



به نام خدا



دانشگاه تهران
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
DSP
تمرین کامپیوتری اول
دکتر اخایی

موعد تحویل: 1401/2/24

سیگنال $x[n] = (1/2)^n u[n]$ را در نظر بگیرید. این سیگنال نه زوج است و نه فرد.
 الف) یک قطعه کد بنویسید که این سیگنال را به دو بخش زوج $x_e[n]$ و فرد $x_o[n]$ تجزیه کند.
 سپس این دو بخش را برای $-11 < n < 11$ - رسم کنید.

در نامپای تابع پله (Heaviside) وجود دارد، مقدار آن را در نقطه صفر 0.5 تعریف کنید).
 ب) DTF دو سیگنال به دست آمده در قسمت الف یعنی $x_e[n]$ و $x_o[n]$ را به دست آورید و
 اندازه ی تبدیل فوریه ی آن ها را به ازای ω های مختلف رسم کنید. سپس از تابع "fftshift"
 استفاده کنید و بار دیگر اندازه ی تبدیل فوریه ها را رسم کنید. (محور فرکانس را خودتان به
 دست آورید و از scipy استفاده نکنید.) تفاوت ایجاد شده را بررسی کنید و مختصراً توضیح
 دهید.

ج) با استفاده از خطای مرتبه ی دوم (در اینجا مفهوم انرژی دارد) نشان دهید که از آنجاییکه
 $x_e[n] + x_o[n] = x[n]$ در حوزه ی فرکانس هم خواهیم داشت

$$X(e^{j\omega}) = F\{x_e[n]\} + F\{x_o[n]\}$$

نمودار خطا بر حسب فرکانس را رسم کنید.

د) با استفاده از همان روش ج رابطه ی بین قسمت زوج و فرد سیگنال و قسمت حقیقی و
 موهومی تبدیل فوریه ی آن را بررسی کنید.

- در این سوال قرار است شما مفهوم aliasing را در پایتون پیاده سازی کنید.
- الف) تابعی بنویسید که مولفه های دامنه، فرکانس، زمان و آفست فرکانسی را دریافت کند و موج سینوسی با مولفه های گرفته شده برگرداند.
- ب) در این قسمت شما باید تبدیل فوریه بگیرید. تابعی بنویسید که DFT را نرمالیزه کند. ورودی این تابع سیگنال ورودی، تعداد سمپل ها برای fft و نرخ نمونه برداری هستند. خروجی این تابع باید DFT سیگنال ورودی به صورت نرمال شده باشد.
- ج) تابعی برای ALIASING بنویسید. ورودی این تابع فرکانس است. این تابع نهایی شماست و درون این تابع باید از توابع قسمت قبل یا توابع کمکی دیگری که فکر میکنید میتوانند راهگشا باشند، باید استفاده کنید.
- د) حالا طیف های بدست آمده را برای $F_s = 48000\text{Hz}$ و $f = \{100, 1000, 10000, 108000\}$ رسم کنید و این نمودارها را تحلیل کنید. (نمودارهای شما باید بر حسب کیلوهرتز باشند).

یک سیستم خطی و تغییر ناپذیر با زمان به صورت معادله‌ی تفاضلی زیر تعریف میشود.

$$y[n] - 0.5y[n - 1] + 0.25y[n - 2] = x[n] + 2x[n - 1] + x[n - 3]$$

الف) با استفاده از دستور freqz از کتابخانه scipy اندازه و فاز پاسخ ضربه فیلتر را در حوزه فرکانس نمایش دهید.

ب) حال بدون استفاده از کتابخانه‌ها پاسخ زمانی این فیلتر را نمایش دهید و سپس با تبدیل فوریه گرفتن از پاسخ زمانی جواب خود را با قسمت الف مقایسه کنید. (راهنمایی: حلقه به ازای مقادیر $n = 1:100$ بزنید و سپس fft بگیرید).

سیستم گسسته زمان LTI روبه رو را در نظر بگیرید:

$$H(z) = \frac{1}{1 - 2r \cos(\omega_0) z^{-1} + r^2 z^{-2}}$$

$$r \geq 0, 0 \leq \omega_0 \leq 2\pi$$

الف) مقدار ω_0 و r را به گونه ای بدست آورید، بطوریکه سیستم پایدار شود.

ب) ω_0 و r به ترتیب $\frac{\pi}{2}$ ، 0.5 هستند. نمودار pole-zero را با استفاده از تابع zplane که کد آن در فایل پروژه موجود است رسم کنید. دامنه و فرکانس $H(e^{j\omega})$ را با تابع freqz موجود در پایتون رسم کنید.

ج) پاسخ ضربه را برای ω_0 و r به ترتیب $\frac{\pi}{4}$ ، 0.5 تعیین کنید. برای بدست آوردن این دنباله از دستور residuez پایتون استفاده کنید.

در این قسمت سعی می کنیم تاثیر نرخ نمونه برداری و کاهش یا افزایش آن را بر روی صوت داده شده مشاهده کنیم.

الف) در قدم اول فایل صوتی قرار داده شده در پوشه ی پروژه را با استفاده از توابع `scipy` بخوانید و نرخ نمونه برداری به دست آمده را گزارش کنید.

ب) با توجه به نرخ نمونه برداری داده شده به طور دلخواه 5 ثانیه از صوت داده شده را انتخاب کنید.

پ) حال صوت به دست آمده در قسمت ب را با نرخ نمونه برداری هایی به صورت $\{f_s, 2f_s, \frac{f_s}{2}\}$ ذخیره و سپس پخش کنید و تفاوت های حاصل را شرح دهید. (f_s نرخ نمونه برداری صوت اصلی می باشد)

ت) اندازه (دامنه) پاسخ فرکانسی صوت به دست آمده در قسمت ب را رسم کنید. (با استفاده از توابع `fft`, `fftshift`)

ث) تابعی را پیاده سازی کنید که بتواند صوت به دست آمده در قسمت ب را فشرده سازی کنید. این تابع باید با دریافت صوت و عددی صحیح که مقدار فشرده سازی را تعیین می کند صوتی را تشکیل دهد که نسبت به صوت داده شده با ضریب M فشرده سازی شده باشد. (از کتاب خانه های آماده استفاده نکنید.)

ج) پس از پیاده سازی تابع بالا اندازه پاسخ فرکانسی صوت به دست آمده را برای ضرایب $M = \{2, 5, 6\}$ به دست آورید و در یک نمودار رسم کنید و نتایج به دست آمده را تحلیل کنید.

چ) حال سعی داریم با پیاده سازی تابعی مانند تابع قسمت قبل این بار صوت داده شده را با ضریب L باز (`expand`) کنیم. در قدم اول نمونه های جدید مورد نیاز را برابر صفر در نظر بگیرید. (از کتاب خانه های آماده استفاده نکنید.)

ح) پس از پیاده سازی تابع بالا اندازه پاسخ فرکانسی صوت به دست آمده را برای ضرایب $L = \{2, 5, 6\}$ به دست آورید و در یک نمودار رسم کنید و نتایج به دست آمده را تحلیل کنید.

خ) (امتیازی) با توجه به قرار دادن صفر برای نمونه های جدید در قسمت قبل در صورتی که صوت را گوش دهید مشاهده خواهید کرد که کیفیت صوت نهایی به دست آمده کاهش می یابد. با توجه به مفاهیم تدریس شده در درس سعی کنید روشی را پیشنهاد دهید که بتوان کیفیت سیگنال به دست آمده را افزایش دهیم و از قرار دادن مقادیر صفر پرهیز کنیم. روش پیشنهادی

خود را پیاده سازی کنید و نتایج به دست آمده را گزارش دهید. (از کتاب خانه های آماده استفاده نکنید).

سوال ششم

در این قسمت سعی داریم با استفاده از دو تصویر که در پوشه images قرار دارند، با تبدیل فوریه کار کنیم.

الف) ابتدا تصویرهای داده شده را با استفاده از توابع بخوانید.

ب) با استفاده از توابع مقدار فاز و اندازه هریک از یک از تصاویر را بدست بیاورید و ذخیره کنید.

ج) حالا سعی کنید مقدار دامنه های دو تبدیل فوریه را با یکدیگر جابجا کنید و با ترکیب آنها با فاز اصلی، تصاویر جدیدی را ایجاد کنید و تصاویر بدست آمده را نمایش دهید.

د) نتایج را تحلیل کنید. بنظر شما بین دامنه و فاز کدام دارای اطلاعات مهمتری است؟

نکات پایانی:

توجه کنید تا 7 روز بعد از ددلاین فرصت دارید تا تمرین را تحویل دهید. به ازای هر روز تاخیر 5 درصد از نمره شما کسر میشود. بعد از 7 روز به هیچ عنوان تحویل گرفته نمیشود. همچنین با توجه با سیاست تاخیر تمرین کامپیوتری تمدید نمیشود.

تمامی قطعه کدها برای حل سوالات باید با استفاده از PYTHON نوشته شده باشند. برای نوشتن کدها و گزارش کار از JUPYTER NOTEBOOK استفاده کنید و در نهایت فایل html. پروژه خود را آپلود کنید.

توجه داشته باشید در صورت استفاده مستقیم از منابع اینترنتی امکان پیدا کردن شباهت بین کار شما و دیگران افزایش میابد و ممکن است نمره آن بخش یا تمرین را از دست بدهید.

در صورتیکه درباره سوالات ابهامی داشتید میتوانید سوالات خود را از طریق ایمیل از دستیاران آموزشی بپرسید:

سوالات فرد: mdi.amirhossein@gmail.com

سوالات زوج: mahsa.heydari@ut.ac.ir