



به نام خدا

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی برق

گروه دکتر پاکروان - سیستم‌های مخابراتی

نیم سال اول ۱۴۰۱-۱۴۰۲

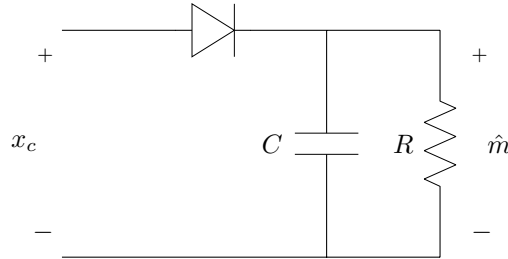
تمرین عملی سری دوم

لطفاً به نکات زیر توجه بفرمایید:

۱. نتایج و پاسخ‌های خود را در یک فایل با فرمت zip به نام HW2_Name_StudentNumber بارگذاری کنید.
۲. کسب نمره کامل در هر سؤال مستلزم تحویل کدها و توضیحات می‌باشد.
۳. برای سؤالات، باید روشی که استفاده کرده‌اید را توضیح و نتایجی که گرفته‌اید را ارائه دهید. این توضیحات می‌تواند در یک فایل pdf باشد.
۴. کدهای خود را خوانا بنویسید و کامنت‌گذاری کنید.
۵. ابهام یا اشکالات خود را می‌توانید از طریق @Hamedajorlou یا Hamedajorloo2@gmail.com مطرح نمایید.
۶. کدهای شما تماماً باید توسط خودتان نوشته شده باشند. هرگونه استفاده از کد دیگران به هر شکل ممکن، تقلب محسوب می‌شود و نمره تمرین کامپیوتری جاری صفر خواهد شد. پس در هیچ صورت کدهای خود را برای دیگران ارسال نکنید.
۷. مهلت تحویل: جمعه ۳۰ دی ۱۴۰۱

۱ Envelope Detector

در این سوال قصد داریم با شبیه‌سازی یک مدار فیزیکی، پیام یک سیگنال AM را به دست بیاوریم. در صورتی که سیگنال x_c یک سیگنال مدوله‌شده باشد، با انتخاب مناسب مقادیر R و C می‌توانیم پوش سیگنال، \hat{m} را از اختلاف ولتاژ در دوسر مقاومت به دست بیاوریم و سپس با حذف مقدار DC پوش، پیام را بازیابی کنیم.



شکل ۱: Envelope Detector

پیام ارسالی را $m(t)$ می‌نامیم:

$$m(t) = \cos(5\pi t) + \sin(8\pi t) \quad (0 \leq t \leq 1)$$

۱. این پیام را با فرکانس $f_s = 10000$ Hz نمونه برداری کنید. سپس پیام را نرمالیزه کنید و با مقادیر زیر سیگنال x_c را بسازید.

$$x_c(t) = A_c(1 + \mu m(t)) \cos(2\pi f_c t) \quad (A_c = 1, \mu = 1, f_c = 1000 \text{ Hz})$$

۲. پیام $m(t)$ را به وسیله‌ی Envelope Detector از سیگنال $x_c(t)$ با مقادیر مناسب برای مقاومت و خازن به دست بیاورید.

۳. در یک نمودار، پیام، سیگنال AM ارسالی، پوش سیگنال AM به دست آمده و پیام استخراج‌شده را رسم کنید.

۲ USSB Modulation

۱. سه پیام زیر را با نرخ نمونه‌برداری $f_s = 10000$ Hz برای لحظات $0 \leq t \leq 9$ نمونه‌برداری کنید.

$$x_1(t) = (\cos(10\pi t) + \sin(12\pi t))(u(t) - u(t - 3)) \quad (f_{c1} = 500)$$

$$x_2(t) = (\cos(14\pi t) + \sin(18\pi t))(u(t - 3) - u(t - 6)) \quad (f_{c2} = 650)$$

$$x_3(t) = (\cos(5\pi t) + \sin(15\pi t))(u(t - 6) - u(t - 9)) \quad (f_{c3} = 800)$$

۲. این سه پیام را با فرکانس مرکزی مربوط به هر پیام که روبه‌روی آن نوشته‌شده بود به صورت USSB مدوله کنید و این سه سیگنال مدوله‌شده را با هم جمع کنید و به سیگنال ارسالی برسید. می‌توانید از دستور `ssbmod` استفاده کنید و یا با استفاده از تبدیل هیلبرت مدولاسیون SSB را پیاده‌سازی کنید.

۳. در یک نمودار، سه پیام، سه سیگنال مدوله‌شده و سیگنال ارسالی را رسم کنید.

۴. در یک نمودار، اندازه‌ی تبدیل فوریه‌ی سیگنال‌های قسمت قبل را رسم کنید.

۵. سیگنال ارسالی را از یک کانال نویزی بگذرانید، مقدار نویز را به گونه‌ای تنظیم کنید که $\text{SNR} = 10 \log\left(\frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}}\right) = 5$ dB شود. برای کاهش اثر نویز، از یک فیلتر میان‌گذر استفاده کنید تا نویزهایی با فرکانس خارج باند فرکانس سیگنال ارسالی حذف شوند. در یک نمودار، اندازه‌ی فوریه‌ی سیگنال دریافتی و اندازه‌ی فوریه‌ی سیگنال خروجی فیلتر میان‌گذر را رسم کنید.

۶. سه پیام ارسالی را از سیگنال خروجی فیلتر میان‌گذر استخراج کنید. در یک نمودار، سه پیام ارسالی و سه پیام دریافت شده را رسم کنید. می‌توانید از دستور `ssbdemod` استفاده کنید.

۳ FM Modulation

در این بخش می‌خواهیم با سه روش پیام ارسالی را از سیگنال مدوله‌شده‌ی FM آن به دست بیاوریم.

پیام ارسالی را $m(t)$ می‌نامیم و داریم:

$$m(t) = \sin(25\pi t) \quad (0 \leq t \leq 1)$$

۱. این پیام را با فرکانس $f_s = 10000$ Hz نمونه برداری کنید و با مقادیر زیر سیگنال FM را به کمک دستور fmmmod به دست بیاورید.

$$x_c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t + 2\pi f_\Delta \int_0^t m(\tau) d\tau) \quad (A_c = 1, f_c = 200 \text{ Hz}, f_\Delta = 30 \text{ Hz})$$

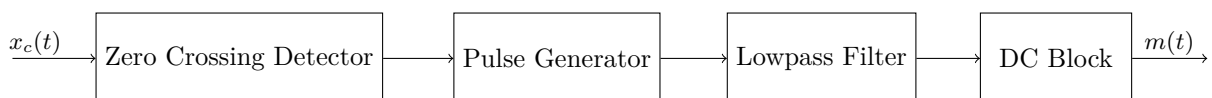
۲. با کمک دستور fmdemod سیگنال پیام را به صورت ایده‌آل بازیابی کنید.

۳. با مشتق گرفتن از سیگنال x_c خواهیم داشت:

$$x_d(t) = \frac{dx_c(t)}{dt} = -A_c(2\pi f_c + 2\pi f_\Delta m(t)) \sin(2\pi f_c t + 2\pi f_\Delta \int_0^t m(\tau) d\tau)$$

در صورتی که تغییرات فرکانس سیگنال $\sin(2\pi f_c t + 2\pi f_\Delta \int_0^t m(\tau) d\tau)$ به دلیل پیام $m(t)$ نسبت به فرکانس f_c قابل صرف نظر باشد یعنی $\frac{f_\Delta m(t)}{f_c} \approx 0$ ، می‌توانیم سیگنال x_d را یک سیگنال AM در نظر بگیریم که پوش آن حاوی پیام مورد نظر است. با کمک Envelope Detector ساخته‌شده در سوال اول با مقدارهای جدید برای مقاومت و خازن پیام را بازیابی کنید.

۴. راه دیگری آشکارسازی پیام Zero Crossing Detector است. از آن جایی که مقدار پیام در فرکانس لحظه‌ای سیگنال FM تأثیرگذار است، انتظار داریم زمانی که مقدار پیام در ماکزیمم است فرکانس لحظه‌ای زیاد باشد و بالعکس. فرکانس سیگنال را با تعداد عبور از صفر می‌توان تخمین زد. در واقع، زمانی که فرکانس زیاد است انتظار داریم سیگنال با نرخ قابل توجهی از صفر عبور پیدا کند و بالعکس. پس برای آشکارسازی پیام از سیگنال FM، می‌توانیم از بلوک دیاگرامی مانند بلوک دیاگرام شکل ۲ استفاده کنیم:



شکل ۲: Zero Crossing Detector

برای پیاده‌سازی بلوک Zero Crossing Detector می‌توانید از سیگنال $\text{sign}(x_c(t))$ مشتق بگیرید و سپس قدرمطلق سیگنال را به عنوان مکان‌هایی که از صفر گذر کردید در نظر بگیرید. خروجی این بلوک باید فقط در زمان‌هایی که عبور از صفر داشته‌ایم مقدار یک و در بقیه زمان‌ها صفر باشد. بلوک Pulse Generator باید به ازای هر گذر از صفر یک پالس مستطیلی به مدت محدود تولید کند. با استفاده از این روش پیام را بازیابی کنید.

۵. در یک نمودار، پیام، سیگنال FM پیام و پیام‌های بازیابی شده در سه روش را رسم کنید.