

Exercícios: semana 11

EE881 – Princípios de Comunicações I

1º semestre 2022

Exercício 7.3 (Representações equivalentes)

Um sinal real $x(t)$ em banda passante pode ser escrito como

$$x(t) = \sqrt{2} \Re\{x_E(t)e^{j2\pi f_c t}\},$$

onde $x_E(t)$ é o sinal equivalente em banda base (complexo, em geral) com respeito à frequência portadora f_c . Além disso, um sinal complexo $x_E(t)$ pode ser escrito em termos de dois sinais reais, quer como $x_E(t) = u(t) + jv(t)$, quer como $x_E(t) = \alpha(t) \exp(j\beta(t))$.

- (a) Mostre que um sinal real $x(t)$ em banda passante pode sempre ser escrito como

$$x_{EI}(t) \cos(2\pi f_c t) - x_{EQ}(t) \sin(2\pi f_c t)$$

e relacione $x_{EI}(t)$ e $x_{EQ}(t)$ —chamados componentes *em fase* e *em quadratura*—com $x_E(t)$. Nota: essa expressão permite produzir $x(t)$ sem realizar operações complexas.

Exercício 7.3 (Representações equivalentes)

- (b) Mostre que um sinal real $x(t)$ em banda passante pode sempre ser escrito como

$$a(t) \cos[2\pi f_c t + \theta(t)]$$

e relacione $x_E(t)$ com $a(t)$ e $\theta(t)$. Nota: isso explica a afirmação de que um sinal em banda passante é modulado em amplitude e em fase.

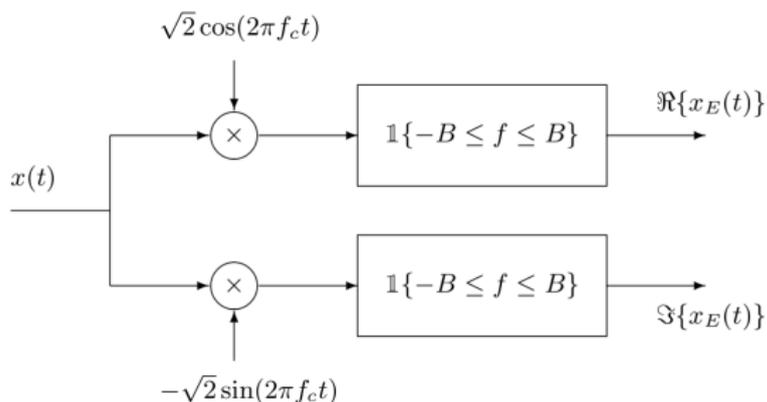
- (c) Use o item (b) para encontrar o equivalente em banda base do sinal

$$x(t) = A(t) \cos(2\pi f_c t + \varphi),$$

onde $A(t)$ é um sinal real de baixa frequência.

Exercício 7.5 (De banda passante para banda base via operações reais)

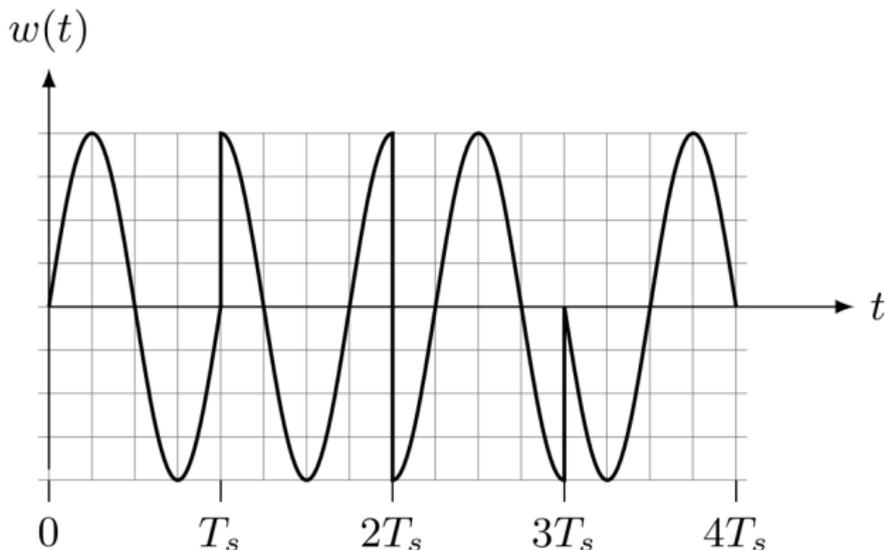
Seja o sinal $x_E(t)$ limitado em banda a $[-B, B]$ e seja $x(t) = \sqrt{2}\Re\{x_E(t)e^{j2\pi f_c t}\}$, com $0 < B < f_c$. Mostre que o circuito abaixo, quando alimentado com $x(t)$, recupera as partes real e imaginária de $x_E(t)$. Nota: o circuito realiza apenas operações reais.



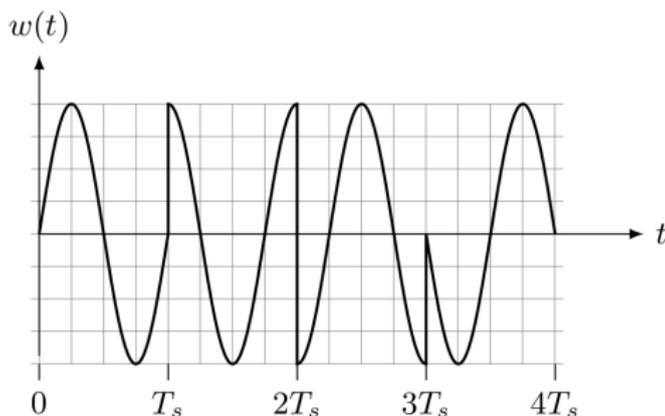
$\mathbb{1}\{-B \leq f \leq B\}$ denota um filtro passa-baixas ideal de frequência de corte B .

Exercício 7.6 (Engenharia reversa)

A figura abaixo mostra um sinal de brinquedo em banda passante. A escala horizontal é de 1 ms por quadrado, e a escala vertical é de 1 unidade por quadrado. Especifique as três camadas de um transmissor que gera esse sinal, a saber, o seguinte.



Exercício 7.6 (Engenharia reversa)



- (a) A frequência portadora f_c usada pelo conversor para altas.
- (b) A base ortonormal usada pelo formador de formas de onda para produzir o sinal equivalente em banda base $w_E(t)$.
- (c) O alfabeto de símbolos, visto como subconjunto de \mathbb{C} .
- (d) Uma função de codificação, a sequência de entrada do codificador que produz $w(t)$, a taxa de bit, a sequência de saída do codificador e a taxa de símbolo.

Exercício 7.11 (Constelação real *versus* complexa)

Considere 2-PAM e 4-QAM. A fonte produz bits de fonte i.i.d. uniformemente distribuídos em $\{\pm 1\}$, e as constelações são $\{\pm 1\}$ e $\{\pm 1 \pm j\}$, respectivamente. Para o 2-PAM, o mapeamento entre bits de fonte b_i e símbolos de canal s_i é $b_i \mapsto s_i = \sqrt{\mathcal{E}_s} b_i$. Para o 4-QAM, pares de bits são mapeados em símbolos como $(b_{2i}, b_{2i+1}) \mapsto s_i = \sqrt{\mathcal{E}_s}(b_{2i} + jb_{2i+1})$.

Os símbolos são mapeados em um sinal via símbolo-a-símbolo em um trem de pulsos, com o pulso real, normalizado e ortogonal a suas translações por múltiplos de T . O canal adiciona ruído gaussiano branco de densidade espectral de potência $N_0/2$. O receptor implementa um decodificador ML.

Exercício 7.11 (Constelação real *versus* complexa)

Para cada sistema, determine (se possível) e compare o seguinte.

- (a) A taxa de erro de bit P_b .
- (b) A energia por símbolo \mathcal{E}_s .
- (c) A variância σ^2 do ruído visto pelo decodificador. Quando os símbolos são reais, o decodificador ignora a parte imaginária de Y ; o que importa é a variância da parte real do ruído.
- (d) A razão de potência símbolo por ruído $\frac{\mathcal{E}_s}{\sigma^2}$. Escreva-a também como função da potência P e de N_0 .
- (e) A largura de banda.
- (f) A expressão para os sinais na saída do formador de forma de onda como uma função da sequência de bits produzida pela fonte.
- (g) A taxa de bits R .

Faça um resumo comparando os dois sistemas do ponto de vista do usuário.