جمهوری اسلامی ایران

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

شورای عالی برنامه ریزی آموزش

برنامه درسی رشته

# مهندسی برق گرایش سیستم های الکترونیک دیجیتال

# DIGITAL ELECTRONIC SYSTEMS

## مقطع کارشناسی ارشد


**اعضای کمیته تدوین و بازنگری :**

| | |
|---|---|
| دکتر زین‌العابدین نوابی | عضو هیات علمی دانشگاه تهران |
| دکتر بیژن علیزاده | عضو هیات علمی دانشگاه تهران |
| دکتر سعید صفری | عضو هیات علمی دانشگاه تهران |

بسمه تعالی

**صورتجلسه بازنگری برنامه درسی کارشناسی ارشد گرایش سیستم های دیجیتال**

**دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران**

حاضرین جلسه مورخ ..... ۱۴۰۲:

پیرو جلسات برگزارشده پیرامون بازنگری برنامه درسی مقطع کارشناسی ارشد گرایش سیستم های دیجیتال و نظرخواهی حضوری و غیرحضوری پیرامون تغییرات لازم در برنامه‌های درسی، برنامه‌های نهایی پیوست این صورتجلسه در جلسه گرایش سیستم های دیجیتال مورخ ۱۴۰۲/۲/۲۰ به صورت نهایی مطرح و مورد تایید قرار گرفت.

این صورتجلسه از سوی اساتید زیرگروه بازنگری گرایش و مدیر گرایش به شرح زیر امضا شده است.

دکتر نوابی

دکتر علیزاده

دکتر صفری

دکتر ستاره دان

دکتر معصومی

## جدول تغییرات

جدول ۱- تغییرات در گرایش‌ها

| ردیف | در برنامه قبلی | در برنامه بازنگری‌شده |
|---|---|---|
| ۱. | پردازش با کارایی بالا (تخصصی) | پردازش با کارایی بالا (اختیاری) |
| ۲. | محاسبات کامپیوتری ( اختیاری) | محاسبات کامپیوتری (تخصصی) |

جدول ۲- لیست دروس تغییر نام داده‌شده به همراه تغییر محتوا

| ردیف | در برنامه قبلی | در برنامه بازنگری‌شده |
|---|---|---|
| ۱. | سمینار (تخصصی و ۲ واحد) | روش تحقیق ۱ و ۲ (جزء تخصصی-۱ شامل دو درس تک واحدی) |

لازم به ذکر است محتوای کلیه دروس آورده شده در جدول برنامه درسی بروز رسانی شده اند که شرح درس فارسی و انگلیسی آنها در این بسته قرار داده شده است.

جدول ۳- لیست دروس اضافه‌شده

| ردیف | در برنامه قبلی | در برنامه بازنگری‌شده |
|---|---|---|
| ۱. | - | - |

جدول ۴- لیست دروس حذف‌شده

| ردیف | در برنامه قبلی | در برنامه بازنگری‌شده |
|---|---|---|
| ۱. | - | - |

نظر به اینکه محتوای کلیه دروس آورده شده در جدول برنامه درسی بروز رسانی شده است، ضرورتی به حذف هیچ یک از دروس وجود نداشت.

## فصل اول

# مشخصات کلی برنامه درسی

## الف) مقدمه: معرفی کلی و تبیین برنامه درسی

با توجه به سیر تکاملی و روند رو به رشد تکنولوژی در سیستم‌های دیجیتال، امروزه لزوم بررسی و مطالعه مباحث مربوط به این حوزه بیش از پیش احساس می‌شود. به طور خاص گرایش سیستم‌های دیجیتال با به روز رسانی زمینه‌های تحقیقاتی و آموزشی در راستای پیشرفت تکنولوژی پیشرو می‌باشد. این زمینه‌های تحقیقاتی در صنایع مختلف از جمله صنعت خودرو، صنایع ارتباطی و مخابراتی، صنعت پزشکی و . . . کاربرد دارند. سعی برآن است که در برنامه حاضر علاوه بر تدریس مباحث به صورت تئوری، مباحث به صورت عملی و طی همکاری با صنعت نیز مورد استفاده قرار بگیرند. دست آورد این موضوع ارتباط منسجم‌تر و بیشتر بین دانشگاه و صنعت است.

از دیگر اهداف این گرایش این است که به دلیل کاربرد گسترده مباحث سیستم دیجیتال در سایر گرایش‌ها مانند مهندسی پزشکی، امکان تعریف موضوعات تحقیقاتی و اخذ دروس بین رشته ای فراهم شود. همچنین با گذراندن دروس این گرایش، دانشجویان مهارت استفاده از ابزارهای EDA را به دست می آورند که این ابزارها نقش مهمی در صنعت دارند.

با توجه به همسو بودن گرایش سیستم دیجیتال با لبه دانش، این گرایش در تلاش است تا با بومی سازی، نیاز صنایع داخلی کشور به این تکنولوژی های جدید را برآورده سازد. این بومی سازی می تواند در لایه های مختلف طراحی از جمله توسعه ی ابزارهای مورد نیاز، دانش های بنیادی در زمینه ساخت سیستم های دیجیتال صورت گیرد.

این گرایش به طور متوسط برای دو سال تحصیلی (چهار نیم سال) طراحی شده است. هر نیم سال مشتمل بر ۱۶ هفته آموزشی است. برای هر واحد نظری ۱۶ ساعت آموزش در نظر گرفته شده است. برنامه حاضر در مقطع کارشناسی ارشد رشته مهندسی برق برای گرایش سیستم های دیجیتال تعریف شده است. دانشجویان در این برنامه باید ۸ واحد آموزشی از دروس تخصصی-۱ را که موضوعات پایه ای و اساسی در رشته محسوب می شوند با موفقیت بگذرانند. در راستای کمک به انجام پایان‌نامه، با تأیید استاد راهنما دانشجویان باید نسبت به اخذ ۱۲ واحد از دروس تخصصی-۲ و ۶ واحد از دروس اختیاری اقدام نمایند. تعداد ۶ واحد نیز برای پایان‌نامه کارشناسی ارشد و در نتیجه تعداد کل ۳۲ واحد برای دانش‌آموختگی در نظر گرفته شده است.

## ب) اهداف

هدف اصلی گرایش سیستم‌های الکترونیک دیجیتال طی کردن فرآیند طراحی تا ساخت یک سیستم دیجیتال می‌باشد. این فرآیند شامل مراحل مختلفی از جمله طراحی و استفاده از تکنیک‌های معماری، مدلسازی و شبیه سازی، آزمون پذیری، درستی‌سنجی و در نهایت آماده سازی لی اوت سیستم می‌باشد.

مرحله طراحی سیستم دیجیتال شامل طراحی بخش های سخت افزاری مختلف از جمله پردازنده، شتاب دهنده ها، حافظه ها و ارتباط بین این اجزا می باشد. ارتباط این بخش های سخت افزاری در سطح بالاتر یک سیستم نهفته را تشکیل می دهد که بستری برای بسیاری از حوزه های تحقیقاتی این گرایش می باشد.

در مرحله بعد از طراحی، مدلسازی، شبیه سازی و آزمون پذیری این بخش ها حائز اهمیت و مورد نیاز است. برای تشخیص درستی عملکرد بخش های سخت افزاری طراحی شده، تکنیک های مختلف درستی‌سنجی مورد استفاده قرار می گیرد. بعد از اعتبار سنجی سخت افزاری، آماده سازی لی اوت برای پروسه ی ساخت آغاز می شود.

هر یک از مراحل نامبرده نیازمند به دانش و ابزارهای خاص متناسب با دانش روز دنیا می باشد. گرایش سیستم های دیجیتال سعی بر برنامه ریزی و آموزش مهارت های مورد نیاز در این زمینه دارد.

## پ) ضرورت و اهمیت

با توجه به پیشرفت تکنولوژی سیستم های دیجیتال، در این گرایش برنامه های درسی به صورت مداوم در حال بازنگری و به روز رسانی می باشد. این به روز رسانی با هدف آشنایی بیشتر دانشجویان با پژوهش های در حال انجام در گروه های مختلف سیستم های دیجیتال می باشد. به علاوه این به روز رسانی با در نظر گرفتن موضوعات و مباحث درسی ارائه شده در دانشگاه های مطرح دنیا می باشد.

## ت) تعداد و نوع واحدهای درسی (بر اساس جدول شماره ۱ تا ۳ آیین‌نامه تدوین و بازنگری برنامه‌های درسی

**جدول (۱)- توزیع واحدها**

| نوع دروس | تعداد واحد |
|---|---|
| دروس عمومی | ۰ |
| دروس تخصصی الزامی-۱ | ۸ |
| دروس تخصصی الزامی-۲ | ۱۲ |
| دروس تخصصی اختیاری | ۶ |
| پایان‌نامه | ۶ |
| **جمع** | **۳۲** |

**تبصره ۱:** دانشجویانی که گرایش مقطع قبلی آنان با این گرایش غیرمرتبط می‌باشد بایستی تا ۶ واحد را به عنوان دروس جبرانی از میان دروس دوره قبل این رشته را در نیمسال اول تا دوم بگذرانند. انتخاب این دروس به تشخیص گروه آموزشی

دانشگاه / مؤسسه می‌باشد و بایستی شامل دروسی باشد که دانش پایه و اصلی این رشته را در بر بگیرد. تعداد واحدهای جبرانی نیز به تشخیص گروه آموزشی دانشگاه / مؤسسه و بر مبنای میزان ارتباط رشته با رشته دوره قبلی دانشجو می‌باشد.

**تبصره ۲:** دانشجویانی که گرایش مقطع قبلی آنان با این گرایش غیرمرتبط می‌باشد و یا نمره دروس جبرانی که در لیست گفته شده کمتر از ۱۲ باشد می بایست تا ۶ واحد را به تشخیص استاد راهنما و گروه آموزشی بعنوان جبرانی بگذرانند.

**تبصره ۳:** دانش‌آموختگان مقطع کارشناسی در رشته مهندسی برق یا مرتبط با آزمون متمرکز کارشناسی ارشد بر اساس نتایج اعلامی از سوی سازمان سنجش می‌توانند وارد این رشته شوند. ورود به این رشته از سایر رشته‌های مهندسی مجاز نیست. دانش‌آموختگان برتر مقطع کارشناسی از دانشگاه تهران یا سایر دانشگاه‌های مطرح کشور می‌توانند مطابق آئین‌نامه استعدادهای درخشان بدون آزمون سراسری و پس از بررسی درخواست آنها در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر و دانشگاه تهران وارد مقطع کارشناسی ارشد شوند.

## ث) نقش، توانایی و شایستگی مورد انتظار از دانش‌آموختگان:

| مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های ویژه | دروس مرتبط |
|---|---|
| یادگیری کامل زبان های سخت افزاری در سطوح مختلف و استفاده از آن در مراحل مختلف طراحی و ساخت مدارهای دیجیتال | طراحی و مدلسازی با زبانهای سخت افزاری |
| آزمون و آزمون پذیری مدارها پس از ساخت<br>روش های تست کردن مدارهای دیجیتال و ارزیابی بردارهای تست | آزمون و آزمون پذیری |
| آشنایی با مفاهیم سنتز سطح بالا (HLS)<br>آشنایی با مفاهیم طراحی سیستم‌های نهفته مبتنی بر FPGA<br>آشنایی با طراحی فیزیکی سیستم‌های دیجیتال | متدولوژی های طراحی اتوماتیک سیستم های دیجیتال |
| آشنایی با انواع افزونگی‌ها برای افزایش تحمل‌پذیری اشکال<br>آشنایی با روش‌های تحلیل و ارزیابی تحمل‌پذیری اشکال | طراحی سیستم های تحمل پذیر خرابی |
| آشنایی با روش‌های درستی‌سنجی صوری (Formal Verification) مدارهای دیجیتال<br>آشنایی با روش‌های عیب‌یابی (Debugging) و تصحیح (Correction) اتوماتیک مدارهای دیجیتال | درستی سنجی صوری و عیب یابی در سیستم های دیجیتال |
| **مهارت‌ها، شایستگی‌ها و توانمندی‌های عمومی** | **دروس مرتبط** |

| | |
|---|---|
| دید سلسله مراتبی به سیستم‌های دیجیتال و طراحی و آنالیز مدارها در سطوح گوناگون | طراحی و مدلسازی با زبانهای سخت افزاری<br>متدولوژی‌های طراحی اتوماتیک سیستم‌های دیجیتال |
| | |

## ج) شرایط و ضوابط ورود به دوره

مطابق ضوابط و مقررات وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می‌باشد.

## چ) شرایط، ضوابط و الزامات اجرا و گسترش رشته؛

دانش‌آموختگان مقطع کارشناسی در رشته مهندسی برق یا مرتبط با آزمون متمرکز کارشناسی ارشد بر اساس نتایج اعلامی از سوی سازمان سنجش می‌توانند وارد این رشته شوند. دانش‌آموختگان برتر مقطع کارشناسی از دانشگاه تهران یا سایر دانشگاه‌های مطرح کشور می‌توانند مطابق آئین‌نامه استعدادهای درخشان بدون آزمون سراسری و پس از بررسی درخواست آنها در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر و دانشگاه تهران وارد مقطع کارشناسی ارشد شوند.

مهم‌ترین نیاز این رشته آشنایی با روند پیشرفته طراحی سیستم‌های دیجیتال و ایجاد امکانات سخت‌افزای بروز و مناسب است. از طرف دیگر، ایجاد سخت‌افزارهای جدید برای کاربردهای مختلف از جمله الزامات گسترش این رشته بوده و سرعت پیشرفت این رشته را افزایش خواهد داد. بر این اساس، موضوعات تحقیقاتی فراوانی در جهت معرفی سخت‌افزارهای جدید متناسب با کاربردهای متنوع در دنیا در حال انجام است.

## ه) زمینه‌های شغلی حال و آینده

از آنجا که این رشته در راستای درک و توسعه فناوری های پیشرفته و صنعت مرتبط است، زمینه شغلی مربوط به وفور وجود داشته و رو به گسترش است.

## ی) جایگاه تمدنی، فرهنگی و اجتماعی (جایگاه رشته تحصیلی در حوزه تمدنی گذشته، حال و آینده و بافت فرهنگی و اجتماعی کشور)

حرکت از دنیای آنالوگ به سمت دنیای دیجیتال از سال‌ها پیش شروع شده و با سرعت زیادی در حال پیشرفت است. در آینده، علم طراحی سیستم‌های دیجیتال (سخت‌افزار) تاثیر بسیار در موفقیت کشورها دارد. کشورهایی که بتوانند نیروی

انسانی قوی در زمینه طراحی سیستم‌های دیجیتال تربیت کنند، می‌توانند موقعیت بسیار خوبی در سطح ملی و بین‌المللی داشته باشند. کشورهایی که در این زمینه عقب بیافتند، مجبور به استفاده از سخت‌افزارهای تولیدشده توسط کشورهای توسعه‌یافته خواهند شد.

با استفاده از سخت‌افزارهای قوی می‌توان به بافت فرهنگی و اجتماعی کشور هم نیز پرداخت، چراکه با گسترش شبکه‌های اجتماعی، نیاز به بسترهای سخت‌افزاری قوی و بومی بیش از پیش ضرورت یافته است.

## ه) عناوین دروس امتحانی جهت ورود به مقطع کارشناسی ارشد و ضرایب

| عناوین دروس امتحانی : ۱- زبان عمومی و تخصصی (انگلیسی)، ۲- ریاضیات (معادلات دیفرانسیل، ریاضیات مهندسی، آمار و احتمال)، ۳- مدارهای الکتریکی ( ۱و ۲)، ۴- الکترونیک ( ۱و ۲) و سیستمهای دیجیتال ۱، ۵- ماشینهای الکتریکی ( ۱و ۲) و تحلیل سیستمهای انرژی الکتریکی ۱، ۶- سیستمهای کنترل خطی، ۷- سیگنالها وسیستمها، ۸- الکترومغناطیس. | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **رشته** | **گرایش** | **کد ضریب** | **ضرایب دروس امتحانی به ترتیب دروس (از راست به چپ)** | | | | | | | |
| | | | **۱** | **۲** | **۳** | **٤** | **٥** | **٦** | **۷** | **۸** |
| مهندسی برق | سیستم های دیجیتال | ۳ | ۲ | ۳ | ۳ | ۴ | ۱ | ۱ | ۲ | ۲ |

## فصل دوم

# جدول عناوین و مشخصات دروس

## جدول (۱)- عنوان و مشخصات کلی دروس جبرانی

| ردیف | عنوان درس | تعداد واحد (۱-۳ واحد) | نوع واحد | | | تعداد جلسات | تعداد ساعات | | پیش‌نیاز | هم‌نیاز |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | نظری | عملی | نظری-عملی | | نظری | عملی | | |
| ۱. | سیستم های دیجیتال ۱ | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |
| ۲. | سیستم های دیجیتال ۲ | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |
| ۳. | شبیه سازی شی گرای سیستم های الکترونیکی | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |
| | | | | | | | | | | |

- به تشخیص گروه آموزشی و استاد راهنما، دانشجویان باید نسبت به اخذ برخی دروس (تا ۶ واحد) از جدول فوق به عنوان واحدهای جبرانی مطابق مقررات آموزشی دانشگاه اقدام نمایند.

## جدول (۲)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی-۱*

| ردیف | عنوان درس | تعداد واحد (۱-۳ واحد) | نوع واحد | | | تعداد جلسات | تعداد ساعات | | پیش‌نیاز | هم‌نیاز |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | نظری | عملی | نظری-عملی | | نظری | عملی | | |
| ۱. | طراحی و مدلسازی با زبانهای سخت افزاری (VHDL) | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |
| ۲. | متدولوژی‌های طراحی اتوماتیک سیستم‌های دیجیتال | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |
| ۳. | روش تحقیق ۱ | ۱ | * | | | ۸ | ١٦ | ۰ | - | - |
| ٤. | روش تحقیق ۲ | ۱ | * | | | ۸ | ١٦ | ۰ | - | - |

* اخذ تمام دروس تخصصی-۱ الزامی است.

## جدول (۳)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی الزامی-۲*

| ردیف | عنوان درس | تعداد واحد (۱-۳ واحد) | نوع واحد | | | تعداد جلسات | تعداد ساعات | | پیش‌نیاز | هم‌نیاز |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | نظری | عملی | نظری-عملی | | نظری | عملی | | |
| ۱. | آزمون و آزمون پذیری | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |
| ۲. | مدارهای مجتمع توان پایین | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |
| ۳. | محاسبات کامپیوتری | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | | - | - |
| ٤. | درستی سنجی صوری و عیب یابی در سیستم های دیجیتال | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |
| ٥. | طراحی سیستمهای تحمل پذیر خرابی | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |
| ٦. | مدارهای مجتمع خیلی فشرده پیشرفته | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |
| ۷. | ابزار دقیق پزشکی | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |
| ۸. | اینترکانکت‌ها و یک‌پارچگی سیگنال در مدارهای VLSI و نانوسیستم‌ها | ۳ | * | | | ۳۲ | ٤٨ | ۰ | - | - |

* با تایید استاد راهنما، چهار درس از هشت درس فوق بایستی اخذ گردد.

## جدول (٤)- عنوان و مشخصات کلی دروس تخصصی اختیاری مهندسی برق گرایش سیستم های الکترونیک دیجیتال

| ردیف | عنوان درس | تعداد واحد | تعداد واحد به تفکیک نوع | | | تعداد جلسات | وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود) | | تعداد ساعات* | | پیش‌نیاز | همنیاز |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | نظری | عملی | نظری – عملی | | مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست. | مرتبط با آمایش/مأمور یت موسسه است. | نظری | عملی | | |
| ۱ | معماری کامپیوتر پیشرفته | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ٤٨ | ۰ | – | – |
| ۲ | شبکه عصبی و یادگیری عمیق | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ٤٨ | ۰ | – | – |
| ۳ | یادگیری عمیق با کاربرد ها | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ٤٨ | ۰ | – | – |
| ۴ | چند پردازنده‌های روی تراشه | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ۴۸ | ۰ | – | – |
| ۵ | محاسبات کوانتومی | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ٤٨ | ۰ | – | – |
| ۶ | اولتراسوند پزشکی | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ۴۸ | ۰ | – | – |
| ۷ | یادگیری ماشین | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ٤٨ | ۰ | – | – |
| ۸ | پردازش سیگنال‌های بیولوژیکی | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ٤٨ | ۰ | – | – |
| ۹ | پردازشگرهای سیستمهای نهفته | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ٤٨ | ۰ | – | – |
| ۱۰ | پردازش با کارایی بالا | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ٤٨ | ۰ | – | – |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱۱ | تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ٤٨ | ۰ | – | – |
| ۱۲ | فناوری ها، مدارها و سیستم های حافظه | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ٤٨ | ۰ | – | – |
| ۱۳ | دروس تخصصی سایر رشته‌های مرتبط | ۳ | * | | | ۳۲ | | * | ٤٨ | ۰ | – | – |

- به تشخیص استاد راهنما ، دانشجویان موظف به اخذ دو درس از لیست دروس اختیاری (جدول بالا) هستند.
- دانشجویان به تشخیص استاد راهنما و موافقت گروه آموزشی می‌توانند حداکثر دو درس خارج از لیست دروس اختیاری در جدول بالا و از سایر رشته‌های مرتبط تحصیلات تکمیلی اخذ نمایند.

## فصل سوم

# ویژگی‌های دروس

<table>
<tr><td colspan="5">الف: عنوان درس به فارسی: طراحی و مدلسازی با زبانهای سخت افزاری (VHDL)</td></tr>
<tr><td colspan="2">نوع درس و واحد</td><td colspan="2">Design & Modeling of Digital Systems with Hardware Description Languages</td><td>عنوان درس به انگلیسی:</td></tr>
<tr><td>نظری ■</td><td>پایه □</td><td colspan="2"></td><td>دروس پیش‌نیاز:</td></tr>
<tr><td>عملی □</td><td>تخصصی الزامی ■</td><td colspan="2"></td><td>دروس هم‌نیاز:</td></tr>
<tr><td>نظری-عملی □</td><td>تخصصی اختیاری □</td><td rowspan="3"></td><td>۳</td><td rowspan="2">تعداد واحد:</td></tr>
<tr><td></td><td>پروژه/ رساله / پایان‌نامه □</td></tr>
<tr><td></td><td>مهارتی-اشتغال پذیری □</td><td>۴۸</td><td>تعداد ساعت:</td></tr>
<tr><td colspan="2">مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است □</td><td colspan="2">مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست □</td><td>وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)</td></tr>
</table>

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی □ آزمایشگاه □ سمینار □ کارگاه □ موارد دیگر: .....**

**هدف کلی:**

۱. یادگیری کامل زبان های سخت افزاری در سطوح مختلف و استفاده از آن در مراحل مختلف طراحی و ساخت مدارهای دیجیتال
۲. طراحی در سطح RTL و ارتباط آن با الکترونیک مدارها از طرفی و توصیف در سطح سیستم از طرف دیگر با استفاده از زبان VHDL

**اهداف ویژه:**

۱. استفاده از زبان VHDL برای سنتز در سطح RTL و شناخت قابلیت ها و محدودیت های RTL Synthesis
۲. یادگیری مدلهای مختلف سیمولیشن و بطور خاص موتورهای شبیه سازی Event Driven
۳. بوجودآوردن زمانبندی و همزمانی در زبانهای سخت افزاری در سطح گیت، RTL و سیستم
۴. توصیف سخت افزار با استفاده از SystemC با روشهای ارتباطی سطح بالا (TLM)

**پ) سرفصل‌ها:**

۱. سنتز مدارها در سطح RTL با استفاده از VHDL
۲. ساختارهای زبان VHDL برای توصیف های Abstract
۳. مدل سیگنال و همزمانی در زبان VHDL و گسترش آن به زبانهای سخت افزاری دیگر
۴. توصیف و مدل کردن یک سیستم پردازنده ای در VHDL
۵. استفاده از زبان SystemC برای توصیفهای RTL و BFM (Bus Functional Modeling)
۶. یکجا کردن ارتباطهای RTL در سطح باس در Channel های SystemC
۷. استفاده از TLM برای ارتباط اجزای سخت افزاری با زمانبندی دقیق
۸. استفاده از TLM برای ارتباط پروسسورها و اجزای سخت افزاری با زمانبندی تقریبی
۹. استفاده از TLM بصورت نرم افزاری با زمانبندی آزادانه

**ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:**

- استفاده از شبیه ساز و ابزار سنتز زبان VHDL
- استفاده از محیط های C++ برای توصیف نرم افزار و سخت افزار
- استفاده از کتابخانه SystemC برای توصیف های سخت افزار و نرم افزار در سطح سیستم

**ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):**

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۴۵ درصد |
| آزمون میان ترم و پایان ترم | ۵۵ درصد |

**ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:**

- لپ تاپ و ویدیو پروژکتور

**چ) منابع علمی پیشنهادی:**


1. Z. Navabi, VHDL: Modular Design and Synthesis of Cores and Systems, McGraw Hill-Professional2007.
2. IEEE Std. 1076-2003, VHDL LRM, IEEE, New Jersey, 2003.
3. IEEE Std 1666-2005, IEEE Standard SystemC Language Reference Manual, IEEE, 2005.
4. Ubar, Raimund, J. Raik, Maksim Jenihhin, A. Jutman, Test Generation, Testability and Fault Diagnosis. In Structural Decision Diagrams in Digital Test: Theory and Applications, Springer Nature Switzerland, 2024.


**ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

**خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** متدولوژی‌های طراحی اتوماتیک سیستم‌های دیجیتال | | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Methodologies and Algorithms for ESL Design Automation | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ■ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | **۳** | **تخصصی اختیاری** ☐ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | **٤٨** | **مهارتی-اشتغال پذیری** ☐ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ☐ |

**موارد دیگر: .....☐ کارگاه ☐ سمینار ☐ آزمایشگاه ☐اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی**

**هدف کلی:**

۱- آشنایی با مفاهیم سنتز سطح بالا (HLS)

۲- آشنایی با مفاهیم طراحی سیستم‌های نهفته مبتنی بر FPGA

**اهداف ویژه:**

۱. مقدمه‌ای بر الگوریتم‌های سنتز سطح بالا شامل الگوریتم‌های Scheduling، Resource Sharing و Binding

۲. آشنایی با ابزار سنتز سطح بالای CatapultC شرکت Mentor Graphics

۳. آشنایی با مفاهیم طراحی توامان سخت‌افزار-نرم‌افزار (Hardware-Software Co-design)

۴. آشنایی با معماری FPGA و مفاهیم طراحی سیستم‌های نهفته مبتنی بر FPGA

۵. آشنایی با فرایند طراحی ASIC (Physical Design)

## پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر الگوریتم‌های سنتز سطح بالا (Scheduling, Resource Sharing and Binding)

۲. آشنایی با مباحث Loop Pipelining و Loop Unrolling در ابزار سنتز سطح بالا

۳. آشنایی با انواع مکانیزم‌های Handshaking در مبحث IO Scheduling از ابزار سنتز سطح بالا

۴. مقدمه‌ای بر طراحی توامان سخت‌افزار-نرم‌افزار مبتنی بر FPGA

۵. آشنایی با معماری‌های باس (Bus Architectures)

۶. چگونگی توسعه بخش نرم‌افزار با استفاده از بسته‌های نرم‌افزاری و Hardware Abstraction Layer (HAL) API

۷. چگونگی مدیریت وقفه‌ها (Interrupts)

۸. چگونگی برقراری ارتباط بین بخش سخت‌افزار و نرم‌افزار با استفاده از انواع معماری‌های باس

۹. آشنایی با فرایند Physical Design (Floor-planiing ، Placement و Routing)

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- آموزش تعاملی مبتنی بر بحث گروهی در کلاس با مطرح‌کردن سوالات و توضیح مباحث در جهت پاسخ‌گویی به سوالات
- مطرح‌کردن جدیدترین دستاوردهای پژوهشی مرتبط در دنیا و تبیین مشکلات پژوهشی پیش‌رو
- انجام تکالیف دستی (Homeworks) جهت تسلط به مباحث گفته شده سرکلاس

- انجام تکالیف کامپیوتری در قالب سه پروژه جهت تسلط به چگونگی ارتباط بین مباحث مختلف درس

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| تکالیف دستی (Homeworks) | ۱۵ درصد |
| تکالیف کامپیوتری (Projects) | ۳۰ درصد |
| آزمون میان‌ترم | ۲۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۳۰ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- لپ تاپ و ویدیو پروژکتور

## چ) منابع علمی پیشنهادی:

1. S. Baranov, From Algorithm to Digital System: HLS and RTL Tool Synthagate in Digital System Design, ISBN Canada, 2020.
2. Pong P. Chu, Embedded SoPC Design with Nios II Processor and Verilog Examples, Wiley, 2016.
3. M. Fingeroff and T. Bollaert, High Level Synthesis – Blue Book, Mentor Graphics, 2010.

## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| الف: عنوان درس به فارسی: روش تحقیق – ۱ | | | |
|---|---|---|---|
| عنوان درس به انگلیسی: | Research Methodology_S1 | نوع درس و واحد | |
| دروس پیش‌نیاز: | | پایه ☐ | نظری ■ |
| دروس هم‌نیاز: | | تخصصی الزامی ■ | عملی ☐ |
| تعداد واحد: | ۱ | تخصصی اختیاری ☐ | نظری-عملی ☐ |
| | | پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐ | |
| تعداد ساعت: | ۱۶ | مهارتی-اشتغال پذیری ☐ | |
| وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود) | | مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست ☐ | مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است ☐ |

**موارد دیگر: .....☐ کارگاه ☐ سمینار ☐ آزمایشگاه ☐اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی**

## هدف کلی:

۱. چگونه یک مقاله را ارزیابی کرده، بخوانیم و یا بنویسیم.

**۲.** انتخاب حوزه تحقیقاتی، آموزش برنامه تحقیق با محوریت مسئله پژوهش

## اهداف ویژه:

در صورت اتمام موفقیت آمیز درس؛ دانشجویان قادر خواهند بود که:

۱. حوزه تحقیقاتی مورد علاقه خود را انتخاب کرده و منابع مرتبط را بازیابی و ارزیابی نمایند.

۲. در حوزه تحقیقاتی فوق، مسائل باز تحقیقاتی را شناسایی و حل مسئله را آغاز کنند.

۳. یک مقاله را خوب و موثر مطالعه کنند.

مهارت های مقدماتی نوشتن نتایج تحقیق را در قالب مقاله فرا گیرند.

## پ) سرفصل‌ها:

۱. چگونه یک مقاله را ارزیابی کرده، بخوانیم و یا بنویسیم.

۲. انتخاب حوزه تحقیقاتی، آموزش برنامه تحقیق با محوریت مسئله پژوهش

۳. شناخت مباحث اخلاق پژوهشی و سرقت ادبی در نگارش مقاله انفرادی و گروهی

مهارت استفاده از چت بات‌های نوین (**LLM**) و تله های احتمالی

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- ۸ تمرین و تکلیف؛ بخش هایی از مقاله ها رابازنویسی می کنند؛ بخش هایی را ارزیابی و تصحیح می کنند.
- هدف اصلی این درس، آمادگی تدوین به موقع و با کیفیت پروپوزال کارشناسی ارشد است. لذا کلیه تمرین ها با این هدف طراحی شده است.

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۷۰درصد |
| آزمون پایان ترم | ۳۰ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- ابزارهای نوشتن و ارائه کردن مانندOFFICE

**چ) منابع علمی پیشنهادی:**


1. L. Cohen,L. Manion, K. Morrison, Research Methods in Education, Taylor & Francis, 2017.
2. Peter Lang, English as an Additional Language in Research Publication and Communication, 2008
3. N. Huckin Thomas, A. Olsen Leslie, English for Science and Technology a handbook of nonnative speakers, McGrawhill, 1983.
4. Min, Seung-Kee, Ethics and Responsibilities of Peer Reviewers to the Authors, Readers, and Editors. Vascular specialist international, 2021.
5. Lorella Congiunti, et al. Ethics in Research. Springer Nature, 2023.


**ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

**خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| الف: عنوان درس به فارسی: روش تحقیق – ۲ | | | |
|---|---|---|---|
| عنوان درس به انگلیسی: | Research Methodology_S2 | نوع درس و واحد | |
| دروس پیش‌نیاز: | | پایه ☐ | نظری ■ |
| دروس هم‌نیاز: | | تخصصی الزامی ■ | عملی ☐ |
| تعداد واحد: | ۱ | تخصصی اختیاری ☐ | نظری-عملی ☐ |
| | | پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐ | |
| تعداد ساعت: | ۱۶ | مهارتی-اشتغال پذیری ☐ | |
| وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود) | | مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست ☐ | مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است ☐ |

**موارد دیگر: .....☐ کارگاه ☐ سمینار ☐ آزمایشگاه ☐اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی**

**هدف کلی:**

۱. یادگیری قالب های گزارش فنی، گزارش مرور روشمند ادبیات و پروپوزال
۲. ارائه شفاهی موثر در دو زبان فارسی و انگلیسی

**اهداف ویژه:**

در صورت اتمام موفقیت آمیز درس؛ دانشجویان قادر خواهند بود که:

۱. یک پروپوزال تحقیقاتی بنویسند.
۲. یک گزارش مرور روشمند ادبیات تحقیق بنویسند و با روش های ارزیابی تحقیق آشنا شوند.
۳. ارائه شفاهی موثر انجام دهند(انگلیسی و فارسی).
۴. آخرین ابزارهای حوزه مرتبط با درس را بشناسند.

## پ) سرفصل‌ها:

۱. یادگیری قالب های گزارش فنی، گزارش مرور روشمند ادبیات و پروپوزال
۲. ارائه شفاهی موثر در دو زبان فارسی و انگلیسی
۳. حقوق و مسئولیت های دانشجویان تحصیلات تکمیلی در حوزه اصول اخلاق پژوهشی
۴. بررسی مطالعات موردی در اخلاق پژوهشی و ارائه ابزارهای مرتبط با این حوزه

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- ۸ تمرین و تکلیف؛ بخش هایی از مقاله ها رابازنویسی می کنند؛ بخش هایی را ارزیابی و تصحیح می کنند.
- هدف اصلی این درس، آمادگی تدوین به موقع و با کیفیت پروپوزال کارشناسی ارشد است. لذا کلیه تمرین ها با این هدف طراحی شده است.

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۷۰درصد |
| آزمون پایان ترم | ۳۰ درصد |

**ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:**

- ابزارهای نوشتن و ارائه کردن مانندOFFICE

**چ) منابع علمی پیشنهادی:**


1. L. Cohen,L. Manion, K. Morrison, Research Methods in Education, Taylor & Francis, 2017.
2. Peter Lang, English as an Additional Language in Research Publication and Communication, 2008
3. N. Huckin Thomas, A. Olsen Leslie, English for Science and Technology a handbook of nonnative speakers, McGrawhill, 1983.
4. Min, Seung-Kee, Ethics and Responsibilities of Peer Reviewers to the Authors, Readers, and Editors. Vascular specialist international, 2021.
5. Lorella Congiunti, et al. Ethics in Research. Springer Nature, 2023.


**ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

**خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** آزمون و آزمون پذیری | | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Test & Testability | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ■ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ☐ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ٤٨ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ☐ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ☐ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی** ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر: .....**

**هدف کلی:**

۱ - آزمون و آزمون پذیری مدارها پس از ساخت

۲ - روش های تست کردن مدارهای دیجیتال و ارزیابی بردارهای تست

**اهداف ویژه:**

۱. استفاده از وریلاگ بعنوان ابزاری برای تولید تست، ارزیابی مدار برای آزمون پذیری، ارزیابی بردارهای تست، تولید و کامپایل کردن لیست خرابی ها و فشرده سازی بردارهای تست
۲. استفاده از وریلاگ برای توصیف سخت افزارهای مربوط به آزمون پذیری مدارها
۳. بوجود آوردن محیط مجازی که جایگزین تجهیزات تست کردن می باشد.

## پ) سرفصل‌ها:

۱. اصول تست و نقش HDL ها
۲. استفاده از زبان‌های توصیف سخت‌افزاری در طراحی و تست
۳. مدلسازی خرابی و عیب از ترانزیستور تا سطح سیستم
۴. روش‌ها و کاربردهای شبیه‌سازی خرابی مدارهای سطح انتقال ثبات(RTL)
۵. روش‌ها و الگوریتم‌های تولید الگوهای تست برای کنترلر و مسیرداده‌ی مدارهای سطح انتقال ثبات (RTL)
۶. الگوریتم‌های تولید تست قطعی
۷. مکانیسم‌های تست درونی مدارهای سطح انتقال ثبات (RTL) – طراحی برای تست با استفاده از پویشدر کنترلر و مسیرداده
۸. مکانیسم‌های تست بیرونی مدارهای سطح انتقال ثبات (RTL) – استاندارد IEEE در روش‌های دسترسی تست
۹. تست سیستم بر روی تراشه با استفاده از استانداردهای IEEE در دسترسی تست
۱۰. منطق تست خودکار تعبیه شده
۱۱. فشرده‌سازی تست
۱۲. تست حافظه با استفاده از BIST حافظه

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- استفاده کردن از شبیه سازی های مدارهای دیجیتال
- ابزارهای تولید تست و شبیه سازی خرابی
- ابزار زنجیره اسکن

**ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):**

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۵۰ درصد |
| آزمون میان ترم و پایان نیم‌سال | ۵۰ درصد |

**ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:**

- لپ تاپ و ویدیو پروژکتور

**چ) منابع علمی پیشنهادی:**


1. Z. Navabi, Digital System Test and Testable Design: Using HDL Models and Architectures, Springer, 2011.
2. Laung-Terng Wang, Cheng-Wen Wu, Xiaoqing Wen, VLSI Test Principles and Architectures, Morgan Kaufmann Publishers, 2006.
3. Niraj Jha , Sandeep Gupta, Testing of Digital Systems, Cambridge University Press, 2003.
4. Lala, Parag K. An introduction to logic circuit testing, Springer Nature, 2022.
5. Meixner, Anne, Louis J. Gullo, Design for Test and Testability, Design for Maintainability, John Wiley & Sons 2021.


**ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

**خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| الف: عنوان درس به فارسی: | مدارهای مجتمع توان پایین | | |
|---|---|---|---|
| عنوان درس به انگلیسی: | Low Power Integrated Circuits | نوع درس و واحد | |
| دروس پیش‌نیاز: | | پایه ☐ | نظری ■ |
| دروس هم‌نیاز: | | تخصصی الزامی ■ | عملی ☐ |
| تعداد واحد: | ۳ | تخصصی اختیاری ☐ | نظری-عملی ☐ |
| | | پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐ | |
| تعداد ساعت: | ٤٨ | مهارتی-اشتغال پذیری ☐ | |
| وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود) | | مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست ☐ | مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است ☐ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

## هدف کلی:

- این درس به دانشجویان تحصیلات تکمیلی تکنیک های کم توان برای بهینه سازی مصرف توان مدارهای مجتمع دیجیتال را می آموزد. دانشجویان تکنیک های کم توان برای طراحی، حالت آماده به کار و زمان اجرا در سطوح مختلف تجرید از سطح فیزیکی تا سطح نرم افزار و سیستم را می آموزند.

## اهداف ویژه:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند روش های زیر خواهند آموخت:

۱. بهینه سازی توان/انرژی در مرحله طراحی با استفاده از روش های مداری
۲. بهینه سازی توان/انرژی در مرحله طراحی با استفاده از روش های معماری، نرم افزاری، و سیستمی
۳. بهینه سازی توان/انرژی در مرحله کارکرد آماده به کار مدار با استفاده از روش های مداری و سیستمی
۴. بهینه سازی توان/انرژی در مرحله کارکرد فعال مدار با استفاده از روش های مداری و سیستمی

## پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر دلیل کاهش توان توان مصرفی: در انواع مختلف کاربردها، روند تغییر فناوری
۲. ترانزیستورهای نانومتری: رفتارها و مدل‌ها، جریان‌های نشتی زیر آستانه و دیگر پدیده‌ها، نوسانات، نوآوری‌ها در فناوری و افزاره
۳. مفاهیم پایه‌ای توان و انرژی مصرفی: شاخص‌ها، توان پویا، توان ایستا، مصالحه‌های بین انرژی و تأخیر
۴. بهینه‌سازی توان/انرژی در مرحله طراحی با استفاده از روش‌های مداری: چارچوب بهینه سازی برای مصالحه بین انرژی و تأخیر، بهینه‌سازی توان مصرفی پویا (استفاده از چند منبع تغذیه، تعیین اندازه ترانزیستورها، نگاشت فناوری)، بهینه‌سازی توان مصرفی ایستا (استفاده از چند ولتاژ آستانه، پشته کردن ترانزیستورها)
۵. بهینه‌سازی توان/انرژی در مرحله طراحی با استفاده از روش های معماری، نرم افزاری، و سیستمی: فضای مصالحه معماری و سیستمی، هم‌زمان‌سازی کارایی انرژی را بهبود می‌بخشد، به کارگیری همبندی‌های متفاوت، حذف ناکارایی، هزینه قابلیت انعطاف
۶. بهینه‌سازی توان/انرژی مصرفی اتصالات و کلاک در مرحله طراحی: روند و مرزها، استفاده از روش OSI برای بهینه‌سازی اتصالات (لایه فیزیکی، ارتباط داده‌ای و MAC، شبکه، کاربرد)، شبکه توزیع کلاک
۷. بهینه‌سازی توان/انرژی در مرحله کارکرد آماده به کار مدار با استفاده از روش های مداری و سیستمی: چرا مدیریت حالت آماده به کار؛ توان پویا در حالت دروازه گذاری کلاک؛ توان ایستا در حالتهای اندازه‌گذاری ترانزیستورها، دروازه گذاری تغذیه، بایاس کردن بدنه، و تغییر تدریجی منبع تغذیه
۸. بهینه‌سازی توان/انرژی در مرحله کارکرد فعال مدار با استفاده از روش های مداری و سیستمی: انگیزه بهینه‌سازی در حالت کارکرد مدار، تغییر مقادیر ولتاژ و فرکانس مدار به صورت پویا، بایاس کردن بدنه به صورت تطبیقی، خود تطبیقی عمومی، استفاده تهاجمی (بهتر از بدترین حالت)، محدوده های تغذیه و مدیریت توان

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

۱. در قسمت اول هر مبحث ارائه شده در کلاس، مفاهیم مورد نیاز برای فهم روش های اساسی طراحی کم توان پائین آموزش داده می شود.

۲. در ادامه هر مبحث ارائه شده در کلاس، روش های مختلف در این مبحث جهت کاهش توان مصرفی آموزش داده می شود.

۳. با انتخاب موضوع پروژه بر اساس روش های توان پائین، دانشجویان به مطالعه موردی آخرین روش های طرح های کم پائین که در مجلات معتبر علمی ارائه شده است و برخی از آنها در دنیای واقعی مورد استفاده قرار می گیرند می پردازند تا علاوه بر مطالب پایه ای، با روش های روز دنیا نیز آشنا شوند.

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۳۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۷۰ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی

## چ) منابع علمی پیشنهادی:


1. A. Sarkar, S. De, M. Chanda, C. K. Sarkar, Low Power VLSI Design Fundamentals, De Gruyter Oldenbourg, 2016.
2. J. Rabaey, Low-Power Design Essentials, Springer, 2009.
3. Piguet, Low-Power CMOS Circuits, Taylor & Francis, 2006.
4. Jan M. Rabaey, Anantha Chandrakasan, Borivoje Nikolic, Digital Integrated Circuits, Pearson Education Inc., 2003.
5. S. Jain, L. Lin, and M.B. Alioto, Adaptive Digital Circuits for Power-Performance Range beyond Wide Voltage Scaling. Springer, 2020.


## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| الف: عنوان درس به فارسی: | محاسبات کامپیوتری | | |
|---|---|---|---|
| عنوان درس به انگلیسی: | Computer Arithmetic | نوع درس و واحد | |
| دروس پیش‌نیاز: | | پایه ☐ | نظری ■ |
| دروس هم‌نیاز: | | تخصصی الزامی ■ | عملی ☐ |
| تعداد واحد: | ۳ | تخصصی اختیاری ☐ | نظری-عملی ☐ |
| | | پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐ | |
| تعداد ساعت: | ٤٨ | مهارتی-اشتغال پذیری ☐ | |
| وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود) | | مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست ☐ | مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است ☐ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

**هدف کلی:**

۱. آشنایی با سیستم‌های نمایش مختلف اعداد
۲. آشنایی با انواع مدارهای محاسباتی (جمع‌کننده/تفریق‌کننده/ضرب‌کننده/تقسیم‌کننده)

**اهداف ویژه:**

دانشجویان پس از گذراندن این درس قادر خواهند بودک

۱. روش‌های سنتی و غیر سنتی نمایش اعداد را بشناسند و به کار بگیرند،
۲. انواع مدارهای محاسباتی شامل جمع کننده، تفریق کننده، ضرب کننده و تقسیم کننده را تحلیل و طراحی کنند،
۳. با روش‌های تسریع مدارهای محاسباتی آشنا شوند،
۴. با استاندارد IEEE برای سیستم نمایش اعداد ممیزشناور آشنا شده و آن را به کار ببرند،

## پ) سرفصل‌ها:

**۱.** سیستم نمایش اعداد
**۲.** مدارهای جمع کننده‌ی دو اپرندی
**۳.** مدارهای جمع‌کننده‌ی چند اپرندی
**٤.** مدارهای ضرب کننده
**۵.** مدارهای تقسیم کننده
**٦.** سیستم نمایش اعداد ممیزشناور

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- در طول ترم ۵ سری تکلیف دستی از مطالب درسی در اختیار دانشجویان قرار می‌گیرد.
- هم‌چنین در طول ترم چند تمرین کامپیوتری (پیاده‌سازی مدارهای محاسباتی در سطوح مختلف) برای دانشجویان مشخص می‌شود.
- در پایان این درس هر یک از دانشجویان باید یک کاربرد عملی از محاسبات کامپیوتری در شاخه‌های مختلف را انتخاب کرده و به صورت سمینار برای سایر دانشجویان ارایه کنند.

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۶۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

**ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:**

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

**چ) منابع علمی پیشنهادی:**

1. Milos D. Ercegovac , Tomas Lang, Digital Arithmetic, Morgan Kaufmann Publishers, 2004.
2. I. Koren, Computer Arithmetic Algorithms, A.K. Peters, 2002.
3. B. Parhami, Computer Arithmetic: Algorithms and Hardware Design, Oxford University Press, 2000.
4. Mi Lu, Arithmetic and Logic in Computer Systems, John Wiley & Sons, 2004.
5. Kai Hwang, Computer Arithmetic, John Wiley & Sons, 1979.
6. Slawomir Grys, "Computer Arithmetic in Practice", CRC Press, 2023.

**ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

**خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | درستی‌سنجی صوری و عیب‌یابی در سیستم‌های دیجیتال | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Formal Verification and Debugging of Digital Systems | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ■ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | **۳** | **تخصصی اختیاری** ☐ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | **۴۸** | **مهارتی-اشتغال پذیری** ☐ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه** **نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش** **موسسه است** ☐ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

**هدف کلی:**

۱- آشنایی با روش‌های درستی‌سنجی صوری (Formal Verification) مدارهای دیجیتال

۲- آشنایی با روش‌های عیب‌یابی (Debugging) و تصحیح (Correction) اتوماتیک مدارهای دیجیتال

**اهداف ویژه:**

۱. آشنایی با فرم‌های کانونیکال جهت نمایش مدارهای دیجیتال بطور خاص دیاگرام‌های تصمیم‌گیری (Decision Diagrams) در سطوح مختلف

۲. آشنایی با مسایل مختلف SAT و نحوه کارکرد SAT Solverها

۳. آشنایی با زبان‌های توصیف ویژگی‌ها مانند CTL و همچنین آشنایی با روش‌های چک‌کردن ویژگی‌ها (Property Checking) و برابری ( Equivalence Checking)

۴. آشنایی با روش‌های عیب‌یابی و تصحیح اتوماتیک مدارهای دیجیتال قبل و بعد از ساخت (Pre- and Post-silicon Debug)

## پ) سرفصل‌ها:

۱. دیاگرام‌های تصمیم‌گیری دودویی (Binary Decision Diagrams)

۲. دیاگرام‌های تصمیم‌گیری سطح کلمه (Word Level Decision Diagrams)

۳. تبیین مساله صدق‌پذیری (Satisfiability) و نحوه کارکرد SAT Solverها

۴. چک‌کردن برابری (Equivalence Checking) مدارهای ترکیبی و ترتیبی با استفاده از دیاگرام‌های تصمیم‌گیری و SAT Solverها

۵. زبان‌های توصیف ویژگی‌ها در سطوح مختلف

۶. چک‌کردن ویژگی‌ها (Property Checking) با تعریف Transition System در مدارهای دیجیتال

۷. روش‌های عیب‌یابی و تصحیح اتوماتیک در سطوح مختلف تجرید (Abstraction Level) با استفاده از دیاگرام‌های تصمیم‌گیری و SAT Solverها

۸. عیب‌یابی پس از ساخت (Post-silicon Debug)

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- آموزش تعاملی مبتنی بر بحث گروهی در کلاس با مطرح‌کردن سوالات و توضیح مباحث در جهت پاسخ‌گویی به سوالات
- مطرح‌کردن جدیدترین دستاوردهای پژوهشی مرتبط در دنیا و تبیین مشکلات پژوهشی پیش‌رو
- انجام تکالیف دستی (Homeworks) جهت تسلط به مباحث گفته شده سرکلاس
- انجام تکالیف کامپیوتری در قالب سه پروژه جهت تسلط به چگونگی ارتباط بین مباحث مختلف درس

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| تکالیف دستی (Homeworks) | ۱۵ درصد |
| تکالیف کامپیوتری (Projects) | ۲۰ درصد |
| آزمون میان‌ترم | ۳۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۳۵ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:

1. A. Biere, M. Heule, H. Maaren and T. Walsh, Handbook of Satisfiability, 2021.
2. B. Murphy, M. Pandey and S. Safarpour, Finding Your Way Through Formal Verification, 2018.
3. S. Ray, Scalable Techniques for Formal Verification, 2010.
4. K. Chang, I. L. Markov and V. Bertacco, Functional Design Errors in Digital Circuits: Diagnosis, Correction and Repair, 2009.
5. C. Baier and J.P. Katoen, Principles of Model Checking, 2008.

## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | طراحی سیستمهای تحمل پذیر خرابی | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Fault Tolerant Systems | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ■ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ☐ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ٤٨ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ☐ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ☐ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:**

.....

## هدف کلی:

۱- آشنایی با انواع افزونگی‌ها برای افزایش تحمل‌پذیری اشکال

۲- آشنایی با روش‌های تحلیل و ارزیابی تحمل‌پذیری اشکال

## اهداف ویژه:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند قادر خواهند بود:

۱. از افزونگی‌های سخت‌افزاری، اطلاعاتی، زمانی و نرم‌افزاری برای افزایش تحمل‌پذیری اشکال استفاده کنند،

۲. با اسفاده از زنجیر مارکوف سیستم‌های تحمل‌پذیر اشکال را تحلیل و ارزیابی کنند،

۳. اثر تغییرات فرآیند ساخت و کهن‌سالی را بر روی مشخصه‌های زمانی ترانزیستورها ارزیابی کنند،

۴. تاثیر خطای نرم بر روی عملکرد مدارهای دیجیتال ارزیابی کنند،

## پ) سرفصل‌ها:

۱. تاریخچه‌ی سیستم‌های تحمل‌پذیر اشکال

۲. انواع افزونگی‌ها در سیستم‌های تحمل‌پذیر اشکال

- افزونگی سخت‌افزاری
- افزونگی داده‌ای
- افزونگی نرم‌افزاری
- افزونگی زمانی

۳. روش‌های تحلیل کمی تحمل‌پذیری اشکال

- مدارهای سری/موازی و غیرسری-موازی
- زنجیر مارکوف

٤. شبکه‌های ارتباطی تحمل‌پذیری اشکال

٥. خطای نرم

٦. تغییرات فرایند ساخت

۷. کهن‌سالی

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- در طول ترم ۵ سری تکلیف دستی از مطالب درسی در اختیار دانشجویان قرار می‌گیرد.

- هم‌چنین در طول ترم چند تمرین کامپیوتری (مانند تزریق اشکال در مدل وریلاگ یک پردازنده، به دست آوردن شارژ بحرانی گره‌های یک مدار برای بررسی تاثیر خطای نرم با شبیه‌سازی PSpice) برای دانشجویان مشخص می‌شود.
- در پایان این درس هر یک از دانشجویان باید یک کاربرد عملی از روش‌های تحمل‌پذیری اشکال در شاخه‌های مختلف را انتخاب کرده و به صورت سمینار برای سایر دانشجویان ارایه کنند.

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۶۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:

1. Israel Koren, C. Mani Krishna, Fault Tolerant Systems, Elsevier Inc., 2022.
2. B. W. Johnson, Design and analysis of Fault-Tolerant Digital Systems, Addison-Wesley, 1989.
3. M. L. Shooman, Reliability of Computer Systems and Networks: Fault Tolerance, Analysis and Design, John-Wiely, 2002.
4. Shubu Mukherjee, Architecture Design for Soft Errors, Elsevier Inc., 2008.
5. Amir Zjajo, Stochastic Process Variation in Deep-Submicron CMOS: Circuits and Algorithms, Springer, 2014.

## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | مدارهای مجتمع خیلی فشرده پیشرفته | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Advanced Very Large Scale Integration (Advanced VLSI) | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ■ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | **۳** | **تخصصی اختیاری** ☐ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | **۴۸** | **مهارتی-اشتغال پذیری** ☐ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه** **نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ☐ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر:**

.....

## هدف کلی:

۱. دانشجویان با روش‌های طراحی و پیاده‌سازی مدارهای خیلی فشرده دیجیتال مبتنی بر تکنولوژی CMOS در مقیاس زیر مایکرون و نانو و نیز چالش‌های طراحی آشنا شده و آنها را در مثال‌های مختلف بکار خواهند بست. با معیارهای طراحی شامل قابلیت اطمینان، هزینه (پیچیدگی یا سطح تراشه)، تأخیر (سرعت)، و توان مصرفی (انرژی) به عنوان پارامترهای مهم طراحی مدارهای مجتمع و روش محاسبه آنها آشنا شده و آنها را در طراحی بهینه انواع مدارهای ترکیبی و ترتیبی در سطوح مختلف مداری، سیستمی، واحد پردازشگر، مسیریابی سیگنال کلاک و خطوط توان بکار خواهند گرفت. آموزش و بکارگیری نرم افزارها و ابزار Verilog، VHDL، Hspice، و Cadence از اهداف این درس است.

۲. در این درس، اهمیت اینترکانکت‌های درون تراشه و تاثیر آن در پارامترهای طراحی مورد بررسی قرار خواهند گرفت. کلیه روش‌های طراحی سفارشی و روش‌های مبتنی بر ابزارها و نرم‌افزارهای اتوماتیک بحث خواهند شد. طراحی انواع سلول‌های حافظه فرار و غیرفرار، پایا (استاتیک) و پویا (داینامیک) تا ساختارهای بسیار حجیم و بزرگ حافظه‌ها است. دانشجویان با طراحی لی‌اُوت آشنا شده و در مدارهای ساده و پیچیده، مهارت آن را بدست خواهند آورد.

## اهداف ویژه:

در پایان این درس، دانشجویان تحلیل، طراحی، بهینه‌سازی، پیاده‌سازی و تکنیک‌های طراحی لی‌اُوت مدارهای مجتمع فشرده دیجیتال استاتیک و داینامیک را با تسلط بر معیارهای طراحی در موارد زیر خواهند آموخت:

۱. تنوع جامع از خانواده‌های مدارهای منطقی ترکیبی و مدارهای منطقی ترتیبی، بر اساس معیارهای طراحی شامل قابلیت اطمینان، هزینه (سطح تراشه، پیچیدگی، کارایی (تأخیر یا سرعت)، و انرژی

۲. انواع بلوک‌های سازنده واحدهای محاسباتی شامل جمع‌کننده‌ها، ضرب‌کننده‌ها، انتقال دهنده‌ها تا مدارهای جانبی، انواع متدولوژی‌های طراحی و پیاده‌سازی سفارشی و اتوماتیک،

۳. انواع حافظه‌های برتراشه، حافظه‌های تراشه تنها، زمانبندی‌ها، محاسبات سرعت و انرژی مصرفی،

۴. تأثیر اینترکانکت‌ها، یک‌پارچگی سیگنال، مسیریابی کلاک و توان، و بسته‌بندی packaging در ملاحظات طراحی،

## پ) سرفصل‌ها:

**۱.** مقدمه‌ای بر مدارهای مجتمع فشرده دیجیتال VLSI:

تاریخچه تحول و توسعه مدارهای مدارهای مجتمع از معرفی اولین ترانزیستور تا مدارهای مجتمع سطح ویفر، موضوعات و مسائل طراحی مدارهای مجتمع، معیارهای طراحی (قابلیت اطمینان، هزینه و پیچیدگی، تأخیر یا سرعت، انرژی مصرفی)، چشم‌انداز آتی برای مدارهای مجتمع فشرده شامل فناوری‌های نوظهور، نانو الکترونیک، تکنولوژی 3D-VLSI، و مقیاس‌دهی تکنولوژی ساخت.

**۲.** فرآیند ساخت مدارهای مجتمع CMOS مقیاس نانو، بسته‌بندی packaging، و طراحی لی‌اوت: فرآیند ساخت مدارهای مجتمع CMOS در مقیاس نانو، قواعد طراحی لی‌اوت، چشم‌انداز و روندهای نوظهور در فرآیند تکنولوژی

۳. مقیاس‌دهی تکنولوژی: روند مقیاس دهی تا کوچکترین مشخصه ابعاد، تاثیر مقیاس‌دهی تکنولوژی در معیارهای طراحی، تأثیر مقیاس دهی تکنولوژی در روندهای جدید طراحی VLSI تا نانو CMOS و نانوالکترونیک، تأثیر مقیاس دهی در انواع پراسسورها، حافظه ها، پردازنده های بسیار سریع،

٤. افزاره (بررسی مختصر): مروری بر فیزیک عملکرد و روابط ترانزیستور MOSFET با تأکید بر ترانزیستورهای کانال کوتاه در ابعاد نانو، اثرات ثانویه در مشخصات ترانزیستور با ابعاد نانو، ترانزیستور در زیر آستانه.

۵. اتصالات‌میانی: معرفی جایگاه اینترکانکت‌ها در روند تحول و توسعه مدارهای مجتمع VLSI، تأثیر مقیاس‌دهی در اینترکانکت‌ها، پارامترها و پارازیتیکی‌های اتصالات‌میانی، مقاومت خازن و اندوکتانس، مدل‌های الکتریکی، مدل تأخیر و پاسخ خروجی، یک‌پارچگی سیگنال، نگاهی به تکنولوژی‌های آینده اتصالات میانی.

٦. معکوس‌کننده CMOS: معکوس‌کننده‌پایای CMOS در ابعاد نانو، چشم‌انداز شهودی، بررسی ستبربودن اینورتر CMOS و رفتار پایای آن. کارایی اینورتر شامل: رفتار پویا، توان و انرژی مصرفی، بررسی تاثیر مقیاس‌دهی در معیارهای ارزیابی و عملکردی معکوس کننده.

۷. طراحی گیت‌ها با منطق ترکیبی (Combinational) در CMOS: مقدمه‌ای بر مدارهای منطقی ترکیبی، طراحی مدارهای ساده و پیچیده CMOS و انواع خانواده‌های مختلف مبتنی بر طراحی پایا Static و پویا Dynamic.

۸. طراحی گیت‌ها با منطق ترتیبی (Sequential): مبانی و تعاریف مدارهای ترتیبی و عنصر عنصر پایه حافظه، طراحی انواع مدارهای لچ و رجیسترها مبتنی بر مبانی پایا و پویا، سبک‌های نوآورانه در طراحی رجیسترها، مسائل و چالش‌های مرتبط با رجیسترها. رویکرد پایپلاین کردن، استفاده از روش پایپلاین کردن برای بهینه‌سازی، طراحی مدارهای ترتیبی پیچیده و سایز بزرگ، مسیریابی کلاک و خطوط توان.

۹. متدولوژی طراحی و پیاده سازی مدارهای دیجیتال بسیار فشرده: روش‌های طراحی سفارشی Custom Design، روش‌های طراحی مبتنی بر استفاده از نرم-افزارها و ابزار طراحی اتوماتیک (نیمه سفارشی، طراحی مبتنی بر FPGA، ساختارهای مختلف طراحی مبتنی بر FPGA.

۱۰. طراحی بلوک‌های سازنده واحدهای محاسباتی: مقدمه‌ای بر ساختار و واحدهای سازنده پراسسورها، مسیرداده در معماری پردازنده‌های دیجیتال، روش‌های طراحی جمع‌کننده ها با رویکرد مداری و سیستمی، روش‌های طراحی ضرب‌کننده‌ها، روش‌های طراحی انتقال‌دهنده‌ها و سایر عملگرهای محاسباتی. روش‌های طراحی توان کم: معرفی انواع روش‌ها در سطوح طراحی و عملکردی، مصالحه توان و سرعت در ساختارهای مسیرداده.

۱۱. طراحی حافظه و ساختارهای آرایه‌ای: مقدمه‌ای بر حافظه‌های سطح تراشه و حافظه‌های تنها، ساختار حافظه و مدارهای جانبی، ساختار و روش‌های طراحی انواع حافظه‌های ROM, EPROM, EEPROM و محاسبه تأخیر (سرعت) در آنها. معرفی انواع حافظه های Static و حافظه‌های Dynamic، قابلیت اعتماد حافظه‌ها، محاسبات، طراحی مدارهای حسگر برای حافظه‌ها، مطالعه موردی در طراحی حافظه، روندها و تحولات جدید در حافظه نیمه‌هادی.

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- استفاده از اسلایدهای درس با توجه به پیچیدگی محتوای درس و استفاده بهینه از زمان،
- به‌روز نگهداشتن محتوای درس بر اساس پیشرفت دانش نظری مرتبط با درس،
- استفاده از نوشتن بر روی وایت بورد در توضیح و تشریح روابط و مفاهیم اصلی،
- پیش مطالعه درس توسط دانشجویان با توجه به اسلایدها و مستنداتی که از قبل در اختیار دانشجو قرار می گیرد.
- پرسش و پاسخ و بحث کلاسی برای هوشیار نگهداشتن، توجه دادن و مشارکت دانشجو،
- دادن تکالیف درسی، تمرین‌های کامپیوتری و پروژه کوچک درسی برای ایجاد مهارت‌های تخصصی.

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی: تکالیف منزل، تمرین‌های کامپیوتری، پروژه درسی، و امتحان میان ترم: ۶۵ درصد

آزمون پایان ترم: ۳۵ درصد

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- امکانات متداول نظیر ویدئو پروژکتور برای ارائه درس، نرم‌افزارهای Verilog، VHDL، Hspice, Cadence برای انجام تکالیف کامپیوتری

**چ) منابع علمی پیشنهادی:**

1. R. Jacob Baker , CMOS: Circuit Design, Layout, and Simulation (IEEE Press Series), Wiley-IEEE Press on Microelectronic Systems, 2019,
2. Neil H.E. Weste, D. Harris, CMOS VLSI Design: A Circuits and Systems Perspective, Addison Wesley, 2011.
3. J.M. Rabaey , Digital Integrated Circuits: A Design Perspective, Prentice Hall, 2003.
4. Shojiro Asai , VLSI Design and Test for Systems Dependability, Springer, 2018.

**ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

**خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** ابزاردقیق پزشکی | | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Biomedical Instrumentation | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ■ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ☐ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ٤٨ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ☐ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ☐ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی** ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:**

.....

**هدف کلی:**

۱. مطالعه سیستم‌ها و تکنولوژی‌های به‌کار رفته در ابزارهای دقیق پزشکی با رویکرد طراحی و ساخت ابزارهای دقیق پزشکی

۲. معرفی سیستم‌های حسگری، ارزیابی و ثبت اطلاعات بیولوژیکی از بدن انسان

**اهداف ویژه:**

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند:

۱. قادر خواهند بود نحوه اندازه‌گیری‌های پزشکی را توضیح دهند.

۲. قادر خواهند بود مدارهای الکترونیکی پزشکی را طراحی و تست کنند.

۳. منشأ پتانسیل‌های زیستی را می‌دانند.

۴. حسگرها، مبدل‌ها و الکترودهای زیستی مورد استفاده برای استخراج سیگنال‌های بیولوژیکی را می‌شناسند.

**پ) سرفصل‌ها:**

۱. مقدمه و مبانی ابزاردقیق

۲. منشأ پتانسیل‌های حیاتی

۳. معرفی پتانسیل‌های حیاتی کلینیکی EEG، ECG، EMG، EOG ، ERG، ENG و کاربردهای مختلف آن‌ها

۴. حسگرها و مبدل‌های پارامترهای حیاتی مختلف

۵. اندازه‌گیری نوری

۶. انواع الکترودهای ثبت پتانسیل‌های حیاتی

۷. تقویت‌کننده‌های عملیاتی و مدارهای معمول در ابزارهای دقیق پزشکی

۸. مثال‌های کاربردی مختلف از سیستم‌های ابزار دقیق پزشکی

۹. معرفی برخی ابزارهای دقیق در تصویربرداری پزشکی

**ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:**

- ۵ تکلیف از مباحث درس
- دانشجویان باید یک پروژه سخت‌افزاری انجام دهند و در آن سیستمی مربوط به ثبت و پردازش سیگنال‌های بیولوژیکی و یا تشخیص پزشکی را طراحی و پیاده‌سازی کنند.

**ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):**

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۶۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:

1. J. G. Webster, Medical Instrumentation: Application and Design, Wiley, 2009.
2. J. D Enderle and J. D. Bronzino, Introduction to Biomedical Engineering, Academic Press, 2012.
3. R. Aston, Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement, Merrill Pub. Co, 2002.
4. Sudip Paul, Angana Saikia, Vinayak Majhi, Vinay Kumar Pandey, Introduction to Biomedical Instrumentation and Its Applications, Elsevier, 2022

## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | اینترکانکت‌ها و یک‌پارچگی سیگنال در مدارهای VLSI و نانوسیستم‌ها | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Interconnects and Nano Wires in VLSI Circuits and Nano Systems | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ■ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | **۳** | **تخصصی اختیاری** ☐ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | **۴۸** | **مهارتی-اشتغال پذیری** ☐ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ☐ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی** ☐ **آزمایشگاه** ☐ **سمینار** ☐ **کارگاه** ☐ **موارد دیگر:**

.....

## هدف کلی:

از مهترین اهداف درس موارد زیر را می توان نام برد:

۱. ایجاد شناخت جامعی از جایگاه، اهمیت، و کارایی اینترکانکت‌ها (اتصالات‌میانی) در مدارهای مجتمع، سیستم های الکترونیکی و بوردهای مدارچاپی با روند کوچک شدن تکنولوژی تا مقیاس نانو. بررسی آثار اتصالات‌میانی/سیم ها در عملکرد، کارایی، توان مصرفی و قابلیت اطمینان مدارهای مجتمع، و سیستم های الکترونیکی و بوردهای مدارچاپی، بررسی اثرات پارازیتیکی اتصالات‌میانی و روشهای مدلسازی آنها، بررسی و تحلیل یکپارچگی سیگنال و توان و خطاهای ناشی از اتصالات‌میانی و سیم ها، تحلیل تاخیر انتشار و روش های مدل سازی و کاهش آن، بررسی نویز هم شنوایی و روشهای مدلسازی و کاهش آن،

۲. بررسی رفتار و مدلسازی سیمها در سطح سیستم و بوردهای مدارچاپیPCB ، کمی‌سازی خطا و آسیب‌پذیری الکترومغناطیسی سیستمهای الکترونیکی ناشی از اثر امواج و مسیریابی روی بورد، سازگاری و تداخل الکترومغناطیسی EMC/EMI درPCB ها، معرفی تکنولوژیهای جایگزین برای ساختار مدارات مجتمع و سیم بندی در آنها نظیر ساختار 3D، بررسی نانوسیمها و نانولوله‌های کربنی به عنوان جایگزین برای اتصالات‌میانی، بررسی تاخیر انتشار و نویز همشنوایی در نانو لوله‌های کربنی، نانو نوارهای گرافینی، و مدل سازی مداری آنها.

## اهداف ویژه:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند قادر خواهند بود:

۱. بینش علمی و دقیق از جایگاه و اهمیت اینترکانکت‌ها (اتصالات‌میانی) و یکپارچگی سیگنال در دو سطح مدار مجتمع و سیستم‌های همگن و غیرهمگن، و توانایی بکارگیری نرم افزارهای ADS ، HSPICE برای شبیه سازی و تحلیل اتصالات میانی بدست می‌آورند.

۲. درک مفاهیم و نحوه‌ی محاسبه پارامترها (پارازیتیکی) اینترکانکت‌ها، یادگیری روش‌های مدل‌سازی اتصالات‌میانی و نحوه‌ی بکارگیری آنها، مفهوم تأخیر و نایقینی تأخیر و مدل‌سازی آن، مفاهیم همشنوایی و توان مصرفی و مدل‌سازی آنها، روشهای کارآمد برای کاهش هم‌شنوایی و توان مصرفی،

۳. آشنایی به بسته‌بندی انواع مداراهی مجتمع و اثر آنها در یکپارچگی سیگنال نظیر تأخیر، توان مصرفی و قابلیت اعتماد، و ایجاد توانایی تحلیل سازگاری/تداخل الکترومغناطیسی در بوردهای مدارچاپی، طراحی بورد مقاوم و چالشهای آن، آسیب‌پذیری سیستم‌های الکترونیکی،

۴. آشنایی با فناوری نانوالکترونیک، رژیم انتقال الکترون و هدایت، نانو سیم‌ها و انواع نانولوله‌های کربنی به عنوان تکنولوژی‌های جدید اتصالات‌میانی مدارات مجتمع و روش‌های مدل‌سازی آنها و مدل‌سازی نویز هم‌شنوایی.

## پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر فناوری‌های ساخت سیستم‌های مدار مجتمع VLSI زیر میکرون تا نانو سیستم‌ها، انواع اینترکانکت‌ها در مدارهای مجتمع، بسته‌بندی مدارهای مجتمع، نگاه کلی بر جایگاه اتصالات میانی/سیم ها در مدارات مجتمع، سیستم های الکترونیکی و بوردهای مدار چاپی و نقش آنها در عملکرد یک سیستم

۲. اینترکانکت‌ها و مساله ی مقیاس شدن Scaling و آثار ناشی از آن از IC تا مجتمع‌سازی همگن و ناهمگن، یک پارچگی سیگنال Signal Integrity ، پدیده کوچ الکتریکی Electromigration

۳. انواع پارازیتیکی‌های اتصالات میانی و محاسبه آنها، پدیده های مرتبط با اینترکانکت‌ها و مدل‌سازی آنها شامل: تاخیر، نایقینی در تاخیر، روش‌های کاهش تأخیر، تلف توان، نویز هم شنوایی و روش‌های کاهش آن، یکپارچگی سیگنال و توان Power/Signal Integrity

۴. تکنیک های مدل سازی اینترکانکت‌ها، مدل‌های مداری فشرده و گسترده RC، RLC، مدل خط انتقال،

۵. انواع اینترکانکت‌ها و مدل‌های آنها در FPGA ها، ساختار و مدل‌سازی اینترکانکت‌ها و تأخیر در مدارات مجتمع سه بعدی 3D-VLSI، توابع توزیع اتصالات میانی در مدارات مجتمع دو بعدی و سه بعدی

۶. انواع بسته‌بندی مدارهای مجتمع، مدل‌های IBIS، تداخل الکترومغناطیسی در بوردهای مدارچاپی EMC/EMI ، تحلیل آسیب پذیری سیستم های الکترونیکی در سطح سیستم و PCB و کمی‌سازی خطا

۷. اینترکانکت‌های نوری Optical Interconnects ، اینترکانکت‌ها با ساختارهای بیولوژیکی، معرفی تکنولوژی Low-k و نقش آن در تاخیر و نویز هم شنوایی اتصالات میانی.

۸. انواع نانوسیم‌ها Nano Wires ، مکانیزم‌های پراکندگی الکترون در نانو سیم‌ها، مقایسه عملکرد اتصالات میانی متداول مسی با نانوسیم ها

۹. معرفی نانو لوله‌های کربنی CNT (Carbon Nano Tubes) و انواع آنها، اشاره ای بر روش های ساخت و کاربردهای نانو لوله های کربنی، انتقال الکتریکی و هدایت کوانتمی در نانو لوله‌های کربنی

۱۰. مدل های مداری فرکانس بالا برای نانو لوله‌های کربنی تک‌دیواره و چند دیواره،

۱۱. مدل‌سازی دسته نانولوله‌های تک‌دیواره و چند دیواره،

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- استفاده از اسلایدهای درس با توجه به پیچیدگی محتوای درس و لزوم استفاده بهینه از زمان،
- به‌روز نگهداشتن محتوای درس بر اساس پیشرفت دانش نظری مرتبط با درس،
- استفاده از نوشتن بر روی وایت بورد در توضیح و تشریح روابط و مفاهیم اصلی،
- پیش مطالعه درس توسط دانشجویان با توجه به اسلایدها و مستنداتی که از قبل در اختیار دانشجو قرار می گیرد.
- پرسش و پاسخ و بحث کلاسی برای هوشیار نگهداشتن، توجه دادن و مشارکت دانشجو،
- دادن تکالیف درسی، تمرین‌های کامپیوتری و پروژه کوچک درسی برای ایجاد مهارت‌های تخصصی.
- تعداد ۷ تکلیف کامپیوتری به صورت شبیه سازیهای کامپیوتری و تحلیل نتایج، پروژه درسی

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی: تکالیف منزل، تمرین‌های کامپیوتری، پروژه درسی، و امتحان میان ترم: ۷۰ درصد
- آزمون پایان ترم: ۳۰ درصد

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- امکانات متداول نظیر ویدئو پروژکتور برای ارائه درس، نرم‌افزارهای ADS، Hspice برای انجام تکالیف کامپیوتری.

## چ) منابع علمی پیشنهادی:

1. . Samuel H. Russ, Signal Integrity: Applied Electromagnetics and Professional Practice, Springer Nature, 2022.
2. Abhishek Kumar, Suman Lata Tripathi, K. and Srinivasa Rao, Machine Learning Techniques for VLSI Chip Design, Wiley-Scrivener, 2023.
3. Eric Bogatin, Signal and Power Integrity, Pearson, 2018.
4. Hanqiao Zhang, Steven Krooswyk, Jeffrey Ou, High Speed Digital Design: Design of High-Speed Interconnects and Signaling, Morgan Kaufmann, 2015.

**ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

**خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | معماری کامپیوتر پیشرفته | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Advanced Computer Architecture | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ☐ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ■ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ٤٨ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ■ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ■ |

**موارد دیگر: .....☐ کارگاه ☐ سمینار ☐ آزمایشگاه ☐اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی**

## هدف کلی:

۱. آشنایی با معماری پردازنده‌های تک‌هسته‌ای پیشرفته (اجرای خارج از ترتیب، سوپر اسکالر، VLIW، برداری و ...)
۲. آشنایی با معماری پردازنده‌های چندهسته‌ای و سازگاری/یک‌پارچگی حافظه

## اهداف ویژه:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند قادر خواهند بود:
۱. انواع پردازنده‌های تک هسته‌ای (با قابلیت اجرای خارج از ترتیب، سوپر اسکالر، VLIW، برداری) را پیاده‌سازی کنند.
۲. انواع پردازنده‌های چندهسته‌ای را پیاده‌سازی کنند.
۳. سیستم حافظه‌ی سازگار و یک‌پارچه را در پردازنده‌های چندهسته‌ای پیاده‌سازی کنند.

## پ) سرفصل‌ها:

۱. مروری بر معماری مجموعه‌ی دستورات
۲. مروری بر مفاهیم پایه‌ی پایپ‌لاین (موازی‌سازی در سطح دستورات)
۳. مروری بر مفاهیم پایه‌ی سلسله‌مراتب حافظه
۴. پردازنده‌های سوپر اسکالر
۵. مدیریت اینتراپت و Exception در پردازنده‌های سوپر اسکالر
۶. پردازنده‌های VLIW
۷. مفاهیم پیشرفته در سلسله‌مراتب حافظه (مفاهیم پیشرفته در حافظه‌ی نهان، سازگاری و یک‌پارچگی در سیستم حافظه)
۸. پردازنده‌های برداری (موازی‌سازی در سطح داده)
۹. معماری پردازنده‌های چند هسته‌ای و چند نخی (موازی‌سازی در سطح نخ)
۱۰. شبکه‌های ارتباطی

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- در این درس علاوه بر آشنایی با معماری پردازنده‌های پیشرفته، مثال‌های متعددی از پردازنده‌های تجاری نیز بررسی خواهد شد.
- در این درس تمرین‌های طراحی با زبان توصیف سخت‌افزاری و برنامه‌نویسی مختلفی به دانشجویان داده می‌شود.

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

- فعالیت‌های کلاسی ۴۰ درصد

- آزمون میان‌ترم ۲۰ درصد
- آزمون پایان ترم ۴۰ درصد

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:

1. John L. Hennessy , David A. Patterson, Computer Architecture: A Quantitative Approach, Morgan Kaufmann, , 2019.
2. William Stallings, Computer Organization and Architecture: Designing for Performance, Pearson Pub., 2015.
3. Jurij Silc, Borut Robic, Theo Ungerer, Processor Architecture from Dataflow to Superscalar and Beyond, Springer, 1999.

## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | شبکه عصبی و یادگیری عمیق | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Neural Networks and Deep Learning | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ☐ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ■ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ٤٨ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ■ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ■ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

**هدف کلی:**

- آشنایی با مبانی شبکه های عصبی مصنوعی و مباحث یادگیری عمیق و کاربردهای آنها در مسایل طبقه بندی، رگرسیون ، شبکه های حافظه، و شبکه های مبتنی بر طراحی مکانیزم

**اهداف ویژه:**

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند:

۱. با مفاهیم و تعاریف شبکه های عصبی آشنا خواهند شد
۲. با طراحی و بکارگیری شبکه های عصبی کلاسیک متنوعی با هدف بکارگیری در مسایل طبقه بندی و رگرسیون، شبکه های حافظه محور و یادگیریهای مبتنی بر طراحی مکانیزم، آشنا خواهند شد
۳. جهت استخراج ویژگیهای موثر با خود رمز کننده ها و ماشین بولتزمن محدود آشنا خواهند شد
۴. با مفاهیم و تعاریف مربوط به یادگیری عمیق در کاربردهای طبقه بندی، شبکه های حافظه و شبکه های مولد و انواع آنها آشنا خواهند شد. بخصوص معماری، نحوه عملکرد و روشهای یادگیری شبکه های کانولوشنال، شبکه ای بازشگتی و شبکه ای مولد تنازعی مورد بحث قرار خواهد گرفت.

## پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه ای بر شبکه های عصبی
۲. آشنایی با برخی شبکه های عصبی ساده در مسائل طبقه بندی و رگرسیون
۳. آشنایی باشبکه ای چند لایه پرسپترون، خود رمزکننده ها و ماشین بولتزمن محدود
۴. آشنایی باشبکه های باور عمیق و کانولوشنال و تکنیک های یادگیری و معماریهای مطرح آنها
۵. آشنایی با برخی شبکه های عصبی ساده در مسائل یادگیری الگو
۶. آشنایی با شبکه های بازگشتی و توسعه های مختلف آنها
۷. آشنایی با برخی شبکه های عصبی ساده در مسائل رقابتی
۸. آشنایی با شبکه ای مولد تنازعی و نوع یادگیری و خانواده بزرگ آنها

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- متناظر با هر بخش درس یک سری داده خواهد شد. حل تمرینات در یادگیری مباحث درس و کسب توانایی در بکارگیری شبکه ها ی عصبی در مباحث کاربردی موثر است. تمرینها شامل برخی سوالاتی تحلیلی و مفهومی و برخی سوالات شبیه سازی می باشند.

- علاوه بر تمرین‌ها ، برای ارزیابی توانایی دانشجویان در اعمال آموخته‌های این درس در کاربردهای مختلف، جهار مینی پروژه مختلف که با شبکه های یادگیری عمیق انجام می گیرند، در نظر گرفته شده است.

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۶۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۳۵ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:


1. L. Fausett, Fundamentals of Neural Networks, Pearson, 1993.
2. Goodfellow, Y. Bengio and A. Courville , Deep Learning, An MIT Press book, 2016.
3. Convolutional Neural Network(UFLDL Tutorial)/available online at July 2016: http://ufldl.stanford.edu/tutorial/supervised/ConvolutionalNeuralNetwork/
4. Convolutional Neural Networks (LeNet)/ available online at July 2016: http://deeplearning.net/tutorial/lenet.html
5. L. Alzubaidi,, J. Zhang, A. J. Humaidi, A. Al-Dujaili, Y. Duan, O. Al-Shamma, J. Santamaría, M.A. Fadhel, M. Al-Amidie,L. Farhan, Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future direction, Journal of Big Data, 2021.


## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | یادگیری عمیق با کاربردها | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Deep Learning with Applications | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ☐ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ■ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ٤٨ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ■ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ■ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

**هدف کلی:**

- آشنایی دانشجویان با ساختارهای نوین در یادگیری عمیق با نگاه به کاربردهایشان در بینایی ماشین و پردازش صوت

**اهداف ویژه:**

دانشجویان در پایان درس قابلیت های زیر را دارا خواهند بود:

۱. با انواع مدلهای عمیق مثل شبکه‌های کانولوشنی، شبکه‌های بازگشتی و شبکه‌های ترانسفورمر آشنا میشوند
۲. با دید شبکه‌های عمیق بعنوان یک گراف محاسباتی پارامتری و بهینه‌کردن پارامترهای گراف با تعریف تابع هزینه مناسب آشنا میشوند
۳. با مدل اینکدر-دیکدر و همچنین تابع هزینه سی-تی-سی برای مدلسازی دنباله آشنا میشوند.
۴. با کاربردهای مختلفی مثل مکان‌یابی اشیاء، ترجمه ماشینی و تبدیل گفتار به متن آشنا میشوند.

**پ) سرفصل‌ها:**

۱. شبکه های عصبی
- ساختارهای ابتدایی برای طبقه بندی
- آموزش شبکه های عصبی

۲. شبکه های عصبی کانولوشنی و ساختارهای نوین آن
۳. مدلهای مکان‌یابی اشیاء
۴. شبکه های عصبی به عنوان تخمین زننده توزیع چگالی شرطی
۵. شبکه‌های چگالی مخلوط
۶. شبکه های عصبی بازگشتی و مکانیزم توجه
۷. مدلهای اینکدر-دیکدر در ترجمه ماشینی
۸. مدلهای ترانسفورمری
۹. مدلهای زبانی و کاربردهای پردازش زبان طبیعی
۱۰. تبدیل گفتار به متن بوسیله لاس سی-تی-سی
۱۱. مدل های مولد برای سنتز تصویر و صوت

**ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:**

- ۴ تا ۵ تمرین
- یک پروژه امتیازی

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۷۵ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۲۵ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:


1. Christopher M. Bishop, Hugh Bishop, Deep Learning: Foundations and Concepts. Springer, 2023.
2. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, Deep Learning. The MIT Press, 2016.
3. Alex Graves, Supervised Sequence Labelling with Recurrent Neural Networks. Springer, 2012.
4. Christopher M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics). Springer-Verlag, 2006.


## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | چند پردازنده های روی تراشه | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Chip Multiprocessors | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ☐ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ■ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ٤٨ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ■ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ■ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

## هدف کلی:

- این درس به بررسی متدهای نوین در معماری کامپیوتر برای طراحی پردازنده‌ها و حافظه‌ها در سیستم‌های کامپیوتری امروزی می‌پردازد. سیلابس این درس، که هدف آن شناساندن آخرین اطلاعات و پیشرفت‌های معماری کامپیوتر به دانشجویان است، بر اساس جهت گیری‌های (trend) جدید در بخش‌های پژوهشی و صنعتی مرتبط با معماری کامپیوتر تنظیم شده است. مهم ترین این مبحث ها در حال حاضر، شتابدهی سخت افزاری کاربردهای هوش مصنوعی و فناوری های نوین حافظه است. منبع بسیاری از مباحث درس، چهار کنفرانس اصلی رشته معماری کامپیوتر(ISCA) ، MICRO، ASPLOS، و(HPCA ، ژورنال اصلی معماری کامپیوتر(IEEE Micro) ، و کنفرانس اصلی ساخت و تولید سیستم‌های دیجیتال (ISSCC) می‌باشد. به علاوه، برای بسیاری از مباحث درس مثال‌هایی از پردازنده های مدرن از شرکت‌هایی مانندIntel ، AMD، nVidia، ARM، IBM،و SUNارائه می‌شود.

## اهداف ویژه:

- دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند قادر خواهند بود -1در جریان آخرین پیشرفتها و نیز موضوعات پژوهش جدید در زمینه معماری کامپیوتر و پردازش موازی قرار گیرند -2دانش خوبی درباره معماری پردازنده های مدرن، حافظه، و مدارات و سیستم های جانبی متداول داشته باشند -3 چالش ها و آخرین پیشرفت ها در زمینه طراحی و ساخت پردازنده های چند هسته ای و بسیارهسته ای را بشناسند.

## پ) سرفصل‌ها:

۱- معرفی روند تکنولوژی ساخت پردازنده ها
۲- بررسی چالش های معماری کامپیوتر در تکنولوژی های جدید و دلایل ظهور پردازنده های چندهسته ای
۳- مشکلات توان و دما و حافظه در پردازنده های چند هسته ای و مشکل سیلیکون تاریک
۴- شتابدهنده های سخت افزاری و پردازنده های با معماری ناهمگن
۵- نمونه های صنعتی پردازنده های ناهمگن
۶- یادگیری عمیق و شتابدهی سخت افزاری شبکه های عصبی
۷- روش های نوین و شتابدهی سخت افزاری یادگیری عمیق و پردازنده های تحاری شتابدهنده شبکه های عصبی
۸- حافظه های مدرن و پردازش در حافظه
۹- حافظه نهان و مدیریت آن در پردازنده های چندهسته ای
۱۰- همسان سازی حافظه نهان و نمونه های صنعتی حافظه نهان و همسان سازی
۱۱- مباحث پیشرفته در چند نخی و نمونه های صنعتی چند نخی پردازنده های مدرن

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- تمرینات پژوهش محور (خواندن مقاله و ارایه گزارش، بررسی برخی ویژگیهای پردازنده های مدرن و ارایه گزارش )

- انجام شبیه سازی برای بررسی ویژگی های پردازنده های چندهسته ای
- یک پروژه نهایی .در این پروژه باید یک پیاده سازی یک شتابدهنده برای شبکه های عصبی ساخته و ارزیابی شود

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۶۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:

۱. مجموعه ای از مقالات اخیر در زمینه های مرتبط به عنوان یکی از مراجع اصلی درس استفاده می شود


2. M. Daneshtalab, Modarressi, Hardware Architectures for Dep Learning, IET Publishers, 2020.
3. Daichi Fujiki, Xiaowei Wang, Arun Subramaniyan, Reetuparna Das, Synthesis Lectures on Computer Architecture: In-/Near-Memory Computing, Morgan and Claypool Publishers, 2022.
4. D. J. Sorin, M. D. Hill, D. Wood, Synthesis Lectures on Computer Architecture: A Primer on Memory Consistency and Cache Coherency, Morgan and Claypool Publishers, 2022.
5. Ali R. Hurson, Hamid Sarbazi-Azad, Dark Silicon and Future On-chip Systems, Elsevier Publishers, 2018.


## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | محاسبات کوانتمی | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Quantum Computing | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ☐ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ■ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ٤٨ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ■ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ■ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

**هدف کلی:**

- کامپیوترهای کوانتومی می‌توانند مسائلی مثل شکستن سیستم‌های رمز را سریع‌تر از کامپیوترهای سنتی حل کنند. در این درس، مدل محاسبات کوانتومی و روش‌های حل مسئله با این مدل بررسی می‌شوند.

**اهداف ویژه:**

۱- آشنایی با مبانی فیزیک مدرن و خصوصاً مکانیک کوانتومی؛ آشنایی با مبانی جبر خطی

۲- مهارت یافتن در استفاده از نرم افزار QISKIT که از پکیج های Python میباشد

۳- آشنایی با پروتکلهای ارتباطات کوانتومی

۴- شناخت الگوریتمهای مهم در محاسبات کوانتومی

## پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمات: آشنایی با مفاهیم پایه در محاسبات کوانتومی، کاربردهای محاسبات کوانتومی، آینده‌ی سامانه‌های کوانتومی و محدودیت فعلی سامانه‌های کوانتومی

۲. محاسبات برگشت‌پذیر: گیت‌های برگشت‌پذیر، گیت‌هایCNOT ، TOFOLI، FREDKIN، MKGو HNG

۳. ریاضیات مکانیک کوانتومی: تعریف ریاضی-کوانتومی اطلاعات، اعداد مرکب، اعداد اول، تبدیل فوریه کوانتومی، ماتریس‌های پاولی، ضرب تنسورها، نماد دیراک، کت و براکت

۴. محاسبات کوانتومی: مبانی محاسبات کوانتومی، فضای هیلبرت، ادوات کوانتومی، کیوبیت، رجیسترهای کوانتومی، مدارهای کوانتومی، روش‌های طراحی مدارهای کوانتومی، طراحی خودکار مدارهای کوانتومی، مسأله داچ-جوزا، الگوریتم شور، سنتز مدارهای کوانتومی، طراحی فیزیکی مدارهای کوانتومی

۵. رمزنگاری کوانتومی: رمزنگاریRSA ، الگوریتم‌های رمزنگاری کوانتومی

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- ۲ تا ۴ تکلیف دستی
- ۴ پروژه کامپیوتری در طول ترم در زمینه‌های طراحی مدارها و الگوریتم‌های کوانتومی

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۶۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

**ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:**

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

**چ) منابع علمی پیشنهادی:**

1. Michael Nielsen, Isaac Chuang, Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press. 2011.
2. David McMahon, Quantum Computing Explained. John Willy, 2008.
3. Jack Hidary, Quantum Computing: An Applied Approach, Springer, 2021.

**ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

**خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | اولتراسوند پزشکی | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Medical Ultrasound | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ☐ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ■ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ٤٨ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ■ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ■ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

## هدف کلی:

هدف از این درس:

۱. مطالعه و یادگیری فیزیک اولتراسوند (فراصوت) است

۲. یادگیری نحوه استفاده از فراصوت در کاربردهای کلینیکی بعنوان یک ابزار دقیق پزشکی است.

## اهداف ویژه:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند قادر خواهند بود:

۱. مبانی فیزیک امواج فراصوت را توضیح دهند و نحوه انتشار موج فراصوت در بافت و انواع آن را بیان کنند.

۲. اجزای مختلف مبدل‌های فراصوتی و انواع الگوهای اشعه را شرح دهند.

۳. پیکربندی انواع تصویربرداری فراصوت را توضیح دهند و تفاوت آن‌ها را بیان کنند.

٤. مبانی فیزیکی تصویربرداری داپلر و سخت‌افزار آن را توضیح دهند.

## پ) سرفصل‌ها:

۱. مقدمه‌ای بر فراصوت

۲. مبانی امواج و معادلات مرتبط با آن

۳. امپدانس، توان و شدت روشنایی فراصوت

۴. مبدل‌ها، الگوی پرتو و رزولوشن

۵. تحریک پالسی و رزولوشن محوری

۶. ویژگی‌های اکوستیکی بافت بیولوژیکی

۷. پیکربندی تصویربرداری تشخیصی

۸. داپلر و دیگر جریان‌سنج‌های فراصوتی

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- ۴ یا ۵ تکلیف از مباحث درس
- یک پروژه کوچک که با عنوان تمرین عملی تعریف شده است و در آن دانشجویان تصاویر اولتراسوند حاصل از فانتوم و داده واقعی را مورد پردازش و تحلیل قرار می‌دهند.

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۶۰ درصد |

| | |
|---|---|
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

**ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:**

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی

**چ) منابع علمی پیشنهادی:**


1. Douglas A. Christensen, Ultrasonic bioinstrumentation, John Wiley & Sons, 1998
2. Peter Fish, Physics and Instrumentation of Diagnostic Medical Ultrasound, , John Wiley & Sons, 1990
3. W.R. Hedrick, D.L. Hykes, D.E. Starchman, Ultrasound Physics and Instrumentation, Mosby, 1995
4. F.A.Duck, A.C. Baker, H.C. Starritt, Ultrasound in Medicine, IOP Publishing, 1998
5. Susannah J. Patey, James P. Corcoran, Physics of ultrasound, Elsevier, 2023


**ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

**خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:**

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| الف: عنوان درس به فارسی: | یادگیری ماشین | | |
|---|---|---|---|
| عنوان درس به انگلیسی: | Machine Learning | نوع درس و واحد | |
| دروس پیش‌نیاز: | | پایه ☐ | نظری ■ |
| دروس هم‌نیاز: | | تخصصی الزامی ☐ | عملی ☐ |
| تعداد واحد: | ۳ | تخصصی اختیاری ■ | نظری-عملی ☐ |
| | | پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐ | |
| تعداد ساعت: | ۴۸ | مهارتی-اشتغال پذیری ■ | |
| وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود) | | مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست ☐ | مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است ■ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

**هدف کلی:**

- هدف این درس بررسی قضایا، اصول و الگوریتم های یادگیری ماشین جهت ساختن سیستم طبقه‌بندی است که از تجارب و داده‌های گذشته یادگیری داشته باشد. در این درس، مفاهیم مدل‌های آماری تابع توزیع به صورت پارامتری و ناپارامتری، تصمیم‌گیری و یادگیری آماری مورد بحث قرار می‌گیرد. به صورت ویژه تمرکز این درس روی طبقه‌بندی، انتخاب ویژگی، طبقه‌بندهای شبکه عصبی و تخمین آماری تابع توزیع می‌باشد.

**اهداف ویژه:**

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند قادر خواهند بود:

۱. یادگیری مفاهیم اصلی بازشناخت الگو و یادگیری ماشین
۲. طراحی و پیاده‌سازی روش‌های طبقه‌بندی مهم
۳. پیاده‌سازی الگوریتم‌ها و قضایای بازشناخت الگو در حوزه‌های کاری دانشجویان

## پ) سرفصل‌ها:

۱. معرفی و آشنایی با مفاهیم بازشناخت الگو
۲. بازشناخت آماری الگو
۳. استخراج و ترکیب ویژگی‌ها
۴. طبقه‌بندهای خطی
۵. ماشین بردار پشتیبان
۶. شبکه عصبی مصنوعی جهت طبقه‌بندی
۷. خوشه‌بندی

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- ۵ تا ۷ تکلیف
- ۱ پروژه

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال ۵۵ درصد

| | |
|---|---|
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۵ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:


1. R. O. Duda, P. E. Hart, and D. G. Stork, Pattern Classification. Wiley-Interscience , 2000.
2. S. Theodoridis and K. Koutroumbas, Pattern Recognition, Academic Press , 2009.
3. Christopher M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006.
4. Christopher M. Bishop, Deep Learning: Foundations and Concepts, Springer, 2024
5. Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman, The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Spronger, 2009


## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| الف: عنوان درس به فارسی: | پردازش سیگنال‌های بیولوژیکی | | |
|---|---|---|---|
| عنوان درس به انگلیسی: | Biological Signal Processing | | |
| دروس پیش‌نیاز: | | | |
| دروس هم‌نیاز: | | | |
| تعداد واحد: | | ۳ | |
| تعداد ساعت: | | ۴۸ | |
| وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود) | مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست ☐ | مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است ■ | |

| نوع درس و واحد | | |
|---|---|---|
| پایه ☐ | نظری ■ | |
| تخصصی الزامی ☐ | عملی ☐ | |
| تخصصی اختیاری ■ | نظری-عملی ☐ | |
| پروژه/ رساله / پایان‌نامه ☐ | | |
| مهارتی-اشتغال پذیری ■ | | |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

**هدف کلی:**

هدف از این درس:

۱. معرفی مبانی تکنیک‌های پردازش سیگنال برای آنالیز سیگنال‌های بیولوژیکی

۲. ارتقای مهارت‌های ریاضی، علمی و محاسباتی دانشجویان در پردازش سیگنال‌های بیولوژیکی

**اهداف ویژه:**

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند:

۱. تکنیک‌های پایه پردازش سیگنال دیجیتال برای استفاده در پردازش سیگنال‌های بیولوژیکی را می‌شناسند.

۲. نحوه ثبت و دیجیتالیزه کردن سیگنال‌های بیولوژیکی با هدف استفاده از آن‌ها در سیستم‌های دیجیتال را می‌دانند.

۳. قادر خواهند بود فیلترهای دیجیتال را طراحی و اعمال نمایند.

۴. مبانی فرآیندهای تصادفی و نحوه اعمال روش‌های تخمینی برای بهبود سیگنال‌های بیولوژیکی را می‌دانند.

## پ) سرفصل‌ها:

۱. منشأ و مشخصات سیگنال‌های حیاتی مهم

۲. ثبت و دیجیتالیزه کردن سیگنال

۳. مبانی پردازش سیگنال دیجیتال

۴. مبانی فرآیندهای تصادفی

۵. آنالیز حوزه فرکانس

۶. آنالیز حوزه زمان

۷. آنالیز Cepstral و کاربرد آن

۸. آنالیز سری زمانی-پیش‌بینی خطی

۹. تخمین طیف

۱۰. فیلترهای تطبیقی

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- ۳ یا ۴ تکلیف از مباحث درس

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۶۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:


1. Arnon Cohen, Biomedical Signal Processing. 1, Time and frequency domains analysis, Boca Raton, Fla: CRC Press, 1994.
2. Metin Akay, Biomedical Signal Processing, Academic Press, 1994.
3. Metin Akay, Nonlinear Biomedical Signal Processing, Wiley-IEEE Press, 2000
4. Charles Lessard, Signal Processing of Random Physiological Signals, Morgan & Claypool Publishers, 2006.
5. Intention-prioritized fuzzy fusion control for BCI-based autonomous vehicles. / Dong, Na; Wu, Zhiqiang; Zhang, Wenqi et al. In: Biomedical Signal Processing and Control, 2024.


## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | پردازشگرهای سیستمهای نهفته | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Embedded System Processing Elements | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ☐ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ■ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ٤٨ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ■ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ■ |

**موارد دیگر: .....☐ کارگاه ☐ سمینار ☐ آزمایشگاه ☐اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟**

## هدف کلی:

۱- آشنایی با معماری های پردازنده های نهفته

**۲-** آشنایی با روشها و الگوریتمهای اختصاصی سازی پردازنده های نهفته

## اهداف ویژه:

۱- درک نیازمندی‌های نرم افزاری و سخت افزاری پردازنده های نهفته

۲- اختصاصی سازی معماری پردازنده با طراحی دستورات و شتابدهنده های خاص منظوره

۳- هم طراحی نرم افزار و سخت افزار در معماری پردازنده های نهفته

۴- تکنیکهای کامپایلری برای بهبود برنامه های نهفته

## پ) سرفصل‌ها:

۱- آشنایی با برنامه ها و پردازنده های نهفته

۲- آشنایی با معماری پردازنده های نهفته همه منظوره صنعتی

۳- آشنایی با تکنیکهای معماری برای بهبود کارایی و مصرف توان پردازنده نهفته

۴- آشنایی با روشهای موازی سازی در معماری پردازنده نهفته

۵- آشنایی با دستورات اختصاصی و الگوریتمها ی طراحی آنها

۶- تکنیکهای هم طراحی سخت افزار و نرم افزار در اختصاصی سازی پردازنده

۷- آشنایی با ابزارهای طراحی پردازنده های خاص منظوره

۸- آشنایی با نقش کامپایلر در بهبود برنامه های نهفته

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- مطالعه مراجع درس، مطالعه و ارائه مقالات، انجام پروژه
- ۵ سری تکلیف دستی از مباحث روش طراحی، پایپ لاین، طراحی دستورات اختصاصی، بهبود کد با تکنیکهای کامپایلری
- ۲ تمرین کامپیوتری بر روی بورد FPGA
- مطالعه و ارائه یک یا دو مقاله به روز در قالب سمینار درس

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۳۰ درصد |
| سمینار | ۱۵ درصد |
| آزمون میان ترم | ۲۵ درصد |
| آزمون پایان ترم | ۳۰ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- کامپیوتر، پروژکتور، اینترنت

## چ) منابع علمی پیشنهادی:


1. K. Karuri, R. Leupers, Application Analysis Tools for ASIP Design: Application Profiling and Instruction-set Customization, Springer, 2011.
2. P. Mishra, N. Dutt, Processor Description Languages, Morgan Kauffman Publishers, 2008.
3. J. L. Hennessy, D. A. Patterson, Computer Architecture: A Quantitative Approach, Morgan Kaufmann Publishers, 2019.
4. Paolo Ienne , Rainer Leupers, Customizable Embedded Processors, Morgan Kaufmann Publishers, 2007.
5. J. A. Fisher, P. Faraboschi, C. Young, Embedded Computing: A VLIW Approach to Architecture, Compilers and Tools, Morgan Kaufmann Publishers, 2005.


## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | پردازش با کارایی بالا | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | High Performance Computing | | **نوع درس و واحد** |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | | **پایه** ☐ **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | | **تخصصی الزامی** ☐ **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | | **تخصصی اختیاری** ■ **نظری-عملی** ☐ |
| | | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ |
| **تعداد ساعت:** | ٤٨ | | **مهارتی-اشتغال پذیری** ■ |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ■ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

**هدف کلی:**

۱. آشنایی با معماری‌های موازی نوظهور
۲. آشنایی با بسترهای برنامه‌نویسی موازی و چالش‌هاب برنامه‌نویسی موازی

**اهداف ویژه:**

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند قادر خواهند بود:

۱. با معماری‌های همگن و ناهمگن آشنا شوند،
۲. پیچیدگی زمانی الگوریتم‌های موازی را تحلیل کنند،
۳. الگوریتم‌های موازی را طراحی کنند،
۴. با کتابخانه‌های موازی‌سازی مختلف آشنا شوند و آن‌ها را به کار بگیرند.

## پ) سرفصل‌ها:

۱. آشنایی با بسترهای برنامه‌نویسی موازی
۲. تحلیل و طراحی الگوریتم‌های موازی
۳. معماری‌های موازی نوظهور
- معماری CSX
- معماری Tilera
- معماری Cell Processor
- معماری GPU

۴. چالش‌های برنامه‌نویسی موازی
- برنامه‌نویسی SIMD
- برنامه‌نویسی چندنخی
- برنامه‌نویسی پردازنده‌های Many-Core
- کاربردهای واقعی

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- در این درس چند تمرین کامپیوتری برای پیاده‌سازی موازی کاربردهای عملی مختلف به دانشجویان داده می‌شود.

- در پایان این درس هر یک از دانشجویان باید یک کاربرد عملی از پردازش با کارایی بالا در شاخه‌های مختلف را انتخاب کرده و به صورت سمینار برای سایر دانشجویان ارایه کنند.

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۶۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:


1. Robert Robey and Yuliana Zamora, "Parallel and High Performance Computing", Manning Publications, 2021.
2. Grama, A. Gupta, G.Karypis, and V. Kumar, Introduction to Parallel Computing, Addison Wesley, 2003.
3. Thomas Rauber, Gudula Runger, Parallel Programming for Multicore and Cluster Systems, Springer, 2010.
4. Jason Sanders, Edward Kandrot, CUDA by Example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming, Addison Wesley, 2011.
5. Matthew Scarpino, Programming the Cell Processor: For Games, Graphics, and Computation, Prentice Hall, 2008.


## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | تئوری و فناوری ساخت افزاره‌های نیم‌رسانا | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Theory and Technology of Device Fabrication | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ☐ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ■ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ۴۸ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ■ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ■ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

## هدف کلی:

- هدف این درس ارائه اطلاعات پایه‌ای از فیزیک افزاره‌های نیمه‌هادی و پروسه‌های ساخت انواع قطعات نیمه‌هادی مانند اکسیداسیون ویفرهای سیلیکنی و آلایش آنها، و ایجاد توانایی طراحی و ساخت پروسه‌های پیچیده برای ساخت مدارهای مجتمع الکترونیکی می‌باشد.

## اهداف ویژه:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند قادر خواهند بود:

۱. روشهای ساخت را برای ایجاد پروسه‌های پیچیده برای ساخت افزاره های کاربردی و مدارهای الکترونیک (برای مثال ساخت ترانزیستور، سلول خورشیدی و ...) با هم ادغام نمایند
۲. افزاره‌های خاص را در میان انتخاب‌های متفاوت در دسترس انتخاب نمایند
۳. روشهای ساخت مختلف را با هم مقایسه نمایند
۴. پروسه تکنولوژی ساخت قطعات و مدارهای نانو-میکرو الکترونیک را شرح دهند.

## پ) سرفصل‌ها:

۱. آشنایی با پروسه ساخت قطعات میکروالکترونیک
۲. تکنولوژی ساخت ترانزیستورهای اثرمیدان در یک نگاه
۳. روشهای ساخت ویفرهای سیلیکنی و Epitaxy
۴. اتاق تمیز، تمیزکاری ویفر و پروسه Gettering
۵. لیتوگرافی نوری
۶. اکسیدهای حرارتی
۷. پروسه های گرمادهی
۸. نفوذ
۹. کاشت یونی
۱۰. لایه نشانی بخار شیمیایی

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

- ۶ سری تمرین

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۶۰ درصد |
| آزمون پایان نیم‌سال | ۴۰ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:


1. J. Plummer, M. Deal, Griffin , P. Deal, Griffin, Silicon VLSI Technology. Fundamentals, Models and Computer Simulations, Prentice Hall, 2000.
2. Henry Radamson, Lars Thylen, Monolithic Nanoscale Photonics-Electronics Integration in Silicon and Other Group IV Elements, Elsevier, 2014.
3. Dieter. K. Schroder , Semiconductor Material and Device Characterization, John Wiley sons Inc, 1998.
4. A. Hallén, I. Sychugov, H. H. Radamson, A. Azarov, Analytical Methods and Instruments for Micro-andNanomaterials, Springer Nature, 2023.


## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

| | | | |
|---|---|---|---|
| **الف: عنوان درس به فارسی:** | فناوری ها، مدار ها و سیستم های حافظه | | |
| **عنوان درس به انگلیسی:** | Memory Technologies , Circuits, and Systems | **نوع درس و واحد** | |
| **دروس پیش‌نیاز:** | | **پایه** ☐ | **نظری** ■ |
| **دروس هم‌نیاز:** | | **تخصصی الزامی** ☐ | **عملی** ☐ |
| **تعداد واحد:** | ۳ | **تخصصی اختیاری** ■ | **نظری-عملی** ☐ |
| | | **پروژه/ رساله / پایان‌نامه** ☐ | |
| **تعداد ساعت:** | ۴۸ | **مهارتی-اشتغال پذیری** ■ | |
| **وضعیت آمایشی/مأموریتی درس(صرفاً برای دروس تخصصی اختیاری مشخص شود)** | | **مرتبط با آمایش/مأموریت موسسه نیست** ☐ | **مرتبط با مأموریت/آمایش موسسه است** ■ |

**اگر واحد عملی دارد، چه نوع آموزش تکمیلی نیاز است؟: سفر علمی ☐ آزمایشگاه ☐ سمینار ☐ کارگاه ☐ موارد دیگر: .....**

## هدف کلی:

- در این درس مفاهیم پایه فیزیک حافظه‌ها، مدارات و سیستم‌های حافظه‌های امروزی و نوظهور و همچنین مجتمع‌سازی آن‌ها به دانشجویان معرفی می‌شود. همچنین این درس دانشجویان را با آخرین پیشرفت‌ها در حافظه‌ها آشنا خواهد کرد.

## اهداف ویژه:

دانشجویانی که این درس را با موفقیت پشت سر بگذارند مطالب زیر خواهند آموخت.

۱. پارامترها و مشخصه‌های سلول‌های حافظه
۲. حافظه‌های SRAM ترانزیستور و مدارهای جانبی
۳. حافظه‌های DRAM ترانزیستور و مدارهای جانبی
۴. فناوریهای های حافظه‌های نوظهور

## پ) سرفصل‌ها:

۱. مفاهیم ابتدایی کارکرد ترانزیستورها
۲. حافظه‌های مبتنی بر ترانزیستور: مدار و نحوه کار حافظه‌هایSRAM ، پایداری در سلول‌هایSRAM ، مدار و نحوه کار حافظه‌هایDRAM، ساختار سیستمی حافظه‌هایDRAM، پروتکل‌های دسترسی به حافظه‌های DRAM و مفاهیم ابتدایی کنترلر حافظه DRAM
۳. حافظه‌های Flash: نحوه کارکرد حافظه‌های NAND Flash، نحوه کارکرد حافظه‌های NOR Flash، حافظه‌های چند سطحی
۴. مفاهیم پایه کارکرد مواد با قابلیت تغییر فاز: نحوه کارکرد حافظه‌های تغییر فاز
۵. نحوه کارکرد حافظه‌های مقاومتی
۶. خطاهای حافظه و تشخیص و تصحیح خطا

## ت) روش یاددهی – یادگیری متناسب با محتوا و هدف:

۱. در قسمت اول هر نوع حافظه ارائه شده در کلاس، مفاهیم مورد نیاز برای فهم کارکرد آن حافظه و مشخصات مربوطه آموزش داده می شود.
۲. در ادامه مبحث هر نوع حافظه، روش های مختلف که برای بهبود کارایی این نوع این نوع حافظه مورد استفاده قرار می گیرد مورد آموزش و بررسی قرار می گیرد.
۳. با انتخاب موضوع پروژه در مورد یکی از این انواع حافظه، دانشجویان به مطالعه موردی آخرین روش های طراحی یا تجزیه و تحلیل که در مجلات معتبر علمی ارائه شده است و برخی از آنها در دنیای واقعی استفاده می شود قرار می گیرند تا علاوه بر مطالب پایه ای، با فناوری های روز دنیا نیز آشنا شوند.

## ث) روش ارزشیابی (پیشنهادی):

| | |
|---|---|
| فعالیت‌های کلاسی در طول نیم‌سال | ۳۰ درصد |
| آزمون ها | ۷۰ درصد |

## ج) ملزومات، تجهیزات و امکانات مورد نیاز برای ارائه:

- دسترسی به منابع علمی الکترونیکی-فیزیکی
- کامپیوتر برای انجام تکالیف و پروژه ها

## چ) منابع علمی پیشنهادی:


1. C. Shin, Variation-Aware Advanced CMOS Devices and SRAM, Springer, 2016
2. Jawar Singh, Saraju P. Mohanty, and Dhiraj K. Pradhan, Robust SRAM Designs and Analysis, Springer, 2013.
3. Pavlov, M. Sachdev, CMOS SRAM Circuit Design and Parametric Test in Nano-Scaled Technologies, Springer, 2008.
4. M. K. Qureshi, S. Gurumurthi, B. Rajendran, Phase Change Memory: From Devices to Systems, Morgan & Clypool, 2011.
5. C. Volos and V.-T. Pham, Mem-elements for Neuromorphic Circuits with Artificial Intelligence Applications – Elsevier, 2021.


## ح) ملاحظات برای افراد با نیازهای ویژه:

ملاحظه خاصی وجود ندارد

## خ) ملاحظات برای برگزاری الکترونیکی درس:

ملاحظه خاصی وجود ندارد