



بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی شریف - دانشکده مهندسی برق

پردازش سیگنال های دیجیتال

دکتر کرباسی

تمرین کامپیوتری سری اول

تاریخ تحویل: ۹۹/۱۲/۲۸

### 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 HW1\_StudentID (برای مثال : HW1\_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.

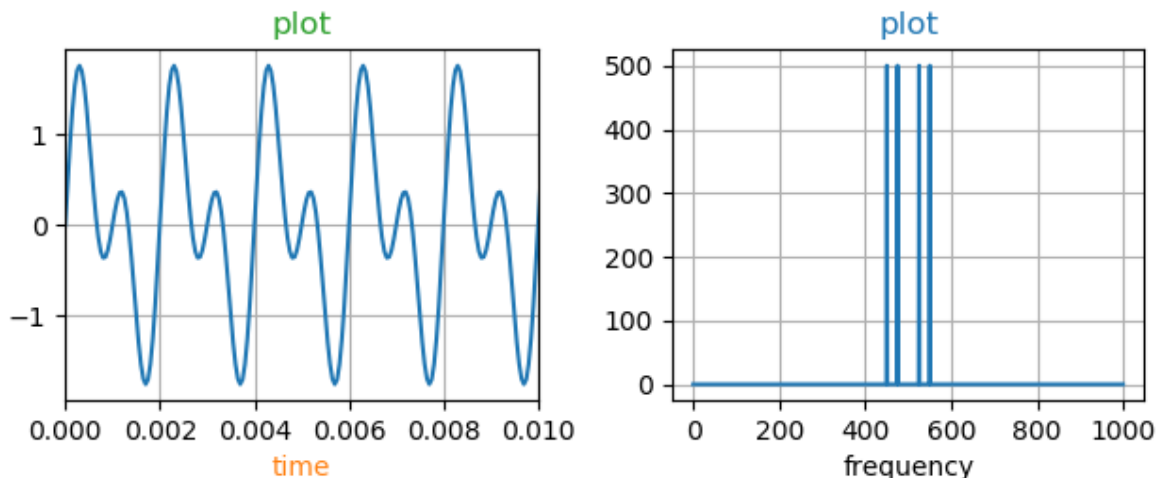
## سوال ۱ - آشنایی با کتابخانه‌ی matplotlib

الف) دو سیگنال سینوسی  $\sin(1000\pi t)$  و  $\sin(2000\pi t)$  را در یک نمودار یکسان رسم کنید. بازه‌ی کل زمان را از صفر تا ۰.۰۵ ثانیه در نظر بگیرید به طوری که فواصل زمانی ۵۰ میکرو ثانیه باشد. دو نمودار را با رنگ‌های متفاوت نمایش دهید و برای آن‌ها **legend** قرار دهید تا به راحتی از یکدیگر متمایز شوند.

ب) حال نقاط تقاطع هر دو نمودار را به کمک دستورات کتابخانه‌ی matplotlib در نمودار مشخص کنید.

ج) برداری شامل مقادیر تابع  $\sin(1000\pi t) + \sin(2000\pi t)$  را به کمک داده‌های بخش قبل بسازید. سپس **fft** این بردار به همراه خود آن را به صورت زیر نمایش دهید. سعی کنید در تمامی موارد شکل گزارش شده‌ی شما مشابه شکل زیر باشد (از دستور **fftshift** و همچنین از کتابخانه‌های matplotlib و **scipy** استفاده کنید).

**توجه!** استفاده از **scipy.fftpack** توصیه نمی‌شود.



## سوال ۲ - درونیابی با تابع sinc

**نکته!** در این سوال مجاز به استفاده از توابع آماده‌ی درونیابی پایتون نیستید.

الف) تابعی به نام `sinc_interpolation` بنویسید که بردار یک سیگنال زمانی نمونه‌برداری شده و بردار زمانی نظیر آن و همچنین بردار زمانی سیگنال مورد انتظار خروجی را دریافت کرده و در خروجی سیگنال درونیابی شده با `sinc` را بدهد. در این بخش برای درونیابی از `sinc` با طول معادل با سیگنال اولیه استفاده کنید.

ب) تابع خود را با نمونه‌برداری از سیگنال  $\sin(1000\pi t) + \sin(2000\pi t)$  در بازه صفر تا  $0.02$  ثانیه با فواصل زمانی  $500$  میکروثانیه تست کرده، در خروجی سیگنالی با فواصل زمانی  $50$  میکروثانیه دریافت و سیگنال اولیه و درونیابی شده را در بازه صفر تا  $0.02$  ثانیه رسم کنید.

ج) تابعی به نام `limited_sinc_interpolation` مشابه قبل بنویسید با این تفاوت که در این بخش برای درونیابی از `sinc` با طول محدود استفاده کنید.

**نکته!** منظور از طول محدود این است که طول سیگنال `sinc` را کمتر از طول سیگنال اولیه در نظر بگیرید. برای این کار از تنها ۹ لوب `sinc` استفاده کنید.

د) بخش ب را اینبار با تابع `limited_sinc_interpolation` تکرار کنید. نتیجه را با بخش ب مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

ه) فرکانس نمونه‌برداری اولیه و ثانویه را چندین بار تغییر دهید و نمودار هر دو سیگنال را برای هر یک از حالات و همچنین هر دو تابع بخش الف و ج رسم کنید. نتایج را مقایسه کنید. در حالات گوناگون این درونیابی‌ها چه میزان موفق عمل می‌کند؟

### سوال ۳ - آشنایی با کتابخانه‌ی **numpy** و کار با ماتریس‌ها

الف) ماتریس زیر را ساخته و نمایش دهید (راهنمایی: از دستور **diag** استفاده کنید)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 7 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 6 \end{bmatrix}$$

ب) یک ماتریس ۴ در ۴ رندوم ساخته و نمایش دهید.

ج) دو ماتریس بالا را در فایل‌ی به نام **matrixes** ذخیره کرده و سپس دوباره به صورت جدا از هم **load** کنید.

د) تابعی به نام **size\_comparator** تعریف کنید که با گرفتن دو ماتریس اگر هر دوی آن‌ها مربعی و با ابعاد یکسان بودند، در خروجی جمع و ضرب آن‌ها را بدهد و در غیر این صورت دو ماتریس ورودی را برگرداند. برای اطمینان از درستی کارکرد تابع برای هر دو حالت ورودی‌های مناسبی به تابع داده و خروجی را در گزارش بیاورید.

ه) دو ماتریس تعریف شده در بخش الف و ب را به تابع **size\_comparator** ورودی دهید و خروجی‌ها را نمایش دهید.

## سوال ۴ - بازی فکر بکر؛ آشنایی با حلقه‌ها و شرط‌ها در پایتون

همه‌ی ما از سنین کودکی با بازی فکر بکر خاطره داریم! در این سوال می‌خواهیم شکل متفاوت‌تری از این بازی را پیاده کنیم. به این شکل که برنامه ابتدا یک کد رندوم ۴ رقمی تولید می‌کند و شخص کاربر باید در حداکثر ۱۰ مرحله این کد را حدس بزند. روند حدس این گونه خواهد بود که کاربر یک کد ۴ رقمی را وارد و یک رشته ۴ تایی را در برابر آن از بازی دریافت می‌کند و به این شکل یک مرحله به پایان می‌رسد. اگر رقم نوشته شده در کد ۴ رقمی موجود نباشد، برنامه در این جایگاه حرف F را چاپ می‌کند. اگر رقم نوشته شده در کد موجود باشد اما جایگاه آن صحیح نباشد، حرف S را چاپ می‌کند و در صورتی که جایگاه رقم نیز درست باشد حرف T چاپ خواهد شد. نمونه‌هایی از این بازی را در زیر می‌بینید:

```
Enter your four digit guess code: 0123
FFFS
Enter your four digit guess code: 3456
SFFS
Enter your four digit guess code: 6378
SSSF
Enter your four digit guess code: 9637
You guessed it ! [9, 6, 3, 7]
```

```
You ran out of tries ! [4, 4, 4, 5]
```

```
Enter your four digit guess code: 123
Enter only 4 digit number
```

```
Enter your four digit guess code: 01234
Enter only 4 digit number
```

دقت کنید که بازی شما باید در تمامی شرایط خاص بالا پیغام مناسبی را نمایش دهد.

**نکته!** اگر کد شما فقط برای ارقام رندوم تولیدی متمایز درست کار کند نمره‌ی کامل را از این سوال دریافت می‌کنید. حل سوال برای ارقام کاملاً رندوم و با قابلیت تکرار به اندازه‌ی ۲۰ درصد نمره‌ی این سوال، **نمره‌ی امتیازی** دارد.

## سوال ۵ - سیگنال chirp و تحلیل ویژگی‌های آن

معادله یک سیگنال chirp به شکل زیر است:

$$c(t) = \cos(\pi\mu t^2 + 2\pi f_1 t + \varphi)$$

فرکانس لحظه ای این سیگنال از مشتق فاز به دست می‌آید که نسبت به زمان خطی است:

$$f_i = \mu t + f_1$$

الف) فرض کنید  $\mu = 600 \text{ KHz/s}$ ,  $f_1 = 4 \text{ KHz}$  و  $\varphi$  دلخواه است. اگر مدت زمان کل سیگنال chirp ۵۰ میلی ثانیه باشد، بازه فرکانسی که سیگنال در آن sweep می‌کند را تعیین کنید.

ب) فرض کنید  $f_s = 8 \text{ KHz}$  است. نمودار گسسته سیگنال chirp را رسم کنید.

از آن جایی که Swept bandwidth از فرکانس نمونه برداری بیشتر است aliasing رخ می‌دهد. ج) توجه کنید هنگامی که فرکانس ظاهری خیلی کم می‌شود فواصلی در سیگنال chirp در زمان ایجاد می‌شود. در واقع فرکانس لحظه‌ای در این لحظات از صفر می‌گذرد. به کمک نمودار این زمان‌ها را پیدا کنید.

د) با پیدا کردن زمان رخ دادن aliasing با انجام محاسبه بررسی کنید که آیا زمان‌های به دست آمده از نمودار بر محاسبات ما منطبق هستند؟

## سوال ۶ - اثر aliasing بر سیگنال سینوسی

در این سوال قصد داریم اثر aliasing را بر سیگنال سینوسی بررسی کنیم. ابتدا سه سیگنال سینوسی با فرکانس‌های ۴، ۶ و ۸ کیلوهرتز را تولید کنید. این کار را به ازای سه فرکانس نمونه‌برداری ۱۲، ۱۴، ۱۶ و ۹۰ کیلوهرتز انجام دهید.

الف) به ازای هر یک از چهار فرکانس نمونه‌برداری، سه سیگنال را زیر هم رسم کرده و نتایج را گزارش کنید. از مشاهدات خود چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

ب) به کمک دستور fft نمودار اندازه فوریه‌ی جمع سه سیگنال را رسم کنید. در این قسمت برای خوانا شدن نمودار لازم است محور X نمودارها فرکانس سیگنال پیوسته باشد. برای انجام این کار می‌توانید از دستور fftshift و همچنین دانش خود از نمونه‌برداری استفاده کنید. نتایج بدست آمده را گزارش و تحلیل کنید.

ج) **(امتیازی)** انیمیشنی از تبدیل فوریه جمع سیگنال‌های نمونه‌برداری شده تولید کنید که روند تغییرات آن را به ازای فرکانس‌های نمونه‌برداری کم تا فرکانس‌های نمونه‌برداری زیاد، نشان می‌دهد (فرکانس‌ها را به صلاح دید خود انتخاب کنید و روند تولید انیمیشن را سرچ کنید).