

بخش سوم: آشنایی با مخابرات دیجیتال (کوانتیزاسیون)

در این بخش از تمرین، با تبدیل سیگنال‌های آنالوگ به دیجیتال و ارسال و آشکارسازی سیگنال دیجیتال آشنا می‌شویم. در ابتدا یک سیگنال آنالوگ در فرستنده به سیگنال گسسته تبدیل می‌شود و با استفاده از سطح کوانتیزاسیون، مقادیر دامنه پالس‌های ارسالی در مخابرات دیجیتال تعیین می‌شود. سپس بر عکس این فرآیند در گیرنده تکرار می‌شود و برای تبدیل سیگنال گسسته به پیوسته از درونیابی استفاده می‌شود.

سیگنال پیام زیر را در نظر بگیرید.

$$m(t) = 10 + 5 \sin(3\pi t) + 3 \cos^3(\pi t) + \sin\left(\frac{\pi t}{4}\right) \quad 0 \leq t \leq 3$$

قسمت الف: تعریف سیگنال پیوسته

سیگنال داده شده را با $N = 50,000$ سمپل تولید و رسم نمایید. (با توجه به اینکه تعداد نقاط بسیار است، این سیگنال را به عنوان سیگنال آنالوگ اصلی (پیوسته) پیاده سازی شده در متلب، در نظر می‌گیریم.)

قسمت ب: نمونه‌برداری و تولید سیگنال گسسته

با فرکانس نمونه برداری $f_s = 500 \text{ Hz}$ ، از سیگنال آنالوگ نمونه برداری کرده و یک سیگنال گسسته-زمان را تولید و رسم نمایید.

قسمت ج: کوانتیزاسیون

در این پروژه می‌خواهیم برای کوانتیزاسیون از نوع کوانتیزاسیون یکنواخت استفاده کنیم. به این منظور 32 سطح کوانتیزاسیون در نظر می‌گیریم. سپس مقادیر نمونه‌برداری شده را به نزدیک‌ترین سطح تصویر کنید. تصویر سیگنال کوانتايز شده را نشان دهید.

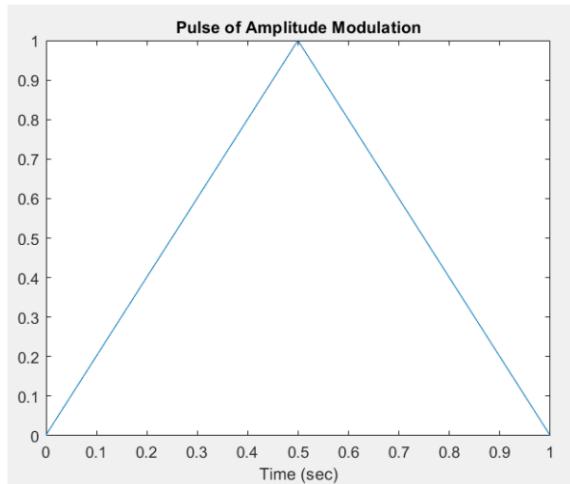
قسمت د: دیجیتال‌سازی سیگنال کوانتايز شده

در این بخش، به ازای هر نقطه‌ی کوانتايز شده، طبق مدولاسیون‌های دیجیتال، قرار است پالسی در فرستنده ارسال شود. انتخاب پالس پایه دلخواه است و در این بخش از پالس مثلثی مطابق با تصویر ۱-۳ استفاده می‌کنیم.

در حقیقت برای دیجیتال‌سازی سیگنال کوانتايز شده، هر نقطه نمونه برداری شده را به صورت یک پالس با دامنه مشخصی ارسال می‌کنیم.

- ۱- مطلوب است محاسبه‌ی انرژی سیگنال گسسته زمان حاصل از نمونه‌برداری سیگنال تصویر ۱-۳ با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز.
- ۲- به ازای هر کدام از ۳۲ سطح کوانتیزاسیون، یک عدد از ۰ تا ۳۱ اختصاص دهید که همانطور که پیشتر ذکر شد، به عنوان دیجیت شناخته می‌شود و نهایتاً، مقدار سیگنال هر سطح را با دیجیت متناظر با آن در آرایه‌ای دو بعدی ذخیره نمایید (از این آرایه برای بازیابی سیگنال استفاده خواهیم کرد). از رایج‌ترین شیوه‌های کدگذاری در مخابرات دیجیتال، می‌توان به برچسب‌گذاری به شیوه‌ی گری کد (Gray code) اشاره نمود؛ هر کدام از سمبلهای را به این روش کدگذاری کرده و پالس متناظر با آن را از فایل‌های

ضمیمه شده pulses.m و p.mat دریابید. در نهایت، با قرار دادن این پالس‌ها، به ترتیب در کنار یکدیگر، شکل سیگنال دیجیتال حاصل از این مدولاسیون را در گزارشکار خود بیاورید. (هر کدام از پالس‌ها باید در مدت زمان ۱ ثانیه ارسال شوند.)



تصویر ۳-۱: پالس مثلثی برای دیجیتال‌سازی و ارسال در فرستنده

قسمت ۵: دریافت سیگنال دیجیتال در گیرنده

در گیرنده، سیگنال دریافت شده همراه با نویز خواهد بود. نویز را با استفاده از تعریف زیر به سیگنال دیجیتال اضافه کنید. برای بدست آوردن توان نویز باید از توان سیگنال و SNR در گیرنده استفاده نمایید.

تعریف نویز: نویز کanal از نوع نویز گوسی در نظر گرفته می‌شود و طبق تعریف، یک فرآیند تصادفی نرمال است و SNR در گیرنده برابر $20dB$ فرض می‌شود.

در نهایت سیگنال ورودی گیرنده (بعد از اضافه شدن نویز) را بدست آورید.

قسمت ۶: دیکود کردن سیگنال دیجیتال

از این مرحله به بعد، فرآیند بازیابی سیگنال آنالوگ از دیجیتال را طی می‌کنیم. با دانش اینکه هر کدام از سمبول‌ها در ۱ ثانیه ارسال می‌شود، سیاستی پیاده می‌کنیم تا بر اساس آن، پالس‌ها را به سمبول‌های متناظر آن تبدیل کنیم. به این منظور، باید بدانیم که هر کدام از پالس‌های اختصاص داده شده به هر دیجیت، مضربی از پالس پایه می‌باشد.

۱- پالس پایه را در رشته پالس دریافت شده در گیرنده، به ازای هر ثانیه، ضرب کرده و با محاسبه‌ی انرژی متقابل آنها و در نظر گرفتن انرژی پالس پایه، دامنه‌ی هر کدام از این پالس‌ها را بیابید و به این طریق، با استفاده از رشته بیت ارسال شده به ازای هر سمبول، دیجیت سطح کوانتیزاسیون را مشخص نمایید.

۲- با استفاده از آرایه‌ی دو بعدی بدست آمده در قسمت ۵، هر دیجیت را به مقدار واقعی سیگنال در سطح کوانتیزاسیون تبدیل نمایید و شکل سیگنال حاصل را رسم نمایید.

۳- با مقایسه سیگنال گسسته دموجوله شده در گیرنده با سیگنال ارسالی کوانتایز شده، خطای این مدولاسیون را بدست آورید.
(خطا: نسبت تعداد دریافت‌های نادرست به کل نمونه‌ها)

* امتیازی * قسمت ز: تبدیل سیگنال کوانتاپی شده به آنالوگ (امتیازی) و رسم دیاگرام

با توجه به شکل بدست آمده در بخش قبل، مطلوب است:

- ۱- الگوریتمی طراحی کنید که بر اساس آن بتوان تشخیص نقاط اصلی ای را که سیگنال و سطوح کوانتیزاسیون مشترک دارند (نقاط تقاطع)، بدست آورد. الگوریتم خود را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۲- با استفاده از نقاط بدست آمده و استفاده ازتابع `spline` متلب، نقاط را درونیابی کرده و به سیگنالی پیوسته با همان تعداد نقاط سیگنال آنالوگ ذخیره شده در متلب بررسید و هر دو را در یک نمودار رسم نمایید.
- ۳- مقدار خطای بین دو سیگنال پیوسته را گزارش دهید.
- ۴- دیاگرام بلوکی فرستنده و گیرنده این مخابره را رسم نمایید.