

به نام خدا

## درس طراحی سیستم‌های مبتنی بر ASIC/FPGA

دکتر مهدی شعبانی

دانشکده مهندسی برق

دانشگاه صنعتی شریف

تمرین سری اول

نیمسال دوم 1402-1403

---

- برای تحویل تمرین، تمامی فایل‌ها از جمله مازول‌ها و تست‌بنچ‌ها به همراه گزارشی از نحوه‌ی انجام کار به همراه نتایج مربوطه را در سامانه آپلود کنید. برای تحویل کدها، فقط فایل‌های مربوط به مازول‌ها و تست‌بنچ‌ها را در فولدرهای جداگانه قرار دهید (هر فولدر مربوط به هر سؤال و هر بخش نیز در فولدر جداگانه). برای سؤالات دارای فایل‌های اضافی مثل فایل مموری یا txt آن‌ها را نیز تحویل دهید. از ارسال کل پروژه پرهیز کنید.

- کد تحویل داده شده توسط شما باید قابل سنتز و شبیه‌سازی باشد و در صورت این که کد سنتز و شبیه‌سازی نشود، نمره‌ای به آن تعلق نمی‌گیرد.

- مشورت و کمک گرفتن از یک‌دیگر، جستجو در اینترنت و کتاب‌ها و.... کاملاً جایز می‌باشد ولی تمرین باید توسط خود شما انجام شود. در صورت مشاهده شباهت غیرعادی نمره سؤال برای همه‌ی افراد کاملاً صفر در نظر گرفته می‌شود.

- سعی کنید در تمرین برنامه‌نویسی، هم از سطح رفتاری و هم سطح جریان داده استفاده کنید تا به هر دو سطح مسلط شوید.

- توجه کنید که برای هر سؤال باید یک گزارش از نحوه‌ی انجام کار به همراه بلوک دیاگرام ساختار پیاده‌سازی شده به همراه توضیحات خواسته شده و نتایج شبیه‌سازی بیان و صحت عملکرد با استفاده از تست بنچ تأیید شود.

- این تمرین برای تمرین کدزنی و شبیه‌سازی شما در نظر گرفته شده است و صرفاً صورت سؤالات طولانی است و هدف اصلی افزایش تسلط شما در کدزنی می‌باشد؛ از انجام این تمرین نهایت لذت را ببرید! همچنین در این تمرین نیاز نیست که کدهای وریلاگ شما خیلی دقیق باشند و استفاده از منابع دیگر مثل اینترنت کاملاً آزاد و جایز است.

---

1- در این سؤال با تفاوت‌های چند تراشه‌ی مختلف آشنا می‌شوید.

الف - در مورد Processors, FPGA و ASIC تحقیق کنید و مزایا و معایب هر کدام را برشمارید. در نهایت با ذکر دلیل بین این سه مورد، تفاوت‌ها را بیان کنید.

راهنمایی: تفاوت‌ها را در در مورد توان مصرفی، زمان طراحی، هزینه، Verification و موارد استفاده بیان کنید.

ب - فرض کنید به عنوان یک مدیر مجموعه، برای دو محصول بهترین رویکرد را قرار است ارائه دهید. محصول اول یک گیرنده مخابراتی است که 2 عدد از آن قرار است تولید شود و محصول دوم یک تراشه مربوط به محاسبات ریاضی است که تعداد 2000 عدد باید از آن تولید شود. برای هر کدام از محصولات استفاده از کدام یک از موارد بالا را توصیه می‌کنید؟ چرا؟

ج - فرض کنید در بخش قبلی، چندین شرکت رقیب شما وجود دارند و در صورت طول کشیدن طراحی و ساخت محصول، زمان ارائه محصول به بازار یعنی Time To Market بسیار مهم است. در این صورت تحلیل شما برای انتخاب رویکرد مناسب چگونه است؟ این سؤال جواب یکتا ندارد و برای شرایط مختلف، رویکرد اتخاذ شده نیز متفاوت است. بنابراین سعی کنید با تحلیل و بیان شرایط مختلف، رویکردها را بررسی نمایید.

د - تفاوت‌های بین تراشه‌های برنامه‌پذیر FPGA، CPLD و Gate Array را بیان نمایید

ه - با مراجعه به سندهای مربوط به تراشه‌های FPGA شرکت Xilinx تحقیق کنید که در ساختار تکرار شونده FPGA، چه منابع سخت افزاری وجود دارد؟ از هر کدام چه استفاده‌ای می‌شود؟

---

2- در این سؤال با طراحی موازی و هم‌راند آشنا می‌شوید.

الف - یکی از مزایای استفاده از تراشه‌هایی با ساختارهای مثل FPGA امکان طراحی موازی و هم‌راند است. تفاوت‌های بین این دو مورد را تحقیق کرده و بیان کنید.

ب - موازی سازی در FPGA در چه سطوحی امکان‌پذیر است؟

ج - GPUها ساختارهای دارای چندین هسته‌ی پردازشی هستند که امکان موازی سازی در سطوح مختلف را به کاربر می‌دهند. با تحقیق و بررسی، تفاوت‌های بین GPU و FPGA را در زمینه توان مصرفی، زمان و چالش‌های طراحی و کاربردهای مختلف بیان کنید.

---

3- در این سؤال با سطوح مختلف زبان‌های توصیف سخت‌افزار آشنا می‌شوید.

الف - در مورد سطوح مختلف زبان‌های برنامه‌نویسی سخت‌افزار یعنی سطح ترانزیستور، گیت، جریان داده و رفتاری تحقیق کرده و با ذکر مثالی به صورت Pseudo-Code برای هر کدام تفاوت‌های آن‌ها را بیان نمایید.

ب - فرض کنید به عنوان یک مهندس برنامه‌نویس سخت‌افزار مشغول به کار هستید. با ذکر دلیل و بیان سطح توصیف، تحلیل کنید که با کدام سطح، تعداد گیت بیشتری در یک هفته کدنویسی، پیاده‌سازی می‌شود.

---

4- در این سؤال با روند پیاده‌سازی روی FPGA آشنا می‌شوید.

- الف – ابزارهای سنتز به چه منظور استفاده می‌شود؟ در خصوص هدف و عملکرد آن توضیح دهید.
- ب – فرایند Place and Route و ارتباط آن با محدودیت‌های زمانی و فرکانسی را شرح دهید.
- ج – تفاوت عملکرد و نحوه پیاده‌سازی حلقه‌ها را در زبان توصیف سخت‌افزار و در زبان‌های برنامه‌نویسی بیان کنید.
- د – به طور مختصر تفاوت منطق LUT-Based و MUX-Based را شرح دهید. چگونه از آنها برای پیاده‌سازی منطق‌های مختلف استفاده می‌شود؟

---

#### ■ 5- در این سؤال یک شمارنده ساده را پیاده‌سازی می‌کنید.

- الف – فرض کنید یک اسیلاتور با فرکانس کاری 50 مگاهرتز در اختیار داریم. قصد داریم یک تایمر طراحی کنیم به صورتی که ابتدا دو مقدار دقیقه و ثانیه را از ورودی دریافت می‌کند، سپس با استفاده از این اسیلاتور به پایین می‌شمارد تا هنگامی که زمان خواسته شده به پایان برسد، در این صورت سیگنال done را یک می‌کند.
- ب – در کد خود از یک سیگنال ریست سنکرون Active low استفاده کنید.
- ج – با استفاده از تست بنچ مناسب عملکرد صحیح کد خود را صحت سنجی کنید.

---

#### ■ 6- در این سؤال یک ALU ساده را پیاده‌سازی و شبیه‌سازی می‌نمایید.

- یک واحد ALU با ورودی 4 و خروجی 8 بیتی طراحی کنید که 4 عمل جمع، ضرب، تفریق و تقسیم را انجام دهد.
- این واحد باید قابلیت پیاده‌سازی داشته باشد و طبیعتاً نمی‌توانید از عملگر تقسیم استفاده کنید. یک ورودی دو بیتی نیز برای کنترل در نظر بگیرید و با نوشتن تست‌بنچ این واحد را تست کنید. اطلاعات فیکس پوینت خروجی در هر 4 عمل را مشخص کنید. فرض کنید ورودی‌ها اعداد صحیح هستند. و ماکزیمم رزولوشن عمل تقسیم را نیز بیان کنید. این رزولوشن بستگی به نحوه برخورد شما با تقسیم دارد.

- 
- 7- یک شیفت رجیستر طراحی کنید که با استفاده از سیگنال کنترلی، شیفت به راست، شیفت به چپ، لچ یا مقدار ورودی را load می‌کند. برای مطالعه‌ی نحوه عملکرد این شیفت رجیستر می‌توانید به IC‌های با عملکرد یکسان مراجعه کنید. سپس این شیفت رجیستر را شبیه‌سازی کنید و صحت عملکرد آن را بررسی نمایید.

**موفق باشید**