



بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده مهندسی برق

پردازش سیگنال های دیجیتال

دکتر کرباسی

تمرین کامپیوتری سری چهارم

تاریخ تحویل: ۱۴۰۰/۰۳/۱۴

گزارش کار و فایل اصلی کد:

فایل نهایی بایستی شامل گزارش کار به فرمت pdf و فایل های کد باشد و با فرمت zip یا rar و با عنوان HW4_StudentID (برای مثال : HW4_97123456) در سامانه CW آپلود شود. گزارش کار بایستی شامل **تمامی** قسمت های خواسته شده در سوالات ، نتایج و نمودارها (همراه با عناوین مشخص) باشد. دقت کنید زبان برنامه نویسی تمرین شبیه سازی **پایتون** است.

معیار نمره دهی:

- ساختار گزارش، پاسخ به سوالهای تئوری و توضیحات خواسته شده: 40%
- کد، **گزارش خروجی کد** برای خواسته های مسائل و کامنت گذاری مناسب: 60%

نکات تکمیلی:

- از آوردن متن کد در گزارش بپرهیزید و فایل گزارش را به صورت pdf ارسال کنید.
- نیاز به ارسال مجدد سوالات به همراه پاسخها نیست! فایل های خود را با نام گذاری مناسب ارسال کنید.
- ترجیحا از jupyter notebook استفاده کنید. در غیر این صورت سوالات مختلف را در فایل های py. گوناگون قرار دهید. کامنت گذاری مناسب فراموش نشود.
- هر گونه مشابهت در کد یا گزارش بین پاسخهای دانشجویان یا با منابع موجود در اینترنت، موجب کسب **نمره صفر** از این تمرین می گردد.
- تفاوت خروجی موجود در گزارش با خروجی دریافتی از کد و یا عدم اجرای صحیح کد ارسال شده، موجب کسب **نمره صفر** از این تمرین می گردد.
- در صورت یک هفته تاخیر در ارسال تمرین نمره شما از ۱۰ محاسبه می گردد و پس از آن نمره ای تعلق نمیگیرد.

توجه ۱: در مواردی که به وضوح ذکر نشده است، پاسخ فرکانسی را برحسب dB رسم کنید.
 توجه ۲: در مواردی که فرکانس ها کاملاً مشخص هستند، نمودارها را برحسب فرکانس های واقعی رسم کنید
 و نه فرکانس های نرمالیزه شده!

سوال ۱ - مقایسه ی عملکرد چند فیلتر!

فیلتر زیر را به چهار نوع butterworth، chebychev نوع یک و دو و هم چنین elliptic پیاده سازی کنید.

$$f_s = 48kHz$$

$$f_{pass} = 5kHz$$

$$f_{stop} = 8kHz$$

Passband ripple: 0.5dB

Stopband attenuation: 60dB

پاسخ فرکانسی هر چهار فیلتر را در یک نمودار رسم کنید. از مقایسه ی این چهار فیلتر چه نتیجه ای می گیرید؟ نمودار صفر و قطب فیلتر butterworth را رسم کنید. اثر bilinear transformation در این حالت چیست؟

سوال ۲ - FIR فیلتر به کمک پنجره ی Kasier

الف) به کمک پنجره ی Kasier یک فیلتر دیجیتال با فاز خطی طراحی کنید که ویژگی های زیر را داشته باشد:

$$0.975 \leq |H(e^{j\omega})| \leq 1.025 \quad 0 \leq \omega \leq 0.25\pi$$

$$0 \leq |H(e^{j\omega})| \leq 0.005 \quad 0.35\pi \leq \omega \leq 0.65\pi$$

$$0.975 \leq |H(e^{j\omega})| \leq 1.025 \quad 0.75\pi \leq \omega \leq \pi$$

دقت کنید که تمامی محاسبات شما باید در گزارش کار موجود باشد. هم چنین برای پیاده سازی پنجره ی Kasier مجاز به استفاده از دستورهای آماده در پایتون نیستید.
 کمترین طول پاسخ ضربه ی این فیلتر را مشخص کنید.

نمودارهای اندازه و پاسخ فرکانسی پنجره‌ی طراحی شده، پاسخ ضربه‌ی فیلتر و هم‌چنین اندازه و فاز پاسخ فرکانسی فیلتر را رسم کرده و در گزارش قرار دهید.

ب) این بار به کمک دستورهای آماده‌ی موجود در پایتون فیلتری با شرایط بالا طراحی کنید. دقت کنید که نیاز به استفاده از روش پنجره‌ی Kasier نیست.

سوال ۳ - فیلتر میان‌گذر

فیلتر میان‌گذری از ۲۳ تا ۲۴ کیلوهرتز و با فرکانس نمونه‌برداری ۹۶ کیلوهرتز به چهار روش hamming, blackman, kasier و elliptic طراحی کنید. پاسخ فرکانسی و تاخیر گروه دو فیلتر را رسم کنید. چه می‌بینید؟ تحلیل و مقایسه‌ی خود را برای شکل‌های رسم‌شده بیان کنید. (پارامترهای دیگر فیلتر را دلخواه قرار دهید)

سوال ۴ - فیلتر شانه‌ای

فیلتر شانه‌ای فیلتری است که مقادیر سیگنال را در تک فرکانس‌هایی با فاصله‌ی یکسان استخراج می‌کند. فیلتر زیر یک فیلتر شانه‌ای با n دندان است:

$$H(z) = \frac{b_0}{1 - r^n z^{-n}}, \quad b_0 = 1 - r^n$$

حال در فیلتر n دندان‌های بالا مقدار n را برابر ۱۰ و مقدار r را برابر ۰.۹۸ قرار دهید. هم‌چنین فرکانس نمونه‌برداری را برابر ۳۰۰ هرتز قرار دهید. پاسخ فرکانسی را برای حالت کوانتیزه نشده (تعداد بیت‌ها را برابر ۶۴ در نظر بگیرید) و برای حالت کوانتیزه شده با ۴ بیت به دو روش لگاریتمی و غیرلگاریتمی رسم و مقایسه کنید.

سوال ۵ - فیلتر پایین‌گذر چبیشف

در این سوال می‌خواهیم یک فیلتر پایین‌گذر چبیشف نوع ۱ با مشخصات زیر طراحی کنیم:

$$f_s = 8kHz$$

$$f_{pass} = 3.2kHz$$

$$f_{stop} = 3.8kHz$$

Passband ripple: 0.5dB

Stopband attenuation: 45dB

الف) با استفاده از تکنیک impulse invariance با $T = 1s$ یک فیلتر گسسته طراحی کنید. نمودار پاسخ فرکانسی را رسم کنید.

ب) بخش قبل را با $T = \frac{1}{8000} s$ تکرار کنید.

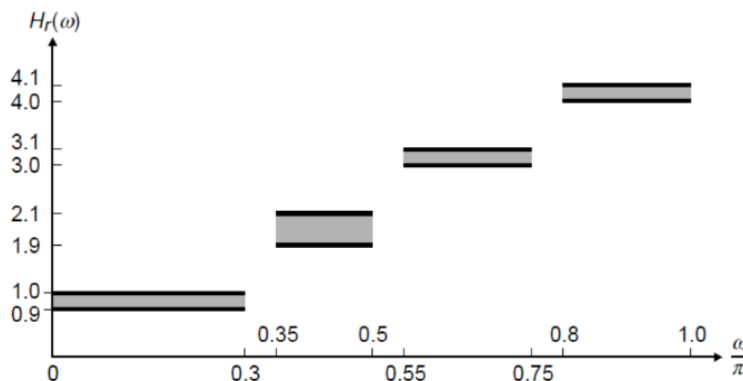
ج) دو طراحی بالا را با توجه به نمودار پاسخ فرکانسی آن‌ها با هم مقایسه کنید. تاثیر T در این طراحی چیست؟

د) حال از تکنیک bilinear transformation استفاده کرده و نمودار پاسخ فرکانسی را رسم کنید.

ه) در آخر از دستور آماده‌ی پایتون برای تولید فیلتر چبیشف نوع ۱ استفاده کرده و نتیجه را با بخش قبل مقایسه کنید.

سوال ۶ - الگوریتم Parks-McClellan

به کمک الگوریتم Parks-McClellan یک فیلتر FIR با فاز خطی و با حداقل مرتبه طراحی کنید تا شرایط خواسته شده در نمودار را برآورده کند. نمودار اندازه و فاز پاسخ فرکانسی را رسم کنید. هم‌چنین gridهای نمودار را فعال کنید تا صحت عملکرد شما قابل بررسی باشد.



😊 موفق باشید