



Sharif University of Technology
Department of Electrical Engineering

EE 25742-4

Signals and Systems

Winter-Spring 1395-96

Homework 4

Due Date: دوشنبه ۱ خرداد

نحوه‌ی تحویل:

- گزارش کار با فرمت HW04_FamilyName_StudentNumber.pdf: در گزارش باید به تمامی سوالات تمرین پاسخ دهید، نمودارها و نتایج به دست آمده را ارائه کرده و توضیحات کلیه‌ی فعالیت‌هایتان را مکتوب کنید.
 - فایل اصلی متلب با فرمت HW04_FamilyName_StudentNumber.m: شامل کدی که تمام بخش‌های تمرین را اجرا کند. کد باید کامنت‌گذاری مناسب داشته باشد و بخش‌های تمرین در آن تفکیک شده باشند.
 - تمامی آنچه که اجرا شدن کد به آن‌ها نیاز دارد: توابعی که خواسته شده تا بنویسید، دیتایی که خواسته شده تا ضمیمه کنید و ...
- تمامی فایل‌های مورد نظر را در پوشه‌ای با فرمت HW04_FamilyName_StudentNumber.rar یا zip. روی سامانه‌ی CW بارگذاری کنید.

معیار نمره‌دهی:

- ساختار مرتب و حرفه‌ای گزارش: ۱۰٪
 - استفاده از توابع مناسب و الگوریتم‌های مناسب و کامنت‌گذاری کد: ۱۵٪
 - پاسخ به سوال‌های تئوری و توضیح روش‌هایی که سوال‌ها از شما خواسته‌اند: ۳۵٪
 - کد و گزارش خروجی کد برای خواسته‌های مسائل: ۲۰٪ + ۲۰٪
 - برای روش‌های ابتکاری، خلاقانه و فرادرسی‌ای که موجب بهبود کیفیت تمرین شود: ۱۰٪+
- توجه داشته باشید که ممکن است بعضی از سوال‌ها و خواسته‌ها جواب یکتا نداشته باشد، و هدف آن سنجش خلاقیت یا توانایی حل مسئله‌ی شما باشد. می‌توانید از ساده‌ترین چیزهایی که به ذهنتان می‌رسد استفاده کنید یا برای یافتن راه مناسب جست و جو کنید. همچنین سوال‌هایی که با * مشخص شده‌اند صرفاً جنبه‌ی امتیازی دارند و بیشتر برای آموزش شما هستند.

شرافت انسانی ارزشی به مراتب والاتر از تعلقات دنیوی دارد. رونویسی تمارین، زیر پا گذاشتن شرافت خوشتن است؛

به کسانی که شرافتشان را زیر پا می‌گذارند هیچ نمره‌ای تعلق نمی‌گیرد.

قسمت اول: طراحی فیلتر گسسته:

۱. توضیحات مربوط به توابع `filter`، `freqz`، `butter` و `tf` را در `help` متلب مطالعه کنید.
۲. با توجه به آنچه که در درس آموخته‌اید، فیلتری `lowpass` و `FIR` طراحی کنید. (توجه داشته باشید که این سوال، صرفاً یک سوال تئوری است و باید روی کاغذ حساب و کتاب کنید. تمامی نکات مربوط به طراحی‌تان را ذکر کنید. از کمترین تعداد قطب و صفر ممکن استفاده کنید. صفر(های)ی که استفاده می‌کنید را روی دایره‌ی $r = r_0$ انتخاب کنید).
۳. پاسخ فرکانسی مربوط به فیلتری که طراحی کرده‌اید را برای حالات زیر رسم کنید و تاثیر $r = r_0$ را توضیح دهید:

$$r_0 = 0.25 \quad r_0 = 0.50 \quad r_0 = 0.90 \quad r_0 = 0.95 \quad r_0 = 1.05 \quad r_0 = 1.10$$
۴. حال مانند سوال ۲، فیلتری `lowpass` اما این بار `IIR` طراحی کنید. (توجه داشته باشید که این سوال، صرفاً یک سوال تئوری است و باید روی کاغذ حساب و کتاب کنید. تمامی نکات مربوط به طراحی‌تان را ذکر کنید. از کمترین تعداد قطب و صفر ممکن استفاده کنید. مکان صفر و قطب‌هایتان را دقیق مشخص کنید).
۵. پاسخ فرکانسی مربوط به فیلتری که طراحی کرده‌اید را رسم کنید و درجات آزادی‌ای که دارید را تغییر دهید و نتیجه را گزارش کنید. مکان صفر و قطب‌ها چه تاثیری روی پاسخ فرکانسی دارد؟ فیلتر `FIR` و `IIR` چه مزایا و معایبی نسبت به هم دارند؟
۶. قسمت‌های ۲ تا ۵ را برای فیلتر `highpass` تکرار کنید.
۷. * هر حالت پیچیده‌تری که به نظرتان می‌تواند ویژگی‌های `highpass` یا `lowpass` بودن را برآورده کند بررسی کنید.
۸. از بین فیلترهایی که در بخش قبل ساختید، فیلترهای `IIR`ی که به نظرتان بهتر هستند را انتخاب کنید. سپس با پشت هم گذاشتن فیلترها، مرتبه‌ی فیلترتان را بالاتر ببرید. در کنار این عملیات، فیلتر `lowpass` و `highpass` متناظر را با `butter` بسازید و پاسخ فرکانسی را برای فیلترهایی با مرتبه‌ی زیر روی یک شکل رسم کنید:

$$n = 1 \quad n = 2 \quad n = 4$$

۹. با توجه به آنچه که در درس آموخته‌اید، فیلتر `notch` با فرکانس قطع $\omega = \frac{\pi}{4}$ طراحی کنید. (توجه داشته باشید که ساده‌ترین حالت ممکن را در نظر بگیرید. فیلترتان باید حقیقی باشد و از کمترین تعداد صفر و قطب ممکن برای پیاده‌سازی استفاده کرده باشید).
۱۰. پاسخ فرکانسی فیلتر `notch`ی که طراحی کردید را رسم کنید و اثر جابه‌جایی صفر و قطب‌هایتان را مشخص کنید.

قسمت دوم: تصحیح سیگنال صوتی با فیلترهای مورد نظر

- ضمیمه‌ی تمرین فایل صوتی‌ای شده است که در تمرین سری اول به شما داده شده بود. برای این قسمت از فایل `sound_edited.wav` استفاده کنید.
۱. توضیحات مربوط به دستور `fft` را مطالعه کنید. ارتباط فرکانس‌های گسسته‌ی `fft` را با فرکانس‌های پیوسته‌ی سیگنال بیان کنید. تبدیل فوریه‌ی سیگنال صوتی را بر حسب فرکانس (Hz) رسم کنید.
 ۲. دو فیلتر `notch` با توجه به قسمت اول طراحی کنید و روی سیگنال اعمال کنید تا تک‌فرکانس‌های موجود حذف شوند. (برای بالابردن درجه‌ی فیلتر، می‌توانید فیلتر مرتبه‌ی اولتان را چند بار روی سیگنال اعمال کنید. همچنین می‌توانید فیلتر باترورث را به شکل مناسب طراحی

کنید.) توضیح دهید که پارامترهای سیستم را به چه معیاری انتخاب میکنید حتی اگر با آزمون و خطا پیش می‌روید. پس از حذف تک فرکانس‌ها صوت را گوش دهید، همچنین تبدیل فوریه‌ی آن را رسم کنید.

۳. تخمینی از فرکانس بیشینه‌ی صوت بزنید و با اعمال فیلتر پایین‌گذر مناسبی نویز را حذف کنید. صوت را پخش کنید و تبدیل فوریه را نیز رسم کنید.

۴. با روش‌هایی که در تمرین یک انجام دادید یا حتی با فرض اینکه زمان و ضریب تاخیرها را می‌دانید، تبدیل زد سیستم تاخیر دهنده چه می‌شود؟ (این سوال، سوال تئوری است.) معکوس سیستم را نیز تعریف کنید. با استفاده از **filter** و تبدیل زد معکوس تاخیردهنده، اکوی صوت را حذف کنید. فیلتری که اعمال کرده‌اید **FIR** است یا **IIR**؟ آیا متلب می‌تواند کاملاً آن را پیاده‌سازی کند؟ توضیح دهید.

قسمت سوم: تغییر نرخ نمونه برداری

برای این قسمت از فایل **sound.wav** استفاده کنید.

۱. فرض کنید $x[n]$ را داریم، از روی آن سیگنال زیر را می‌سازیم:

$$y[n] = \begin{cases} x[n/L] & , \quad n = kL, k \in Z \\ 0 & , \quad o.w. \end{cases}$$

تبدیل Z و تبدیل فوریه‌ی سیگنال جدید را بر حسب تبدیل Z و تبدیل فوریه‌ی سیگنال ابتدایی بنویسید.

۲. * بخش قبل را برای سیگنالی با مشخصات زیر تکرار کنید:

$$y[n] = x[nL]$$

۳. نرخ فایل صوت مذکور را با مقیاس‌های زیر و استفاده از دستور **downsample** کم کنید. به صوت گوش دهید (توجه کنید که باید از فرکانس نمونه‌برداری جدید استفاده کنید.) و همچنین تبدیل فوریه‌ی آن را رسم کنید. مشاهدات خود را توضیح دهید.

$$L = 2 \quad L = 4 \quad L = 8 \quad L = 16 \quad L = 32$$

۴. حال می‌خواهیم سیگنال اصلی را از روی سیگنال‌های **downsample** شده باز بسازیم. تابع **upsample** بین هر دو نمونه‌ی سیگنال تعدادی صفر می‌گذارد و به عبارتی سیگنال سوال ۱ این بخش را از روی سیگنال اصلی می‌سازد. هر کدام از سیگنال‌ها را به میزانی که **downsample** کرده‌اید **upsample** کنید. تبدیل فوریه را رسم کرده و صوت را گوش کنید. مشاهدات‌تان را گزارش کنید.

۵. سیگنال‌های به دست آمده از سوال ۴ را با فیلتر **lowpass** که در سوال ۳ از بخش دوم ساختید فیلتر کنید. تبدیل فوریه‌ها را رسم کنید و به اصوات گوش کنید. مشاهدات را توضیح دهید. (می‌توانید درجه‌ی فیلتر را کم و زیاد کنید و تاثیر آن را نیز بررسی کنید.)

۶. * بین هر دو نمونه‌ی سیگنال‌های بخش ۳، تقریب مرتبه‌ی صفر و تقریب مرتبه‌ی یک بازسازی را استفاده کنید و عملیات مذکور را تکرار کنید.

۷. * در ادامه‌ی بخش ۶ از فیلتر **lowpass** روی سیگنال‌های‌تان استفاده کنید و نتیجه را گزارش کنید.

۱. سیگنالی سینوسی با فرکانس $f_0=1\text{kHz}$ را با فرکانس $f_{s_high}=50\text{kHz}$ برای بازه‌ی زمانی 0 تا 100ms بسازید و روی بازه‌ی 10ms تا 13ms رسم (plot) کنید. (تمام شکل‌ها را روی همین بازه رسم کنید).
۲. حال همان سیگنال را با فرکانس $f_s = 10\text{kHz}$ روی بازه‌ی زمانی مذکور نمونه‌برداری کنید. سیگنال به دست آمده را با ضریب ۵، `upsample` کنید. به این معنی که به ازای هر نمونه، ۴ صفر بعد از آن نمونه قرار بگیرد. سیگنال را روی شکل اول رسم (stem) کنید. (به ارتباط اندیس‌ها و زمان توجه داشته باشید).
۳. تبدیل فوریه‌ی (fft) سیگنال‌هایی که ایجاد کرده‌اید را رسم کنید و توضیح دهید.
۴. سیگنال سوال ۲ را با فیلتر پایین‌گذر مناسبی فیلتر کنید. حاصل را ضرب در ۵ کنید (چرا؟) و روی شکل سیگنال اصلی (سوال ۱) رسم (stem) کنید. نتیجه را توضیح دهید.
۵. عملیات سوال ۲ و ۴ را برای f_s های زیر تکرار کرده و نتیجه‌ی تاثیر فرکانس نمونه‌برداری و پدیده‌ای که مشاهده می‌کنید را توضیح دهید.

$$f_s = 5\text{kHz} \quad f_s = 2\text{kHz} \quad f_s = 1.2\text{kHz} \quad f_s = 0.5\text{kHz}$$