

بخش سوم: آشنایی با مخابرات دیجیتال (کوانتیزاسیون)

در این بخش از تمرین، با تبدیل سیگنال های آنالوگ به دیجیتال و ارسال و آشکارسازی سیگنال دیجیتال آشنا می شویم. در ابتدا یک سیگنال آنالوگ در فرستنده به سیگنال گسسته تبدیل می شود و با استفاده از سطوح کوانتیزاسیون، مقادیر دامنه پالس های ارسالی در مخابرات دیجیتال تعیین می شود. سپس برعکس این فرآیند در گیرنده تکرار می شود و برای تبدیل سیگنال گسسته به پیوسته از درونیایی استفاده می شود.

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 می گیریم.)

قسمت ب: نمونه برداری و تولید سیگنال گسسته

با فرکانس نمونه برداری ۵۰۰ هرتز ($f_s = 500 \text{ Hz}$)، از سیگنال آنالوگ نمونه برداری کرده و یک سیگنال گسسته-زمان را تولید و رسم نمایید.

قسمت ج: کوانتیزاسیون

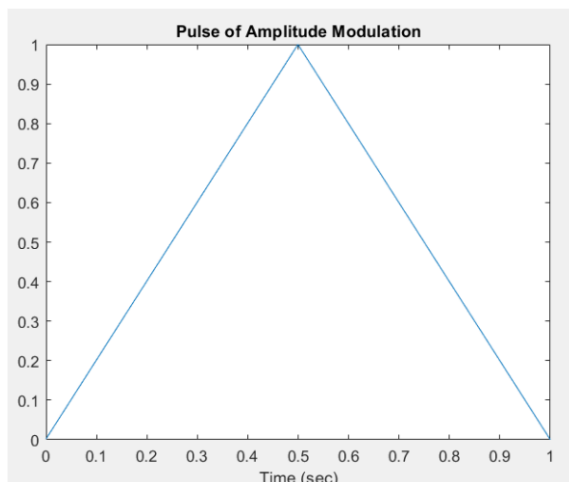
در این پروژه می خواهیم برای کوانتیزاسیون از نوع کوانتیزاسیون یکنواخت استفاده کنیم. به این منظور 32 سطح کوانتیزاسیون در نظر می گیریم. سپس مقادیر نمونه برداری شده را به نزدیک ترین سطح تصویر کنید. تصویر سیگنال کوانتایز شده را نشان دهید.

قسمت د: دیجیتال سازی سیگنال کوانتایز شده

در این بخش، به ازای هر نقطه ی کوانتایز شده، طبق مدولاسیون های 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 می کنیم. در حقیقت برای دیجیتال سازی سیگنال کوانتایز شده، هر نقطه نمونه برداری شده را به صورت یک پالس با دامنه مشخصی ارسال می کنیم.

- ۱- مطلوب است محاسبه ی انرژی سیگنال گسسته زمان حاصل از نمونه برداری 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 می شود و نهایتاً، مقدار سیگنال هر سطح را با دیجیت متناظر با آن در آرایه ای دو بعدی ذخیره نمایید (از این آرایه برای بازیابی سیگنال استفاده خواهیم کرد). از رایج ترین شیوه های کدگذاری در مخابرات دیجیتال، می توان به برجسب گذاری به شیوه ی گری کد (Gray code) اشاره نمود؛ هر کدام از سمبلها را به این روش کدگذاری کرده و پالس متناظر با آن را از فایل های

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



تصویر ۳-۱: پالس مثلی برای دیجیتال سازی و ارسال در فرستنده

قسمت ه: 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 کانال 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 و: دیکود کردن سیگنال دیجیتال

از این مرحله به بعد، فرآیند بازیابی سیگنال آنالوگ از دیجیتال را طی می‌کنیم. با دانش اینکه هر کدام از سمبل‌ها در ۱ ثانیه ارسال می‌شود، سیاستی پیاده می‌کنیم تا بر اساس آن، پالس‌ها را به سمبل‌های متناظر آن تبدیل کنیم. به این منظور، باید بدانیم که هر کدام از پالس‌های اختصاص داده شده به هر دیجیت، ضربی 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 سمبل، دیجیت سطح کوانتیزاسیون را مشخص نمایید.

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

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

*** امتیازی * قسمت ز: تبدیل سیگنال کوانتایی 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 اصلی‌ای 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 از تابع `spline` متلب، نقاط را درونیابی کرده و به سیگنالی پیوسته با همان تعداد نقاط سیگنال آنالوگ ذخیره شده در متلب برسید 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.