



پروژه پایانی درس سیستم های مخابراتی

استاد درس : دکتر شکوه صارمی

زمان تحویل : ۲۵ دی ۱۴۰۴ ساعت ۲۳:۵۹



## تحلیل و شبیه سازی مبدل های $\Delta$ -Sigma و پردازش دیجیتال خروجی

### ۱. اهداف پروژه :

- آشنایی با ساختار و عملکرد مبدل های  $\Delta$ -Sigma (DSM)
- بررسی پدیده ی **Noise Shaping** در سیستم های بیش نمونه برداری شده
- تحلیل سیگنال های کوانتیزه شده با استفاده از **FFT**، چگالی طیف توان (**PSD**)
- ارزیابی عملکرد سیستم با معیارهای **SNDR** یا **Dynamic Range**
- طراحی فیلتر دیجیتال **FIR** مناسب برای **Decimation**
- مقایسه ی عملکرد سیستم قبل و بعد از فیلترگذاری و **Down sampling**
- بررسی اثر تعداد بیت کوانتیزر (۱ بیت در مقابل ۳ بیت) بر عملکرد سیستم

### ۲. پیاده سازی $\Delta$ -Sigma Modulator

۱. یک  $\Delta$ -Sigma Modulator مرتبه اول با ورودی سینوسی پیاده سازی کنید .
۲. شبیه سازی را برای دو حالت زیر انجام دهید :

- کوانتیزر ۱ بیت
- کوانتیزر ۳ بیت

### ۳. پارامترهای زیر توسط دانشجویان انتخاب شود :

- فرکانس نمونه برداری
- فرکانس سیگنال ورودی
- دامنه سیگنال ورودی

!!!! نکته:

پارامترهای انتخاب شده باید به گونه ای باشند که از بروز **Overload**، ناپایداری و **Aliasing** جلوگیری شود.

انتخاب ها باید در گزارش توجیه شوند.

در این بخش، هدف دستیابی به دقت معادل ۱۰ بیت با استفاده از یک **Delta-Sigma Modulator** با کوانتیزر ۱ بیتی است.

۱. فرکانس نمونه برداری  $f_s$  مورد نیاز برای دستیابی به **SNDR** متناظر با دقت ۱۰ بیت را تعیین کنید.

۲. با استفاده از  $f_s$  محاسبه شده، طیف خروجی **DSM** را تحلیل و بررسی نمایید.

۳. یک فیلتر **FIR** مناسب طراحی کنید به گونه ای که خروجی فیلتر دارای **SNDR** متناظر با دقت ۱۰ بیت باشد.

۴. پس از **Down Sampling** با نرخ مناسب، طیف خروجی نهایی و مقدار **SNDR** خروجی را محاسبه و تحلیل کنید.

### ۳. تحلیل خروجی **Delta-Sigma Modulator**

برای هر دو حالت ۱ بیت و ۳ بیت، تحلیل های زیر را روی خروجی خام **DSM** انجام دهید:

۱. رسم شکل موج خروجی در حوزه زمان

۲. محاسبه و رسم طیف دامنه **FFT** خروجی

۳. محاسبه و رسم چگالی طیفی توان (**PSD**)

۴. محاسبه معیارهای: ۱. **SNDR** ۲. **Dynamic Range**

نکته:

در محاسبه **SNDR** و **Dynamic Range** باید( مولفه اصلی سیگنال - نویز - هارمونیک های اعوجاج) بصورت صحیح از یکدیگر تفکیک شود.

#### ۴. طراحی فیلتر FIR و Down Sampling

۱. یک فیلتر پایین گذر FIR مناسب برای خروجی DSM طراحی کنید ، بگونه ای که :

- باند سیگنال مفید بدون تضعیف عبور داده شود .
- نویز کوانتیزاسیون شکل داده شده در خارج از باند، بطور موثر حذف شود .

۲. پس از فیلتر گذاری :

- عملیات Down Sampling را با نرخ مناسب انجام دهید .

۳. مشخصات زیر باید بطور دقیق بیان و توجیه شود :

- مرتبه فیلتر FIR
- فرکانس های باند عبور و باند توقف
- میزان تضعیف باند توقف
- نرخ Down Sampling

۵. تحلیل مجدد پس از پردازش دیجیتال

پس از اعمال فیلتر FIR و Down Sampling ، تمام تحلیل های بخش ۳ را دوباره انجام دهید :

برای هر دو حالت ۱ بیت و ۳ بیت :

- شکل موج خروجی نهایی
- طیف FFT
- چگالی طیفی توان (PSD)
- محاسبه مجدد SNDR و Dynamic Range

۶. مقایسه و بحث نتایج

- عملکرد سیستم را در حالت های زیر مقایسه کنید :
  - قبل و بعد از فیلترگذاری و Down Sampling
  - کوانتیزر ۱ بیت و ۳ بیت
- موارد زیر را تحلیل و تفسیر کنید :
  - نقش Noise Shaping در Delta-Sigma Modulator
  - تاثیر تعداد بیت های کوانتیزر بر SNDR
  - اهمیت فیلتر FIR و Decimation در بهبود عملکرد
  - Trade-Off بین پیچیدگی سیستم و کیفیت خروجی

۷. تعیین سیگنال ورودی براساس شماره گروه

فرض کنید  $d$  شماره گروه شما باشد

○ اگر  $d$  عددی زوج باشد ، دامنه سیگنال ورودی بصورت زیر تعریف می شود :

$$A = 0.6 + 0.05 \times (d \bmod 4)$$

○ اگر  $d$  عددی فرد باشد، فرکانس سیگنال ورودی از رابطه زیر تعیین می شود :

$$f_{in} = \frac{3+d}{2^{12}} f_s$$

دراین رابطه  $f_s$  فرکانس نمونه برداری سیستم است.

الزامات پروژه و قوانین در پیوست تقدیم می شود

(( موفق و پیروز باشید ))