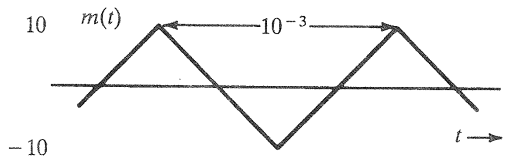
۱- ساختار فرستنده و گیرنده DSB را در نظر بگیرید. اگر اسیلاتور محلی خراب شود و ما فقط یک مولد موج مربعی با فرکانس f_c در اختیار داشته باشیم، آیا امکان آشکارسازی پیام وجود دارد؟ آیا تغییری در ساختار گیرنده لازم است؟

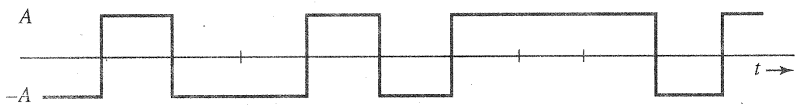
۲- سیگنال پیام زیر را با مدولاسیون AM با رابطه $[A + m(t)]\cos(۲\pi f_c t)$ در نظر بگیرید.



الف) مطلوبست رسم سیگنال مدوله شده AM با اندیس های $\mu = ۰/۵, \mu = ۱, \mu = ۲, \mu = \infty$.

ب) سیگنال پیام فوق را با $\mu = ۰/۸$ در نظر بگیرید. توان یکی از باندهای کناری را به همراه بهره توان (η) تعیین نمایید.

۳- در متن درس برای بدست آوردن بهره توان AM از سیگنال پیام تک تن استفاده شد. فرض کنید پیام ارسالی یک پیام دیجیتالی تصادفی باشد که یک نمونه از آن در شکل زیر آمده است.



الف) با فرض آنکه $\mu = ۱$ باشد، سیگنال AM مربوطه را رسم نمایید.

ب) بهره توان را برای شرایط بند قبل بدست آورید.

۴- ساختار آشکارساز پوش در دمدولاتور AM را رسم کرده و با فرض آنکه سیگنالهای حامل و پیام به ترتیب به صورت $c(t) = ۳\sin(۱۸\pi \times ۱۰^۵ t)$ و $m(t) = ۲\text{sinc}(۸۰۰۰t)$ باشند، مقدار مناسب برای ثابت زمانی دشارژ خازن را برای آشکار سازی صحیح تعیین نمایید. درصد مدولاسیون در این حالت چقدر است؟

۵- ویژگیهای زیر را در مورد تبدیل هیلبرت نشان دهید. هر بند، مستقل از بندهای دیگر، قابل پاسخ است. از نتیجه هر بند می توانید در بندهای دیگر نیز استفاده کنید.

الف) فرض کنید $x(t)$ نشان دهنده یک سیگنال باند میانی و $m(t)$ یک سیگنال باند پایه باشد و طیف این دو سیگنال هیچ همپوشانی با یکدیگر نداشته باشد. نشان دهید تبدیل هیلبرت $c(t) = m(t)x(t)$ برابر است با $\mathcal{H}\{c(t)\} = \hat{c}(t) = m(t)\hat{x}(t)$. راهنمایی: $X(f)$ را به صورت مجموع بخش های مثبت و منفی طیف بنویسید. به عبارت دیگر $X(f) = X^+(f) + X^-(f)$.

ب) نشان دهید $\mathcal{H}\{\mathcal{H}\{x(t)\}\} = -x(t)$.

ج) اگر $m(t)$ سیگنال باند پایه با پهنای باند W، و $f_c >> W$ باشد و داشته باشیم $s(t) = m(t)\cos(\omega_c t)$، $\mathcal{H}\{s(t)\}$ را بدست آورید.

د) نشان دهید هر سیگنالی بر هیلبرتش (در صورت وجود) عمود است، به عبارت دیگر داریم:

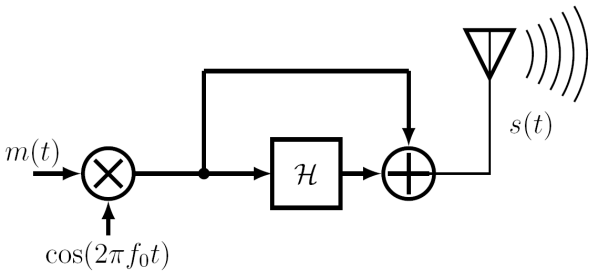
$$\int_{-\infty}^{\infty} x(t)\hat{x}(t)dt = ۰$$

۶- نشان دهید: $\mathcal{H}\{\text{sinc}(۲Wt)\} = \pi Wt\text{sinc}^۲(Wt)$

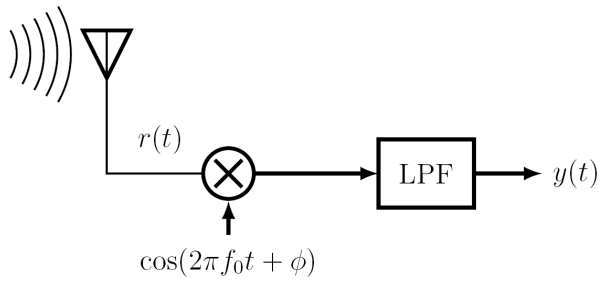
۷- نشان دهید: $\int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^۲ dt = \int_{-\infty}^{\infty} |\hat{x}(t)|^۲ dt$

۸- سیگنال پیام $m(t) = ۱۰^۴\text{sinc}(۱۰^۴ t) - ۱۰\sin(۲\pi \times ۱۰^۴ t)$ را در نظر بگیرید.

الف) طیف پیام را تعیین نموده و اندازه آن را رسم کنید.
ب) تبدیل هیلبرت این سیگنال، $\hat{m}(t)$، را تعیین نمایید. رسم لازم نیست.
ج) رابطه سیگنال مدوله شده L-SSB را برای این پیام بنویسید ($A_c = ۱$). اندازه طیف سیگنال مدوله شده را رسم کنید.
د) آیا در عمل می توان این سیگنال را توسط مدولاتور فوق ارسال کرد؟ چرا؟
هـ) توان سیگنال ارسالی توسط مدولاتور را در بند ج بدست آورید.
۹- الف) ساختار فرستنده شکل زیر را در نظر بگیرید. رابطه سیگنال ارسالی، $s(t)$، را بنویسید. چرا این سیگنال یک سیگنال باند میانی است؟ نوع مدولاسیون را نام ببرید.



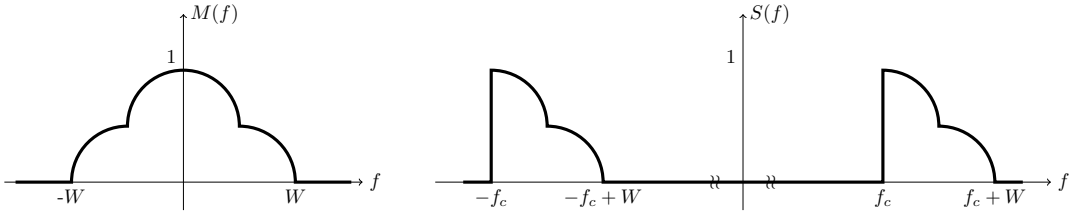
ب) با فرض ایده آل بودن کانال، اگر از ساختار گیرنده زیر برای آشکارسازی استفاده شود رابطه سیگنال خروجی گیرنده، $y(t)$، را تعیین نمایید (ϕ اختلاف فاز اسیلاتور محلی با حامل است).



۱۰- در درس اشاره شد سیگنالهای دارای تغییرات ناگهانی در اندازه، تبدیل هیلبرت های خوش فرمی ندارند. برای بررسی یک نمونه از این سیگنالها مطلوبست:
الف) تعیین تبدیل هیلبرت سیگنال $m(t) = u(t) - u(t - t_0)$ که در آن $t_0 > 0$ است. (راهنمایی: از حوزه زمان استفاده کنید.)
ب) شکل اندازه طیف سیگنال مدوله شده U-SSB را برای سیگنال پیام داده شده رسم نمایید.
ج) شکل زمانی سیگنال مدوله شده U-SSB را برای پیام داده شده در بند الف بنویسید.
د) تمام بندهای الف تا ج را برای پیام $m(t) = ۳\sin\omega_{m1}t + ۴\cos\omega_{m2}t$ تکرار کنید.
۱۱- فرض کنید $m(t) = \text{sinc}^2(t)$ و داشته باشیم $g(t) = m(t)\sin(\omega_c t) + \hat{m}(t)\cos(\omega_c t)$ که در این رابطه $\hat{m}(t) = \mathcal{H}\{m(t)\}$ است.
الف) مطلوبست تعیین $\hat{m}(t)$ و رسم اندازه و فاز طیف آن. همچنین با توجه به طیف بدست آمده، در مورد ویژگی زوج یا فرد بودن $\hat{m}(t)$ اظهار نظر کنید.
ب) با یادآوری اینکه تبدیل هیلبرت $m(t)\cos(\omega_c t)$ به صورت $m(t)\sin(\omega_c t)$ است، $\hat{g}(t)$ را تعیین کنید.
ج) مطلوبست تعیین $G(f)$، رسم $|G(f)|$ و تعیین پهنای باند $g(t)$. این مدولاسیون شبیه کدامیک از مدولاسیونهاست؟ چرا؟
د) اگر سیگنال ارسالی را به صورت $s(t) = g(t) + \hat{g}(t)$ تعریف کنیم، گیرنده ای طراحی کنید که با دریافت سیگنال $s(t)$، در خروجی سیگنال $m(t) + \hat{m}(t)$ را آشکار نماید. راهنمایی: از تحلیل زمانی کمک بگیرید.
هـ) گیرنده ای طراحی کنید که با دریافت $s(t)$، سیگنال پیام $m(t)$ را آشکار نماید.

و) فرض کنید $s(t) = g(t) = m(t)\sin(\omega_c t) + \hat{m}(t)\cos(\omega_c t)$ باشد. با انجام چه تغییری در $s(t)$ می توان در گیرنده با استفاده از یک آشکارساز پوش سیگنال پیام را بازیابی کرد؟ نحوه بازیابی را با ذکر روابط مربوطه تشریح کنید.

۱۲ - طیف سیگنال پیام و سیگنال مدوله شده آن را طبق شکلهای صفحه بعد در نظر بگیرید. با تعریف $M^+(f) = M(f)u(f)$ که در آن $u(.)$ تابع پله است،



الف) $m^+(t)$ را تعیین کرده و آن را به ساده ترین شکل ممکن بیان نمایید.

ب) $s(t)$ را تعیین کرده و آن را به ساده ترین شکل ممکن بیان نمایید.

ج) نشان دهید $m(t)$ بر $s(t)$ عمود است.

۱۳ - در یک مدولاتور QAM، فرض کنید $m_1(t) = m_2(t) = m(t)$ است.

الف) رابطه سیگنال مدوله شده را نوشته و آن را ساده کنید.

ب) ساده ترین گیرنده ممکن را برای آشکارسازی $m(t)$ پیشنهاد داده و صحت عملکردش را بررسی کنید.

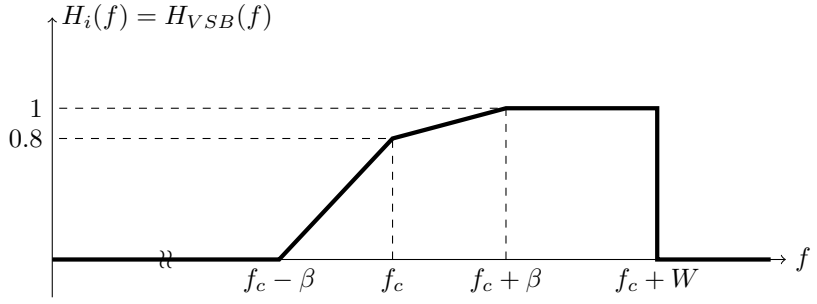
۱۴ - دانشجویی علاقه مند است بداند در صورت اضافه کردن یک حامل به سیگنال مدوله شده QAM، $S_{QAM}(t) = m_1(t)\cos\omega_c t + m_2(t)\sin\omega_c t$ ،آیا در گیرنده می توان از آشکارسازی پوش استفاده کرد و در اینصورت چه سیگنالی آشکار خواهد شد؟

الف) با فرض آنکه حامل ارسالی به صورت $c(t) = A\cos\omega_c t$ باشد خروجی آشکارساز را تعیین نمایید. ($|m_1(t)| \ll A$)

ب) با فرض آنکه حامل ارسالی به صورت $c(t) = A\sin\omega_c t$ باشد خروجی آشکارساز را تعیین نمایید. ($|m_2(t)| \ll A$)

ج) با فرض آنکه $c(t) = A\cos(\omega_c t + \theta)$ باشد خروجی آشکارساز را تعیین نمایید. شرط مناسب برای آشکارسازی صحیح را تعیین کنید.

۱۵ - بخش مثبت طیف فیلتر مورد استفاده در یک مدولاتور VSB با حامل $c(t) = 2\cos(\omega_c t)$ برای پیام با پهنای باند W به صورت نشان داده شده در شکل زیر است،

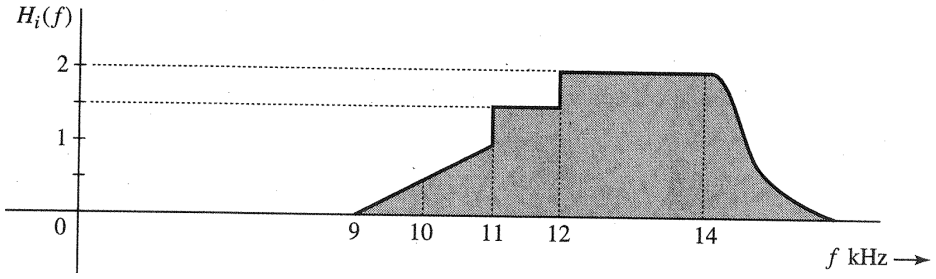


الف) بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده VSB را رسم کنید.

ب) پاسخ فرکانسی فیلتری که در سمت گیرنده باید برای آشکارسازی صحیح پیام مورد استفاده قرار گیرد، $H_o(f)$، را بدست آورده و آن را رسم کنید.

ج) اگر کانال LTI و دارای پاسخ ضربه $h(t) = \delta(t) - \frac{1}{2}\delta(t - \Delta)$ باشد، مطلوبست تعیین ساختار گیرنده به گونه ای که پیام به درستی دریافت گردد. (در طراحی اکولایزر از جملات با دامنه کمتر از ۰/۱ صرفنظر کنید.)

د) اگر پیام ارسالی به صورت $m(t) = \text{sinc}(۲Wt)$ باشد، مطلوبست رسم اندازه طیف سیگنال مدوله شده، $|S_{VSB}(f)|$. برای پیام داده شده چگالی طیف انرژی ، ESD، و انرژی سیگنال مدوله شده را بدست آورید.
هـ) اگر پیام ارسالی به صورت $m(t) = \cos(\pi\beta t)$ باشد، مطلوبست تعیین توان خروجی مدولاتور.
و) اگر $m(t) = ۰$ باشد و بدانیم نویز $n(t)$ با تابع خودهمبستگی $R_n(\tau) = \frac{N_۰}{۲}\delta(\tau)$ وارد فیلتر نشان داده شده در شکل بالا، $H_i(f)$، شود مطلوبست تعیین چگالی طیف توان، PSD، خروجی فیلتر. توان خروجی فیلتر را در این حالت تعیین کنید.
۱۶ - الف) فیلتر $H_i(f)$ با پاسخ فرکانسی داده شده در یک مدولاتور VSB مورد استفاده قرار گرفته است. اگر فرکانس حامل $f_c = ۱۰KHz$ باشد و پهنای باند پیام $B = ۴KHz$ باشد، پاسخ فرکانسی فیلتر ترازگری که باید در سمت گیرنده مورد استفاده قرار گیرد، $H_o(f)$، تا پیام آشکارشده بدون اعوجاج باشد را رسم کنید.



ب) اگر سیگنال مدوله شده VSB فوق، $x(t)$، وارد کانالی دوراهه با رابطه ورودی-خروجی

$$y(t) = x(t - t_d) + \frac{۱}{۲}x(t - t_d - \tau)$$

شود، ترازگر کانال، $H_{eq}(f)$، را چنان طراحی کنید که سیگنال دریافتی در گیرنده فقط به اندازه t_d تاخیر داشته باشد. در طراحی ترازگر از جملات با دامنه کمتر از ۰/۱ صرفنظر کنید.
ج) رابطه ورودی-خروجی کانال در بند ب را در نظر بگیرید. چگالی طیف توان خروجی را بر حسب چگالی طیف توان ورودی تعیین کرده و با کمک آن تابع خودهمبستگی خروجی را بر حسب تابع خودهمبستگی ورودی بدست آورید.

موفق باشید، قربان صباغ