



بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده مهندسی برق

پردازش سیگنال های دیجیتال

دکتر کرباسی

تمرین کامپیوتری سری دوم

تاریخ تحویل: ۱۴۰۰/۰۱/۲۰

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 HW2_StudentID (برای مثال : HW2_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.

سوال ۱ -

به کمک فایل `sound1.mat` قرار داده شده در ضمیمه که صوتی با فرکانس نمونه‌برداری ۱۶ کیلوهرتز است، به سوالات زیر پاسخ دهید.

۱- فایل `mat` داده شده را باز کنید. سیگنال صوتی را در حوزه زمانی و فرکانسی نمایش دهید. هم‌چنین با دستور `sound` صدای مربوطه را پخش کنید. چه چیزی می‌شنوید؟

توجه! برای پخش صدا می‌توانید از دستور `play` در کتابخانه‌ی `sounddevice` و `loadmat` از کتابخانه‌ی `scipy.io` استفاده کنید.

۲- دو سیگنال زیر را در نظر بگیرید و به سوالات این بخش برای هر کدام از دو سیگنال به صورت جداگانه پاسخ دهید:

- نویز سفید با توزیع نرمال استاندارد و به طول ۱۰۰۰۰
 - فایل صوتی مربوطه
- سیگنال را به صورت جداگانه به ترتیب با ۴، ۸ و ۱۶ بیت کوانتیزه کنید و خطای کوانتیزه کردن را `error` بنامید.

الف) میانگین و واریانس `error` را بدست آورید.

ب) هیستوگرام `error` را نمایش دهید.

ج) چگالی طیف توان `error` را بدست آورده و نمایش دهید.

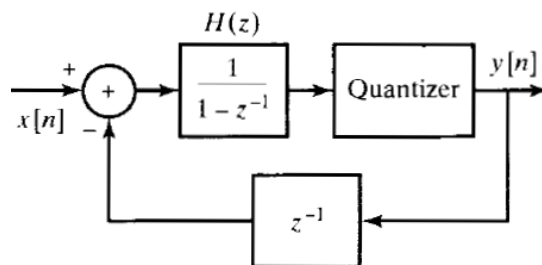
د) خود همبستگی `error` را نمایش دهید.

ه) همبستگی متقابل `error` و سیگنال را نمایش دهید (این بخش را فقط برای سیگنال صوتی انجام دهید).

۳- سیگنال صوتی کوانتیزه شده با ۴ بیت را در نظر بگیرید. سیگنال حاصل را در حوزه‌ی زمان و فرکانس رسم کنید. هم‌چنین مشابه قبل صدای مربوطه را پخش کنید. مختصراً توضیح دهید که کوانتیزه کردن چه تاثیری در سیگنال صوتی حاصل می‌گذارد؟

۴- همانطور که در بخش قبل دیدیم اثر کوانتیزاسیون مثل اعمال نویز بر سیگنال است. این نویز را به کمک دستور `firwin` و با اعمال پارامترهای مناسب، فیلتر کنید. با رسم سیگنال در حوزه‌ی زمان و فرکانس و هم‌چنین پخش صدا اثر این فیلتر بر سیگنال صدا را بررسی کنید.

۵- می‌خواهیم برای کاهش نویز ناشی از کوانتیزاسیون روش **noise shaping** را پیاده سازی کنیم.
 الف) کوانتیزه کننده‌ی زیر به همراه **noise shaper** را که همان بلوک تعریف شده در کتاب درسی است، بسازید.



شکل ۱: بلوک دیاگرامی **noise shaper**

در واقع **noise shaper** مانند یک فیلتر دیجیتال عمل کرده که نویز سفید تصادفی را به یک طیف نویز دلخواه تبدیل می‌کند.

ب) حال سیگنال را به کمک **noise shaper** فیلتر کنید. پاسخ فرکانسی سیگنال جدید را رسم کرده و با سیگنال قبل از فیلتر و همچنین سیگنال کوانتیزه شده بدون **noise shaper** مقایسه کنید.

سوال ۲ -

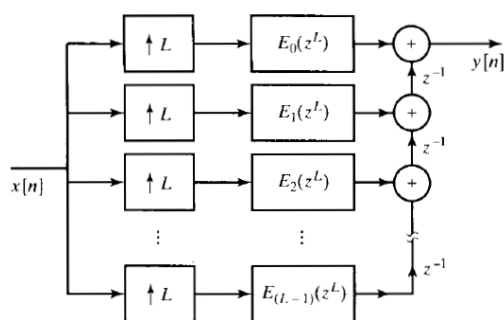
به کمک فایل `sound2.wav` قرار داده شده در ضمیمه که صوتی با فرکانس نمونه‌برداری ۱۶ کیلوهرتز است، به سوالات زیر پاسخ دهید.

۱- به کمک درونیابی خطی^۱ سیگنال صوتی مربوطه را به سیگنالی با فرکانس نمونه‌برداری ۹.۶ کیلوهرتز تبدیل کنید.

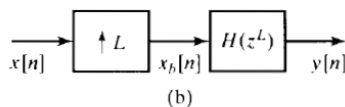
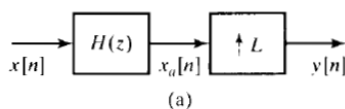
توجه! برای این کار باید از هر دو بلوک کاهش و افزایش نرخ نمونه‌برداری استفاده کنید.

۲- تبدیل Z فیلتر درونیابی خطی بخش قبل را به صورت دستی به دست آورید. سپس پاسخ فرکانسی آن را به کمک دستورات موجود در کتابخانه‌های پایتون رسم کنید.

۳- به کمک روش تجزیه‌ی پلی‌فاز^۲ ($L=3$ و شکل ۲) و سیستم‌های معادل شکل ۳ سیستم فیلتر درونیابی خطی را پیاده‌سازی کنید.



شکل ۲: تجزیه‌ی پلی‌فاز



شکل ۳: سیستم معادل افزایش نرخ نمونه‌برداری^۳

¹ Linear Interpolation

² Poly-Phase Decomposition

³ Equivalent Up-Sampling Systems

۴- بلوک دیاگرام سیستم پیاده سازی شده را به صورت دستی رسم کنید.

۵- سیگنال صوت خروجی را به ازای ورودی مربوطه به دست آورده و فایل صوتی آن را ذخیره کنید.

سیگنال صوتی جدید را پخش کنید. چه تغییری مشاهده می کنید؟

۶- طیف زمانی و فرکانسی سیگنال صوتی قبل و بعد از فیلتر شدن را رسم و مقایسه کنید.

😊 سال نوتون مبارک، موفق باشید