светлости.

### **Медицинска физика**

Медицинска дијагностика. Добијање и особине рендгенских зрака и њихова примена у медицини. Радиографија и флуороскопија, мамографија, рендген срца, компјутерска томографија. Дигитални флет пенел рендгенски апарати. Добијање и особине ултразвука и примена у медицини. Принцип магнетне резонанце, и примена у медицинској дијагностици. Коришћење радиоизотопа у медицинској дијагностици и радиотерапији. ПЕТ дијагностика. Електрокардиографија, Примена ласера у медицини. Примена радиофрекветног и оптичког зрачења у медицинској дијагностици и терапији. Уређаји за радиотерапију.

### **Полупроводничке компоненте и технологије**

Енергетске зоне и концентрације носилаца у равнотежи. Ефекти јаког допирања полупроводника. Транспорт носилаца наелектрисања. Диоде. Силицијумски биполарни транзистори. Биполарни транзистори на бази хетероспојева. Моделирање биполарних транзистора. Транзистори са ефектом поља на бази полупроводничких једињења. GaAs MESFET-ови. Хетероструктурни транзистори са ефектом поља (HFET-ови). MOSFET транзистори. CMOS/BiCMOS. SOI и 3D структуре. Микроталасне компоненте. Фотонапонске компоненте. Извлачење монокристала и епитаксијални раст. Оксидација и нарастање филмова. Дифузија и јонска имплантација. Фотолитографија и нагризање. Интегрисане компоненте.

### **Сензори и претварачи**

Информационо-процесни системи. Мерни и контролни системи. Претварачи. Дефиниција и подела сензора. Опште сензорске карактеристике и ограничења. Дефиниције параметара. Калибрација. Корекција грешке. Физика и технологија израде. Поузданост. Сензори сигнала зрачења, механичких сигнала, топлотних сигнала, магнетних сигнала, хемијских сигнала, биолошких сигнала. Конструкције и принципи рада. Примене. Интелигентни сензори и претварачи. Функционални блокови. Микромеханички сензори, компоненте и системи. Функционални блокови. Интегрисани сензори на бази микроелектромеханичких (MEMS) компонената. Примена сензора код IoT и WSN система

### **Технолошки процеси у гасовима и вакууму**

Особине гасова. Молекуларне појаве у гасу. Процеси преноса у гасу. Адсорбовани гасови. Пролаз струје кроз гасове. Испумпавање и вакуум пумпе. Мерење ниског притиска гаса и паре. Вакуумски системи. Напаривање. Нитрирање. Чишћење површина. Плазма металургија. Плазма процеси у микроелектроници.

### **Пројектовање и анализа паралелних алгоритама**

Принципи пројектовања паралелних алгоритама. Декомпозиција проблема: рекурзивна, по подацима, декомпозиција за претраживање., спекулативна декомпозиција, хибридна декомпозиција. Анализа алгоритама. Паралелни методи и алгоритми у линеарној алгебри. Производ матрице и вектора, производ две матрице, решавање система линеарних једначина, налажење сопствених вредности и сопствених вектора. Паралелни методи и алгоритми у анализи. Нуле полинома, интеграција, интерполације, ортогоналне и дискретне трансформације, решавање диференцијалних и парцијалних једначина. Паралелни методи и алгоритми у теорији графова. Транзитивно затварање и редукција, путеви у графу, спрежна стабла, тунел проблем, капацитет мреже, максимални проток и минимални пресек. Похлепни алгоритми.

### **Напредне теме из пројектовања система високе поузданости**

Поузданост, доступност, безбедност, перформансе, одрживост, тестабилност система. Модели отказа и грешака. Стратегије за постизање високе поузданости: детекција грешака, маскирање, избегавање грешака, лоцирање грешака, реконфигурација и опоравак од грешке. Пројектовање за високу поузданост. Модуларна редундаса и реконфигурација. Парцијална толерантност, прихватљива деградација перформанси, функционална и логичка деградација. Пројектовање самотестирајућих система. Тестирање коришћењем м од н кодова. Бергерови кодови и резидуо кодови.

### **Биоинформатика**

Одабране актуелне теме из биоинформатике. Основни концепти из природних наука: генетика, протеомика, хемија, биологија. Одабрани алгоритми коришћени у софтверским пакетима из области биоинформатике, примери апликација, актуелне имплементације, и пројектовање биоинформатичког софтвера. Развој биоинформатичког софтвера: преглед постојећих јавно расположивих банки података и софтверских алата из ове облсти, софтверске архитектуре за смештање и чување података. Софтверски пакети и алгоритми за претраживање и екстракцију информација из домена биоинформатике. Коришћење складишта података, база података и онтологија у биоинформатици. Најчешће коришћени програмски језици у биоинформатичким применама.

### **Медицинска информатика**

Појам медицинске информатике. Значај и улога медицинске информатике (квалитет, сигурност, цена, ефикасност, истраживање). Медицинска информатика и биоинформатика. Биомедицинска информатика. Телемедицина. Медицински информациони системи. Лабораторијски информациони системи. Болнички информациони системи. Телеконсултације. Теледијагностика. Типови информација (о пацијенту, знање). ЕПР. Веб базирани МИС. Интероперабилни МИС. Системи за екстракцију информација и знања. Експертни системи као део МИС. Системи за подршку у одлучивању. Сигурност података. Заштита приватности. Тајност података. Стандарди за пренос медицинских података. Рад са медицинским сликама. ДИЦОМ. ПАЦС. Обрада медицинских слика. Обрада медицинских података. Компресија података. Мерење и статистичка обрада података. Управљање и дистрибуција информација. Складиштење и чување информација. Глобални МИС. Јавни здравствени сервиси. Информатичка подршка клиничким истраживањима.

### **Примене спектралне логике у пројектовању дигиталних уређаја**

Математичке основе за примену спектралних техника у пројектовању дигиталних уређаја. Спектралне репрезентације дискретних функција функционалним развојима на нивоу битова и речи и одговарајућим дијаграмима одлучивања. Методе за ефикасно израчунавање спектралних трансформација са посебним нагласком на израчунавање преко дијаграма одлучивања. Израчунавање спектралних трансформација на multicore процесорима и GPU. Методе за израчунавање аутокорелационих функција и њихова примена у овом подручју. Анализа и синтеза логичких функција (бинарних и вишезначних) комбинационим мрежама применом спектралних техника. Спектралне методе за синтезу секвенцијалних мрежа са нагласком на проблеме кодирања стања. Анализа могућности самоисправљања и пројектовање поузданих дигиталних ситета применом спектралних техника. Спектралне методе за тестирање дигиталних система.

### **Напредне теме у мобилном и свеprisутном рачунарству**

Увод у мобилно и свеprisутно рачунарство. Мобилни и свеprisутни рачунарски уређаји: паметни телефони, паметни уграђени уређаји, носиви рачунари, Интернет ствари. Напредне бежичне мреже и бежични протоколи. Методе и системи за прикупљање, обраду и анализу података са сензора на мобилним уређајима. Напредне технологије и системи за мобилно позиционирање и локационо-засновани системи и апликације. Опажање и препознавање контекста у мобилном и свеprisутном рачунарству. Платформе и системи за бежичне сензорске мреже. Управљање подацима у

мобилном и свеприсутном рачунарству и Интернету ствари. Архитектура, пројектовање и имплементација мобилних и свеприсутних апликација и сервиса. Интеракција човека, мобилног рачунара и свеприсутног рачунарског окружења. Приватност и сигурност у мобилном и свеприсутном рачунарству. Напредне апликација и сервиси: паметне куће, свеприсутна здравствена нега, интелигентни транспортни системи, локационо-засновани и контекстно-свесни сервиси.

### **Напредне теме у рачунарској графици**

Напредне технике рендеринга и анимације. Визуелизација запремина. Моделирање и визуелизација природних феномена. Визуелизација флуида (дим, ватра, течност). Моделирање и визуелизација терена. Молекуларна графика. Фрактали и хаос. Напредне технике виртуелне реалности. Ефикасност и комплексност графичких алгоритама. Објектно-оријентисана графика. Графика и људска перцепција.

### **Напредне теме у интелигентним системима**

Интелигентни системи - преглед и архитектура. Вештачка интелигенција као основа за реализацију интелигентних система. Аутономно закључивање. Интелигентни агенти. Архитектуре које укључују перцепцију, учење, представљање знања, закључивање и реакције. Принципи машинског учења. Комбиновање различитих врста знања у агентима (нпр. коришћењем, модели поузданости засновани на вероватноћи, праксом стечено знање и управљање знањем). Координација и сарадња међу агентима. Машинско учење и обрада и анализа постојећих података. Неуронске мреже и дубоко учење. Интеракција са интелигентним системима: препознавање и синтеза говора, рачунарски вид. Представљање знања - Онтологије и семантика информација. Језици за представљање онтологија. Амбијентална интелигенција. Опште концептуалне претпоставке, домен стратегије, пословни аспекти, математичке основе, и неке социолошке основе интелигентних информационих система. Интернет, друштвене мреже и системи вештачке интелигенције за обраду и анализу таквих података. Анализа података из система за рад са великом количином података. Реализација "смарт" система, интеграција са сензорима и уређајима из окружења, Интернет ствари и вештачка интелигенција.

### **Напредне теме у специјализованим информационим системима**

Информациони системи специјалне намене, сервисно-оријентисане архитектуре, засновани на савременим технологијама. Дистрибуирани и peer-to-peer информациони системи. Мобилни и свеприсутни информациони системи. Географски, мултимедијални, медицински, пословни, транспортни и интелигентни информациони системи. Командно-управљачки информациони системи. Информациони системи засновани на обради и анализи великог обима података. Информациони системи засновани на принципу издавач-претплатник, системи засновани на догађајима, као и системи за нотификацију догађаја. Middleware специјализованих информационих система: брокери порука, middleware оријентисан на поруке, middleware оријентисан на трансакције и управљање трансакцијама, апликациони сервери. Анализа, пројектовање и имплементација специјализованих информационих система.

### **Математичка теорија игара**

Увод и општи принципи: Предмет и циљ изучавања теорије игара. Кратки преглед историје теорије игара. Основни појмови и дефиниције математичке теорије игара. Терминологија. Класификација игара. Стратешко и формално размишљање. Значај и дефиниције правила игре. Појам Нешовог еквилибријума. Математички модел Нешовог еквилибријума. Математичка основа логичких игара. Игре са симултаним потезима (статичке игре). Игре са секвенцијалним потезима (динамичке игре). Опште класе игара и стратегија: Кооперативне и некооперативне игре. Карактеристичне игре. Игре вештине, игре шанси, игре стратегије. Формална дефиниција игара. Стратешки и тактички потези. Примене математичке теорије игара. Примене у компјутерским логичким играма. Математичке основе алгоритама логичких игара. Остале примене.

### **Напредне теме у образовним технологијама**

Истраживачки рад на надоградњи постојећих и развоју нових софтверских средстава за подршку учењу. HCI у учењу. Прилагођавање софтверских алата опште намене за примене у учењу. Развој нових алата за подршку колаборативном учењу, за тестирање подржано рачунаром, итд. Методи, технике и алати за испитивање квалитета софтверских средстава за подршку учењу. Евалуација развијених алата у погледу техничког и едукативног квалитета.

### **Вебмајнинг и откривање информација**

Преглед основних проблема у области Web mining-а. Таксонометрија Web-а. Анализа садржаја Web докумената. Прилагођавање техника машинског учења анализи Web докумената. Рангирање и аутоматско оцењивање докумената. Анализа утисака. Анализа структуре Web-а. Откривање образаца понашања корисника. Алати који се користе за анализу Web-а и њихова примена. Примери конкретних пројеката заснованих на примени техника Web mining-а.

### **Аудио комуникације**

Аудио сигнали (дефиниције, појмови). Карактеристике говорног и музичког сигнала. Аудио комуникациони системи (структура и особине). Улазно и излазно акустичко окружење (извори и пријемници звука, просторно окружење). Аудио уређаји. Аудио аналитика. Аудиторне сцене (анализа и синтеза). Детекција и класификација аудио догађаја. Обрада аудио сигнала. Синтеза звука. Субјективни ефекти звука. Просторност звучне слике и 3Д звук. Аудиторна виртуелна окружења. Аудио рестаурација. Перцептуално кодовање и аудио компресија. Раздвајање извора и дереверберација говора. Анализа и обрада говора. Мера квалитета аудио сигнала (квалитет говора - разумљивост). Аудиометрија и аудиологија. Слушни апарати. Примена технологије базиране на звуку у медицини.

### **Антене и простирање**

Анализа антена и антенских низова (аналитичке и нумеричке методе). Синтеза антена и антенских низова. Софтверски алати за анализу и синтезу антена, антенских низова и антенских система. Поступци за пројектовање различитих класа антена које имају практичну примену у савременим бежичним комуникационим системима. Адаптивне антенске структуре. Напредне технике DOA естимације. Моделовање простирање EM таласа. Предикција EM поља у различитим локал-специфичним регионима и за различите сервисе. Неуронски модели за предикцију EM поља. Примена нумеричких, емпиријских, неуронских и хибридних метода у моделовању простирања EM таласа. Поступци у реализацији локал специфичних неуронских и хибридних емпиријско-неуронских (ХЕН) модела са повећаном ефикасношћу предикције нивоа електричног поља на траси простирања.

### **Примена неуронских мрежа у телекомуникацијама**

Неурон и природни нервни систем. Вештачке неуронске мреже. Типови вештачких неуронских мрежа. Вишеслојне неуронске мреже. Рекурентне неуронске мреже. Обучавање и тестирање неуронских мрежа. Модели базирани на неуронским мрежама. Неуронски модели базирани на принципу црне кутије. Неуронски модели базирани на знању. Хибридни емпиријско-неуронски модели. Хијерархијски модели. Анализа постојећих решења примене неуронских мрежа за различите апликације у области телекомуникација. Примери софтверских пакета који се користе за рад са вештачким неуронским мрежама. Имплементација неуронских модела у CAD софтверске пакете за примене у телекомуникацијама.

### **Сателитски комуникациони системи**

Архитектура сателитских комуникационих система. Класификација сателита. Орбите сателита. Архитектура сателита - сателитски подсистеми. Анализа сателитских линкова. Модулационе технике у сателитским комуникационим системима. Технике вишеструког приступа сателиту (TDMA, FDMA, CDMA). Архитектура земаљске станице. Комуникациони сателити. Сателитска телефонија. Сателитска телевизија. Пренос података преко комуникационих сателита. VSAT системи. Сателитски

навигациони системи. GPS, GLONASS, GALILEO. Интеграција GPS-а и географских информационих система. Сателити специјалне намене (сателити за даљинску детекцију, метеоролошки и војни сателити).

### **РФ и микроталасни појачавачи**

Модел микроталасних транзистора (MOSFET, MESFET, HEMT, BJT, HBT) – Модел транзистора за мале сигнале, нелинеарни модели, моделовање шума. Поступак пројектовања малешумног појачавача. Појачавачи снаге у класи-А, АБ, Б, Ц. Појачавачи снаге високе ефикасности (класа-Ф, инверзно Ф, Д, Е, Ј). Линеаризационе технике. Технике за повећање ефикасности појачавача снаге.

### **Електромагнетска компатибилност и интегритет сигнала**

Општи ЕМС концепти и технике. Извори електромагнетске интерференције (EMI). Репрезентација и карактеризација EMI сигнала. Механизми за преношење интерференције. Технике за контролу интерференције. Спрега електромагнетског поља са вишеспроводничким водовима. Нумеричке симулационе технике (TLM, FDTD, FEM, MoM). Нумеричка симулација спреге између интегрисаних електронских система. Принципи пројектовања компактних вишефункционалних интегрисаних кола (System in a package - SiP и System on chip - SoC). Вишеслојне штампане плоче (PCBs, PWBs). Дистрибуција такта и напајања.

### **Детекција сигнала у шуму**

Линеарни системи. Фактор шума. Оптимални линеарни системи. Нелинеарни системи - директни метод. Нелинеарни системи - метод трансформације. Статистичка детекција сигнала. Оптималан пријем сигнала у шуму. Детекција познатог и непознатог сигнала у белом и обојеном Гауссовом шуму. Максимизација односа сигнал/шум и прилагођени филтри. Оптимални филтар за обојени шум. Апостериори теорија пријема. Статистичка теорија детекције. Детекција на основу једног одмерка. Детекција на основу више одмерака. Процена параметара сигнала.

### **Комуникациони алгоритми и примена**

Линеарна предикција и Винеров филтар. Адаптивни трансверзални филтар. LMS, RLS алгоритам и њихове варијације. Адаптивни алгоритам за еквилизацију канала. DFB еквилајзер и његове варијације. Алгоритми за синхронизацију. Основни алгоритми за синхронизацију учестаности, алгоритми за временску синхронизацију и алгоритми за синхронизацију PN секвенце. Имплементација комуникационих алгоритама. Специфична примена комуникационих алгоритама на бази софтвера у одговарајућим DSP процесорима и на бази хардвера тј. FPGA и ASIC кола.

### **Мобилне комуникације пете и шесте генерације**

Данашње мобилне мреже и трендови развоја. Општи концепт мрежа следеће генерације. Адаптивни мрежни слој. Управљање мобилношћу. Мулти-хоп ћелијске мреже. Когнитивне мреже. Избор приступне тачке. Теорија оптимизације мрежа. Делјење спектра између више оператера. Мобилне мреже и рачунарство у облаку.

### **Теорија информација и изворно кодовање**

Шенонова ентропија и диференцијална ентропија. Друге мере за количину информације и ентропију. Марковљеви ланци и скривени Марковљеви модели. Теорија зависности брзине од изобличења. Изворно кодовање са фиксном дужином кодних речи. Изворно кодовање са променљивом дужином кодних речи. Адаптивно изворно кодовање засновано на робусним квантизерима. Лифтинг алгоритам кодовања заснован на wavelets трансформацији. Адаптивна модулација и кодовање.

### **Статистичка обрада сигнала**

Случајни сигнали. Системи за адаптивну обраду случајних сигнала. Алгоритми адаптације. Идентификација система. Предикција. Адаптивно потискивање интерференције. Оптимални пријемници за системе са интерсимболском интерференцијом. Поступци еквилизације: линеарна

еквализација, еквиализација са повратном спрегом, итеративна еквиализација. Адаптивна линеарна еквиализација. Адаптивна еквиализација са повратном спрегом. Рекурзивни алгоритми за адаптивну еквиализацију засновани на методу најмањих квадрата. Примена Витербијевог алгоритма на еквиализацију. Итеративно декодовање. BCJR (Bahl-Cocke-Jelinek-Raviv) алгоритам. Монте Карло симулације и importance sampling метод. Софтверска имплементација у МАТЛАБ-у.

### **Дигиталне комуникације у каналу са федингом**

Карактеризација и моделовање канала са федингом. Фединг по више путања. Логнормални ефекат сенке. Брз и спор фединг. Фреквенцијски селективан и неселективан фединг. Моделовање канала са равним федингом. Кохерентна детекција. Оптимални пријемници за канале са федингом. Технике комбиновања за смањење утицаја фединга: контрола предајне снаге, диверзити системи са различитим техникама комбиновања улазних сигнала (EGC, MRC, SC, GSC, T-GSC). MIMO системи. Оптимално комбиновање: Диверзити технике за комуникацију у каналима са федингом у присуству интерференце.

### **Кохерентни оптички телекомуникациони системи**

Кохерентна детекција у оптичким комуникацијама. Разлике између IM/DD и кохерентних система. Формати модулације. Генерисање RZ-DPSK сигнала. Хомодинска и хетеродинска детекција. Балансна детекција. Квадратурни пријемници. Синхрона и асинхрона демодулација. Интерфереометријска детекција. Фазни шум. Фазни и поларизациони диверзит. Поларизациона модулација. Мултиплексирање оптичких сигнала. TDM, FDM, WDM, SCM, CDMA. Поларизациони мултиплекс. Међуфазна модулација. Спектрална ефикасност IM/DD и кохерентних канала. Квантна граница капацитета.

### **Теорија и примене софтверског радија**

Еволуција радио технологије. Архитектуре примопредајника. Антене и улазни део пријемника. Дигитална обрада сигнала различитих брзина. Директна дигитална синтеза (ДДС). Аналогно дигитална и дигитално аналогна конверзија. Увод у паметне антене алгоритме за обраду сигнала у основном опсегу. Антенски низови и усмеравање дијаграма зрачења. Дигитални хардвер за софтверски радио. Софтверски методи за софтверски радио. Когнитивно умрежавање.

### **Напредне технике моделовања за РФ апликације**

Теоријски аспекти поступака моделовања као саставног дела процеса пројектовања. Преглед најшће коришћених техника моделовања за РФ апликације. Упознавање са одабраним техникама моделовања. Оптимизационе технике. Еволуциони алгоритми. Примена метода машинског учења за моделовање у РФ и микроталасним комуникацијама. Примери моделовања компонената и склопова за примену у РФ и микроталасним комуникацијама. Примери моделовање простирања код мобилних комуникационих система. Развој модела у одабраној области.

### **Оптичке телекомуникације у слободном простору**

Основе технологије бежичних оптичких телекомуникација. Интеграција ФСО у оптичке мреже. Комуникације дугог домета, сателитске оптичке комуникације. Бежичне оптичке комуникације у затвореном простору. Кохерентна и некохерентна детекција. Карактеристике, модулационе технике и пропагациони ефекти. Оптичке компоненте за ФСО. Обрада сигнала у оптичком и електричном домену. Диверзитски пријем сигнала са различитим начинима комбиновања.

### **Напредна обрада сигнала и података**

Процена параметара сигнала. Адаптивна обрада сигнала. Калман и адаптивно филтрирање. Компресија сигнала и података заснована на напредним техникама и алгоритмима. Компресивно одабирање. Увод у статистичко учење. Адаптивне методе статистичког учења и обраде података. Методе меког рачунања. Технике класификације и груписања (кластеризације).

## **Методи за прорачун стационарних електромагнетних поља**

Општа теорија електромагнетног поља. Класификација електромагнетних проблема у погледу временске зависности. Једначине стационарног електромагнетног поља. Аналитички методи (теорема лика, метод раздвајања променљивих, коришћење функција комплексне променљиве (конформно пресликавање)). Приближни и нумерички методи (метод процене, метод средњих потенцијала, метод коначне разлике, метод коначних елемената, метод граничних елемената, метод фиктивних извора, метод еквивалентне електроде). Израда и примена сопствених програмских алата и примена готових софтверских алата за анализу електромагнетних поља.

## **Инверзни проблеми у електромагнетици**

Увод: Теорија електромагнетних поља. Статичка, стационарна и динамичка поља. Математички појмови: Јакобијева матрица, Хесеова матрица, локални и глобални минимум функције. Директни и инверзни проблеми. Појам циљне функције. Успостављање главних концепата у формулисању инверзног проблема: дефинисање задатка, постављање математичког модела физичког проблема, дефинисање циљне функције и граница променљивих, избор метода оптимизације, реализација алгорита, интерпретација и анализа добијеног решења, корекција, тестирање и примена оптималног решења. Класификација оптимизационих метода. Детерминистички методи: Симплекс метода, Алгоритам опадајућег градијента, Њутнова метода. Методи променљиве метрике: Гаус-Њутнова метода и Levenberg-Marquardt метода. Стохастички методи. Еволутивни алгоритми: Генетски алгоритам и Еволутивне стратегије. Хијерархијске еволутивне стратегије. Методи интелигенције јата (Swarm Intelligence Optimization): Оптимизација ројем честица (Particle Swarm Optimization) и Оптимизација инспирисана кретањем мрава (Ant Colony Optimization). Вишекритеријумска оптимизација. Појам Парето оптималитета. Примена оптимизационих алгорита на тест функције: Rosenbrock и Rastrigin. Поређење метода у погледу времена израчунавања и утицаја варијације параметара на резултат оптимизације. Решавање инверзних проблема у области примењене електромагнетике (бесконтактно тестирање материјала, електрокардиографија, радари, магнетна резонантна томографија итд). Публиковање резултата у водећем часопису.

## **Метод граничних елемената у електромагнетици**

Основе нумеричких метода. Метод граничних елемената (формулација интегралних једначина, дискретизација граничним елементима, моделовање извора унутар подручја анализе, линеарни и квадратни елементи). Примери. Хибридни метод граничних елемената (теоријска поставка, моделовање система, анализа 2Д и 3Д проблема). Примери. Савремени софтверски алати за анализу електромагнетних поља.

## **Технике дигиталног управљања**

Савремена теорија дигиталних система управљања. Процес дискретизације у теорији дигиталног процесирања сигнала и теорији дигиталног управљања. Унифицирани прилаз анализи и синтези система дигиталног управљања. Елементи анализе и синтезе нелинерних дигиталних системи управљања.

## **Оптимално управљање**

Варијациони метод. Принцип максимума. Нормални и сингуларни проблем оптималног управљања. Структура оптималног регулатора. Пројектовање оптималних регулатора. Одабрана поглавља из оптимизације динамичких система. Динамичко програмирање. Белман-Хамилтон-Јакобијева диференцијална једначина. Решење као функција вектора стања. Сингуларно управљање у неким проблемима са линеарним системом и квадратним функционалом. Оптимално управљање дискретним системима.

## **Системи променљиве структуре**

Појам система променљиве структуре и клизних режима. Континуални и дискретни клизни режими. Квазиклизни режими. Особине система с клизним режимима. Услови инваријантности. Проблеми

математичког описивања клизних режима. Метода Филипова. Метода еквивалентног управљања. Стабилност система с клизним режимом. Системи са скаларним и векторским управљањем. Методе реализације клизних режима код мултиваријабилних система. Методе за ублажавање треперења. Проблеми реализације система с клизним режимима. Клизних режима код система са коначним нулама. Реализација клизних режима на основу мерења улаза и излаза објекта. Примери практичне примене клизних режима.

### **Дистрибуирано рачунарско управљање**

Конфигурација дистрибуираних управљачких система. Комуникационе мреже. Управљачки алгоритми у дистрибуираним управљачким системима. Економска оправданост дистрибуираног управљања. Евалуација дистрибуираних рачунарских управљачких система. Микрорачунарске управљачке мреже. Трендови у дистрибуираном рачунарском управљању.

### **Предиктивно управљање**

Робустно предиктивно управљање засновано на моделу процеса (МРС). Типови несигурности система. Управљање у отвореној и затвореној петљи. Номинална робустност. Пројектовање робустних МРС за линеарне системе. Синтеза робустних МРС за нелинеарне системе. Естимација стања система. Естимација покретног хоризонта. Проширени Калманов филтер. Парцијално филтрирање. Комбинација естимације покретног хоризонта и парцијалног филтрирања. Пројектовање МРС засновано на излазу система. Линеарни системи са ограничењима. МРС без офсета. Нелинеарни системи са ограничењима. Дистрибуирано МРС (DMPC). Уводна разматрања и постојећи резултати. Игра са два играча без ограничења. Игра са два играча са ограничењима. Игра са М играча са ограничењима. Нелинеарни DMPC. Закони управљања код линеарних система са ограничењима.

### **Адаптивни системи аутоматског управљања**

Естимација параметара у реалном времену. Он-лине естимација параметара: градијентне методе и методе најмањих квадрата у континуалном и дискретном временском домену. Процена параметара са пројекцијом. Методе тражења екстремума. Самоподешавајући регулатори. Директно и индиректно адаптивно управљање: управљање методом подешавања полова, адаптивно управљање методом подешавања полова, управљање са референтним моделом, адаптивно управљање са референтним моделом, адаптивно backstepping управљање са функцијама подешавања. Методе машинског учења: неуро-адаптивно управљање и управљање са појачаним учењем. Практични аспекти и имплементација адаптивних система управљања и увод у теорију рачунарског учења.



### III година

ШИФРА	Назив предмета	Наставник/наставници на предмету	П	НИР	ЕСПБ
ЗДНИРЗ	Научно истраживачки рад 3			20	30
ЗДЗР	Докторска дисертација				30

П - Предавања, НИР - Научно истраживачки рад