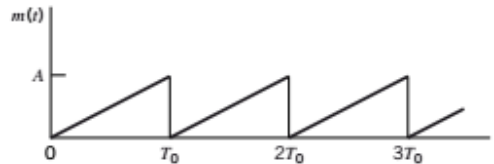


Princípios de Comunicação – P2

PROBLEMAS

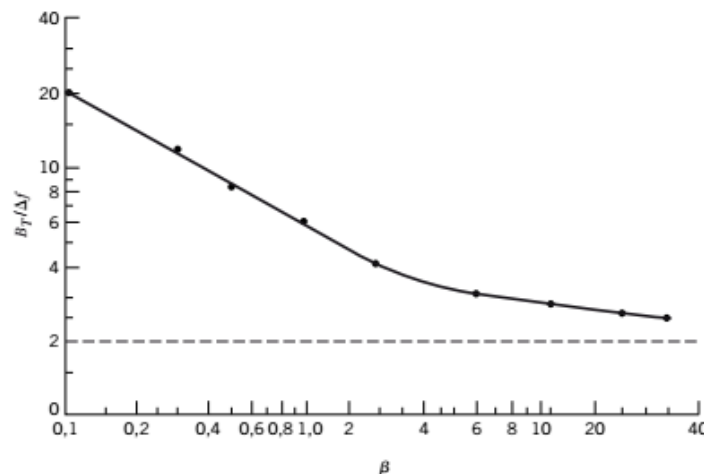
1. Esboce as ondas PM e FM produzidas pela onda dente de serra mostrada abaixo.



2. Um sinal FM com índice de modulação $\beta=1$ é transmitido através de um filtro passa-faixa ideal com frequência de banda média f_c e largura de banda $5f_m$ em que f_c é a frequência da portadora e f_m é a frequência da onda modulante senoidal. Determine o espectro de magnitude da saída do filtro.

3. Uma onda portadora de frequência 100MHz é modulada em frequência por uma onda senoidal de amplitude 20 volts e frequência 100kHz. A sensibilidade à frequência modulante é de 25kHz por volt.

- Determine a largura de banda aproximada do sinal FM utilizando a regra de Carson.
- Determine a largura de banda quando se transmitem somente as frequências laterais cujas amplitudes excedam 1% da amplitude da portadora não modulada. Utiliza a curva universal abaixo:



- Repita seus cálculos assumindo que a amplitude do sinal modulante seja dobrada.
- Repita seus cálculos assumindo que a frequência de modulação seja dobrada.

4. Um sinal FM com desvio de frequência de 10kHz em uma frequência de modulação de 5kHz é aplicado a dois multiplicadores de frequência conectados em cascata. O primeiro multiplicador dobra a frequência e o segundo multiplicador triplica a frequência. Determine o desvio de frequência e o índice de modulação do sinal FM obtido na saída do segundo multiplicador. Qual é a frequência de separação das frequências laterais adjacentes desse sinal FM?

5. A figura abaixo mostra o diagrama de blocos de um analisador espectral de tempo real que trabalha baseado nos princípios da modulação em frequência. O sinal $g(t)$ e um sinal modulado em frequência $s(t)$ são aplicados a um multiplicador e a saída $g(t)s(t)$ é aplicada a um filtro de resposta ao impulso $h(t)$. Tanto $s(t)$ quanto $h(t)$ são sinais FM lineares e cujas frequências instantâneas variam com taxas opostas, como mostrado pelas relações a seguir:

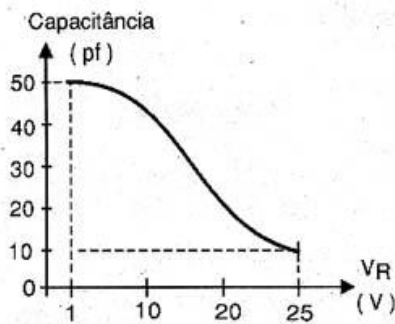
$$s(t) = \cos(2\pi f_c t - \pi k t^2)$$

$$h(t) = \cos(2\pi f_c t + \pi k t^2)$$

em que k é uma constante. Verifique se a envoltória da saída do filtro é proporcional ao espectro de magnitude do sinal de entrada $g(t)$ com kt exercendo o papel da frequência f . (dica: utilize a notação complexa para análise de sinais passa-faixa e filtros passa-faixa).



6. Um diodo conhecido como *varicap* (diodo com capacitância variável, isto é, sintonizável) é um tipo de diodo cuja capacitância varia com a tensão aplicada em seus terminais. Um transmissor FM usa um indutor de $25 \mu\text{H}$ e um *varicap*, cuja curva característica é representada na figura abaixo, para gerar a onda portadora.



Determinar:

- A tensão de polarização DC (V_R) do varicap para o melhor aproveitamento de sua região linear de operação.
- A frequência da portadora na qual o circuito oscila.
- A constante k_f deste circuito modulador.
- O valor máximo de pico do sinal modulante, sem que haja distorção por não linearidade.
- O máximo desvio de frequência sem distorção.
- O índice de modulação na situação de máximo desvio de frequência e sinal modulante de 20 kHz.

Problema Computacional

```

fc = 100; % Frequência de portadora (kHz)
Fs = 1024; % Taxa de amostragem (kHz)
fm = 1; % Frequência modulante (kHz)
Ts = 1/Fs; % Período de amostragem (ms)
t = [0:Ts:120]; % Período de observação (ms)
m = cos(2*pi*fm*t); % Sinal modulante
beta = 1.0; % Índice de modulação
theta = 2*pi*fc*t + 2*pi*beta*cumsum(m)*Ts; % Sinal integrado
s = cos(theta);
FFTsize = 4096;
S = spectrum(s,FFTsize);
Freq = [0:Fs/FFTsize:Fs/2];
subplot(2,1,1), plot(t,s), xlabel('Tempo (ms)'), ylabel('Amplitude');
axis([0 0.5 -1.5 1.5]), grid on
subplot(2,1,2), stem(Freq,sqrt(S/682))
xlabel('Frequência (kHz)'), ylabel('Espectro de Magnitude');
axis([95 105 0 1]), grid on
    
```

Neste problema, simulamos o espectro produzido por um modulador FM com entrada $A_m \sin(2\pi f_m t)$. Sugere-se que o seguinte script em Matlab seja utilizado para simular o modulador FM, se tiver uma versão mais antiga do Matlab. Para versões mais novas, o comando `spectrum` é obsoleto. No help da Mathworks existem alguns exemplos de códigos de modulador FM. Reproduzi alguns abaixo.

- Para os índices de modulação de 1, 2, 5 e 10, determine a potência nos harmônicos da frequência modulante em torno da portadora (ignore os lóbulos laterais). Quantas frequências laterais são requeridas para 90% da potência em cada caso?

b) Para qual índice de modulação mínimo a potência na frequência de portadora é reduzida a zero?

MATLAB code for Frequency Modulation (FM)

version 1.0.0.0 (1.43 KB) by [Md. Salim Raza](#)

MATLAB Code for Frequency Modulation (FM) with Control of Modulation Index (mf)

%A frequency-modulated signal can be generated using the following MATLAB code:

```
clc
clear all
close all
t = 0:255;
t = t/256;
f = 2;
fc = 20;
beta = 5;
m = sin(2*pi*f*t);
xc = cos(2*pi*fc*t + beta*m);
plot (t,xc)
```

Frequency Modulation (FM)

version 1.0.0.0 (1.23 KB) by [Nikhil Prathapani](#)

FM is the encoding of information in a carrier by varying the instantaneous frequency of the wave

```
%FM generation
clc;
clear all;
close all;
fc=input('Enter the carrier signal freq in hz,fc=');
fm=input('Enter the modulating signal freq in hz,fm =');
m=input('Modulation index,m= ');
t=0:0.0001:0.1;
c=cos(2*pi*fc*t);%carrier signal
M=sin(2*pi*fm*t);% modulating signal
subplot(3,1,1);plot(t,c);
ylabel('amplitude');xlabel('time index');title('Carrier signal');
subplot(3,1,2);plot(t,M);
ylabel('amplitude');xlabel('time index');title('Modulating signal');
y=cos(2*pi*fc*t-(m.*cos(2*pi*fm*t)));
subplot(3,1,3);plot(t,y);
ylabel('amplitude');xlabel('time index');title('Frequency Modulated signal');
fs=10000;
p=fmdemod(y,fc,fs,(fc-fm));
figure;
subplot(1,1,1);plot(p);
```