



پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران

دانشکده برق و کامپیوتر

تمرین شبیه سازی کامپیوتری سوم

تجزیه و تحلیل سیگنال ها و سیستم ها

نیمسال دوم- سال تحصیلی ۹۶-۹۷

مدرس: دکتر ارس ادهمی

بهار ۹۷

سوال اول:

سیگنال‌های صوتی نیز همانند سایر سیگنال‌ها در محیط MATLAB با کمک یک بردار مشخص می‌شوند. به طور مثال سیگنال زیر را در نظر بگیرید: (در تمام قسمت‌های این پرسش نرخ نمونه‌برداری را برابر $2\pi \times 8192$ قرار دهید).

$$x(t) = \sin(\Omega_0 t)$$

a. این سیگنال را با مقدار $\Omega_0 t = 2\pi \times 1000$ و با فرکانس نمونه‌برداری مشخص شده (به مدت زمان یک ثانیه) در برداری ذخیره کرده و به کمک دستور audioplayer به عنوان صوت پخش کنید.

b. حال سیگنال x را با مقادیر $\Omega_0 t = 2\pi \times 2000$ ، $\Omega_0 t = 2\pi \times 4000$ و $\Omega_0 t = 2\pi \times 6000$ نیز ایجاد و به کمک دستور audioplayer آن را به عنوان صوت پخش کنید. در هر مرحله چه تغییری مشاهده می‌کنید؟

c. با رسم اندازه و فاز تبدیل فوریه‌ی سیگنال‌های فوق نتایج را توجیه کنید. آیا نمودار فاز تبدیل فوریه‌ی این سیگنال‌ها با دانش قبلی شما سازگار است؟

سوال دوم:

در این پرسش می‌خواهیم مدولاسیون دامنه سینوسی را بررسی نماییم. سیگنال زیر یک نمونه موج ساده با فرکانس ω_0 می‌باشد.

$$x(t) = \cos(\omega_0 t)$$

با استفاده از کد زیر می‌توانید نت E در Western Musical Scale را در فرکانس 660Hz برای ۲ ثانیه پخش کنید. نرخ نمونه‌برداری را 8192 تنظیم نمایید.

```
Fs = 8192;  
numberOfSeconds = 2;  
n = 1 : numberOfSeconds*Fs;  
f0 = 660;  
w0 = 2*pi*f0/Fs;  
noteSound = cos(w0*n);  
sound(noteSound);
```

A. حال برنامه‌ای بنویسید که مدولاسیون دامنه سینوسی را با ضرب تُن 660Hz در 220Hz انجام دهد.

$$y(t) = \cos(2\pi 660t) \cos(2\pi 220t)$$

I. سیگنال حاصل را برای ۲ ثانیه پخش کنید. آیا صدا در مقایسه با نت E فوق بلندتر، نرم‌تر، و یا یکسان

است؟

II. طیف سیگنال حاصل را رسم کنید.

i. چه تعداد فرکانس‌های معنی‌دار (مهم) موجود هستند؟

ii. مقادیر آن‌ها چیست؟

iii. بروی این فرکانس‌ها و مقادیرشان با صدایی که می‌شنوید بحث کنید. نوع صدا و کیفیتی که

می‌شنوید چه ارتباطی به این‌ها دارد؟

B. برنامه‌ای دیگر برای مدولاسیون دامنه سینوسی $y(t)$ بصورت زیر، بنویسید.

$$v = y(t) \cos(2\pi 140t)$$

I. سیگنال حاصل را برای ۲ ثانیه پخش کنید. آیا صدا در مقایسه با $y(t)$ قبل بلندتر، نرم‌تر، و یا یکسان است؟

II. طیف سیگنال حاصل را رسم کنید.

i. چه تعداد فرکانس‌های معنی‌دار (مهم) موجود هستند؟

ii. مقادیر آن‌ها چیست؟

iii. بروی این فرکانس‌ها و مقادیرشان با صدایی که می‌شنوید بحث کنید. نوع صدا و کیفیتی که

می‌شنوید چه ارتباطی به این‌ها دارد؟

سوال سوم: (امتیازی)

در این قسمت کار با یک سیگنال صوتی واقعی را تمرین خواهیم کرد.

a. فایل ضمیمه شده‌ی music.wav را با کمک دستور audioread باز کرده و با کمک دستور

audioplayer پخش کنید.

b. طیف سیگنال صوتی داده شده را رسم کنید.

حال فرض کنید قرار است این سیگنال صوتی را روی دیسک ذخیره کرده و در سیستم دیگری پخش کنید، اما

حداکثر طول برداری که قابل ذخیره‌سازی روی دیسک است برابر یک سوم طول بردار این فایل صوتی است.

بنابراین نمی‌توانید سیگنال را به طور مستقیم ذخیره کنید. برای حل این مشکل روش‌های متعددی وجود دارد.

در اینجا می‌خواهیم با کمک down sampling این کار را انجام دهیم.

c. فرض کنید برای کاهش طول بردار می‌خواهیم نرخ نمونه‌برداری را به یک سوم کاهش دهیم. برای انجام

این کار ابتدا با استفاده از فیلتر پایین‌گذر مناسب فرکانس‌های بیشتر از $\frac{2\pi}{6}$ را حذف کنید. طیف

سیگنال را برای این حالت نیز رسم کرده و مقدار Signal to Noise Ratio را برای سیگنال اصلی و سیگنال فیلتر شده محاسبه کنید. با کمک دستور audioplayer سیگنال ایجاد شده را پخش کنید. آیا تفاوت محسوسی در کیفیت صدا ایجاد شده است؟ همچنین توضیح دهید این فیلتر گسسته معادل چه فیلتری در حوزه‌ی پیوسته است.

d. سیگنال فیلترشده‌ی بخش قبل را down sample کرده ($L = 3$) و طیف آن را رسم کنید. e. توضیح دهید فیلتر پایین‌گذر بخش قبل به چه منظور اعمال شده است و در صورتی که سیگنال فیلتر نشده را down sample کنیم چه اتفاقی رخ می‌دهد.

f. فرض کنید سیگنال down sample شده‌ی بخش قبل پس از ذخیره‌سازی روی دیسک قرار است پخش شود. سیگنال را با کمک دستور audioplayer و فرکانس نمونه‌برداری $\frac{44100}{3}$ پخش کنید. g. سیگنال را با فرکانس‌های نمونه‌برداری 44100 و $\frac{44100}{4}$ پخش کنید. چه تفاوتی بین این حالت‌ها وجود دارد؟ این تفاوت را توجیه کنید.

فرض کنید پخش‌کننده‌ی سیستم شما فقط فایل‌های صوتی با نرخ نمونه‌برداری 44100 را پخش می‌کند. به همین دلیل نمی‌توانید این موسیقی را با نرخ نمونه‌برداری $\frac{44100}{3}$ پخش کنید و می‌بایست نرخ نمونه‌برداری آن را افزایش دهید.

h. برای انجام این کار ابتدا از دستور upsample با $L = 3$ استفاده کرده و طیف سیگنال را رسم کنید. سیگنال حاصل را پخش کنید و علت اعوجاج ایجاد شده را توضیح دهید. (این سیگنال شامل فرکانس‌های بالا است؛ مراقب گوشه‌ایتان باشید!)

i. برای بازیابی سیگنال اصلی می‌بایست از یک فیلتر پایین‌گذر استفاده کنید. این موضوع را با کمک مقایسه‌ی طیف سیگنال‌ها نشان داده و فرکانس قطع فیلتر مناسب را مشخص کنید (همراه با بیان علت).

j. فیلتر مناسبی برای این قسمت طراحی کنید و با کمک این فیلتر سیگنال اصلی را بازیابی کنید. سپس طیف سیگنال حاصل را رسم کرده و آن را پخش کنید. همچنین مقدار SNR را محاسبه کنید (برای این سیگنال و سیگنال اصلی).

k. سیگنال upsample شده‌ی بخش قبل را به جای فیلتر کردن با فیلتر طراحی شده‌ی خودتان با سیگنال زیر convolve کنید و طیف سیگنال حاصل را ترسیم کنید. همچنین سیگنال حاصل را پخش کنید و SNR آن را نسبت به سیگنال اصلی محاسبه کنید.

$$m = [1,1,1];$$

a. توضیح دهید که چرا انجام عمل کانولوشن بالا موجب بازیابی سیگنالی نزدیک به سیگنال اصلی می‌شود و تفاوت آن را با فیلتر طراحی شده توسط خودتان بیان کنید. این عمل (convolution) به طور ساده چطور مقادیر نامشخص (صفرهای اضافه شده بین مقادیر سیگنال) را تخمین می‌زند؟
m. در انتها فایل صوتی را با کمک دستور audiowrite با فرکانس‌های نمونه‌برداری 44100 و $\frac{44100}{3}$ ذخیره کنید و طول (زمان) هر فایل را بیان کنید. علت اختلاف را توضیح دهید.

سوال چهارم:

برای سیستم LTI با معادله تفاضلی زیر:

$$y[n] = 2x[n-1] + x[n] - \frac{3}{2}y[n-1]$$

- a. تبدیل Z و پاسخ ضربه آن را بدست آورده و نشان دهید.
- b. اگر سیستم علی باشد، بزرگترین ROC ممکن را نشان دهید (بروی صفحه صفر و قطب‌ها). آیا سیستم پایدار است؟
- c. برای هر ناحیه ROC، پاسخ ضربه آن را محاسبه و نشان دهید. در مورد پایداری آن بحث کنید.

سوال پنجم:

سیگنال دنباله فیبوناتچی با معادله تفاضلی و شرایط اولیه زیر را در نظر بگیرید.

$$f(n) = f(n-1) + f(n-2) \quad n \geq 0$$

$$f(-1) = 1, f(-2) = -1$$

- a. تبدیل Z آن را بیابید.
- b. محل صفرها و قطب‌های آن را بیابید. این مقادیر چه ارتباطی با نسبت طلایی دارند؟
- c. به کمک عکس تبدیل Z تابع $f(n)$ را بیابید.

سوال ششم:

سیستم درجه دوم گسسته با معادله تفاضلی زیر را در نظر بگیرید.

$$y(n) = x(n) + 2r\cos(w_0)y(n-1) + r^2y(n-2)$$

a. تبدیل $H(z)$ را بیابید.

b. مقادیری از r و w_0 را بیابید که به ازای آن‌ها سیستم پایدار باشد.

c. محل صفرها و قطب‌ها را به ازای $w_0 = \pi/4$ و $r = \frac{1}{4}$ بیابید و روی صفحه Z رسم کنید.

d. اندازه و فاز این سیستم را به ازای مقادیر بالا رسم کنید.

به نکات زیر توجه فرمایید:

۱. فایل گزارش خود را با فرمت pdf، به انضمام کدهای MATLAB خود در قالب یک فایل zip تا زمان تحویل در سایت درس با فرمت زیر بارگذاری کنید:

[Name]_[student number]_CA [CA number].zip

۲. اصلی ترین بخش هر تمرین کامپیوتری، گزارش کار آن است و بخش عمده نمره به آن تعلق می‌گیرد. لذا برای هر بخش، توضیحات کافی به همراه نتایج شبیه سازی خود را در گزارش کار خود بیاورید. گزارش کار لازم است فرمت یک گزارش علمی داشته باشد. از گرفتن عکس از نوشته‌های خود و الصاق آن در گزارش خود خودداری کنید. یک تمپلیت برای گزارش در سایت درس آپلود شده است.
۳. کدهای خود را تا حد امکان واضح، بی‌ابهام و ساده بنویسید و هر جایی که احساس می‌کنید فهم کد شما مشکل خواهد بود حتما از کامنت استفاده کنید.
۴. کد مربوط به هر سوال را در یک فایل جداگانه با اسم $P?$ که علامت سوال نشان‌دهنده‌ی شماره سوال است ذخیره کنید. قسمت‌های مختلف یک سوال را با کمک %% از هم جدا کنید.
۵. می‌توانید پرسش‌های خود را از طریق ایمیل behrang.fazli1990@gmail.com یا mehdi.bashiri.b@gmail.com مطرح کنید.
۶. کپی کردن کار یکدیگر تخلف محسوب می‌شود و در صورت مشاهده کوچکترین تخلف، نمره کسب شده میان طرفین تقسیم خواهد شد.

شاد باشید...