



Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Elétrica
FEELT

Resolução da Lista de Exercícios 2

Trabalho de Princípios de Comunicação
por

Lesly Viviane Montúfar Berrios
11811ETE001

Prof. Lorenzo Santos Vasconcelos
Uberlândia, Outubro / 2020

Sumário

1	Exercício 1	2
2	Exercício 2	8
3	Anexos	20
3.1	Código correspondente ao exercício 1 e 2	20

1 Exercício 1

É apresentado um circuito modulador e a análise é feita pelo código do anexo Anexo 3.1. O gráfico o sinal modeulante $m(t)$ e da portadora $c(t)$ é apresentado na Figura 1. As tensões $v_1(t)$ e $v_2(t)$, na saída do somador e do diodo respectivamente, possuem comportamento descrito na Figura 2. O espectro do sinal $v_1(t)$, $v_2(t)$ e $y(t)$ (sinal modulado) estão ilustrados nas Figuras 3, 4 e 6.

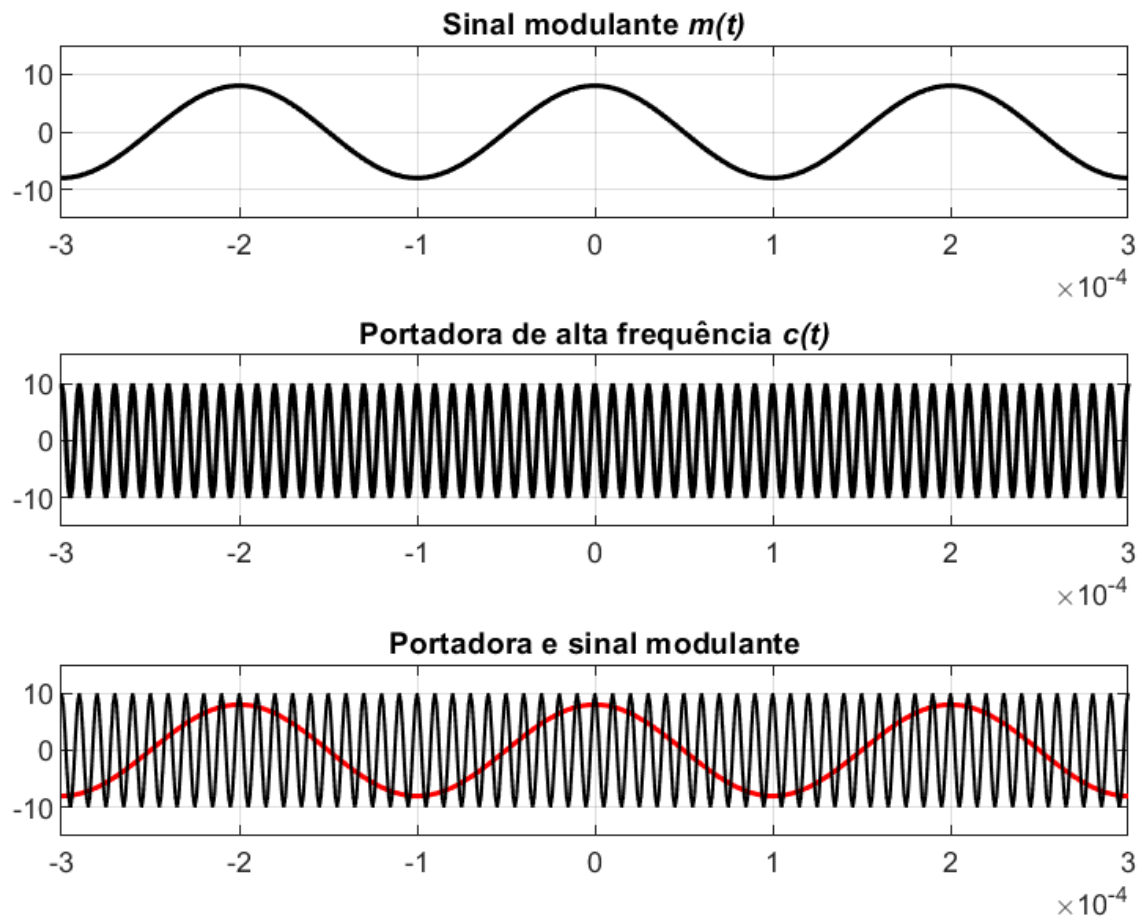


Figura 1: Sinal modulante $m(t)$ e da portadora $c(t)$.

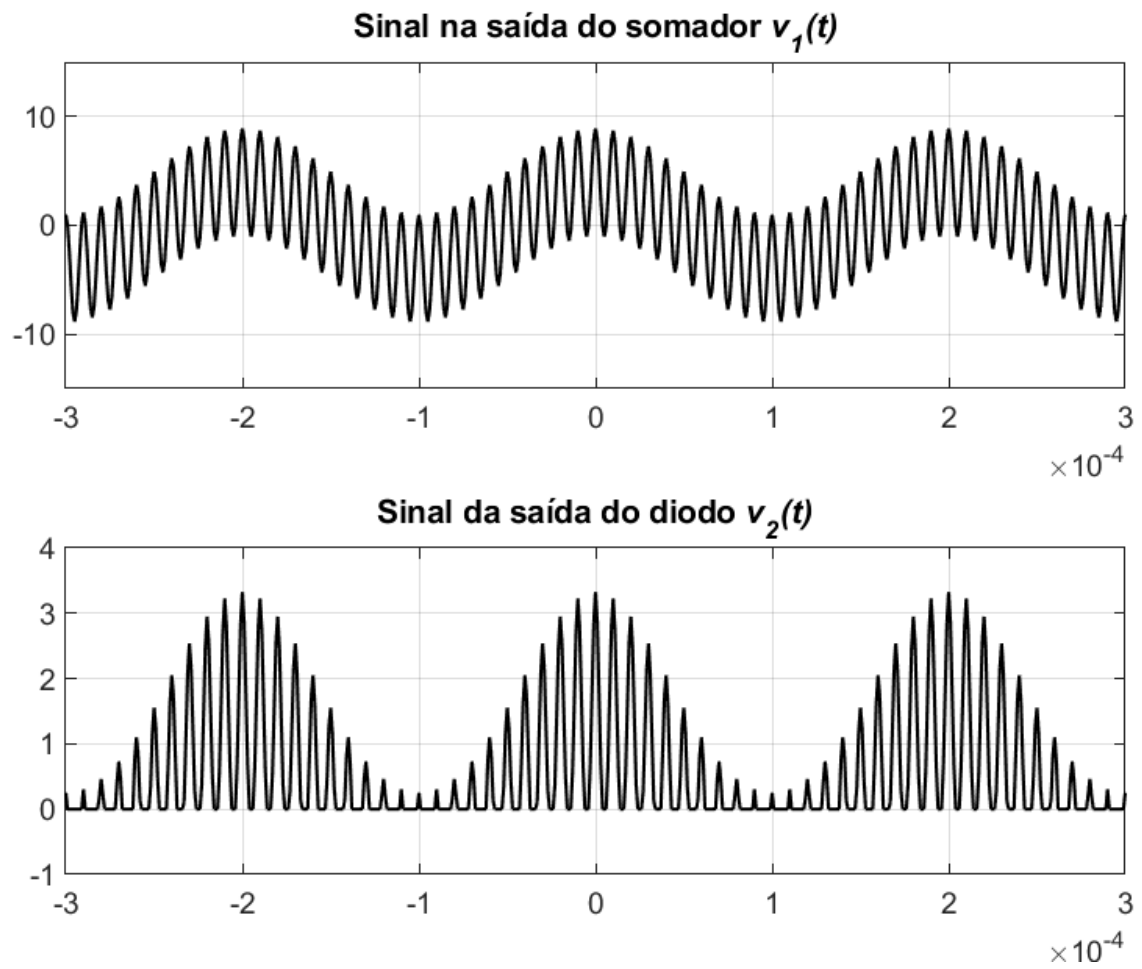


Figura 2: Sinal de tensão no ponto 1, $v_1(t)$, e no ponto 2, $v_2(t)$.

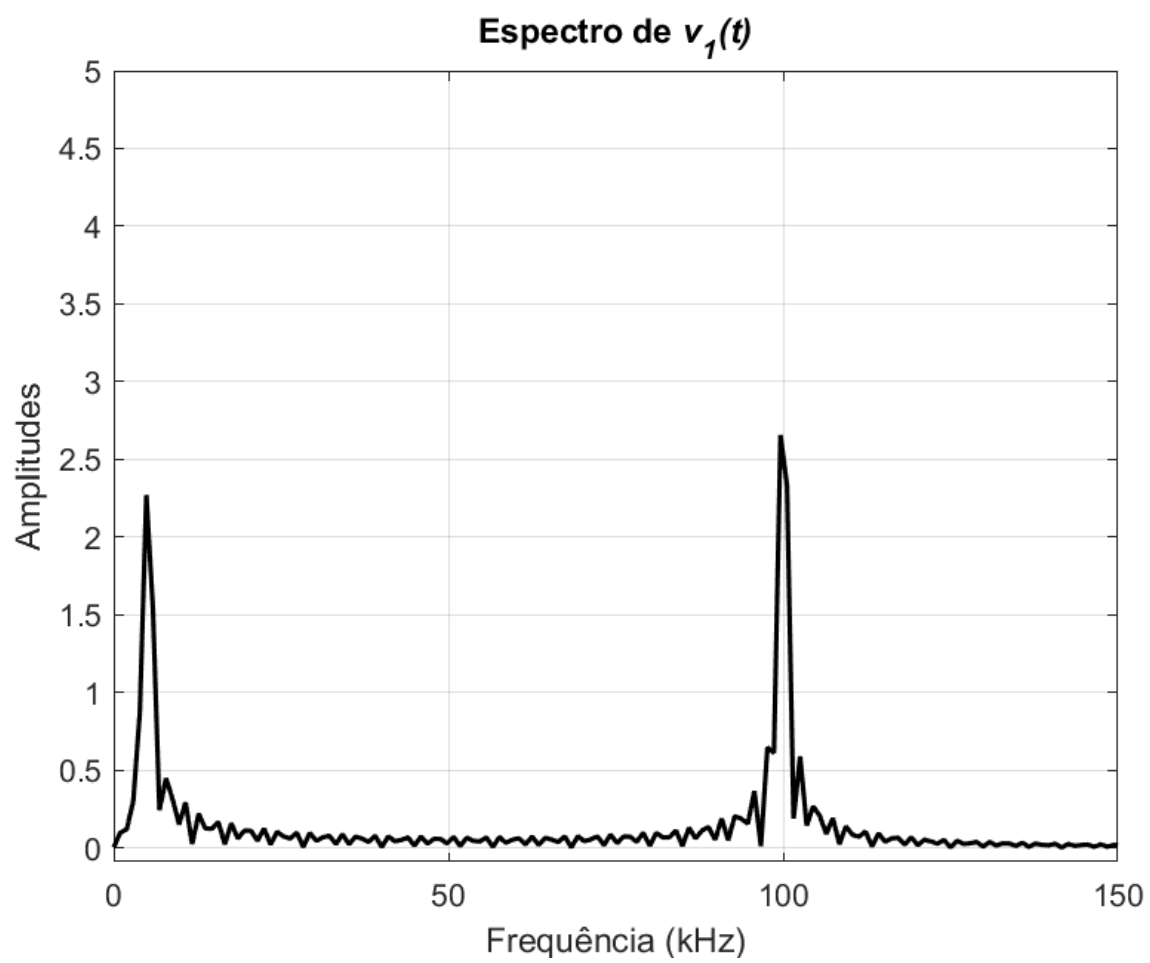


Figura 3: Espectro de frequência na saída do somador.

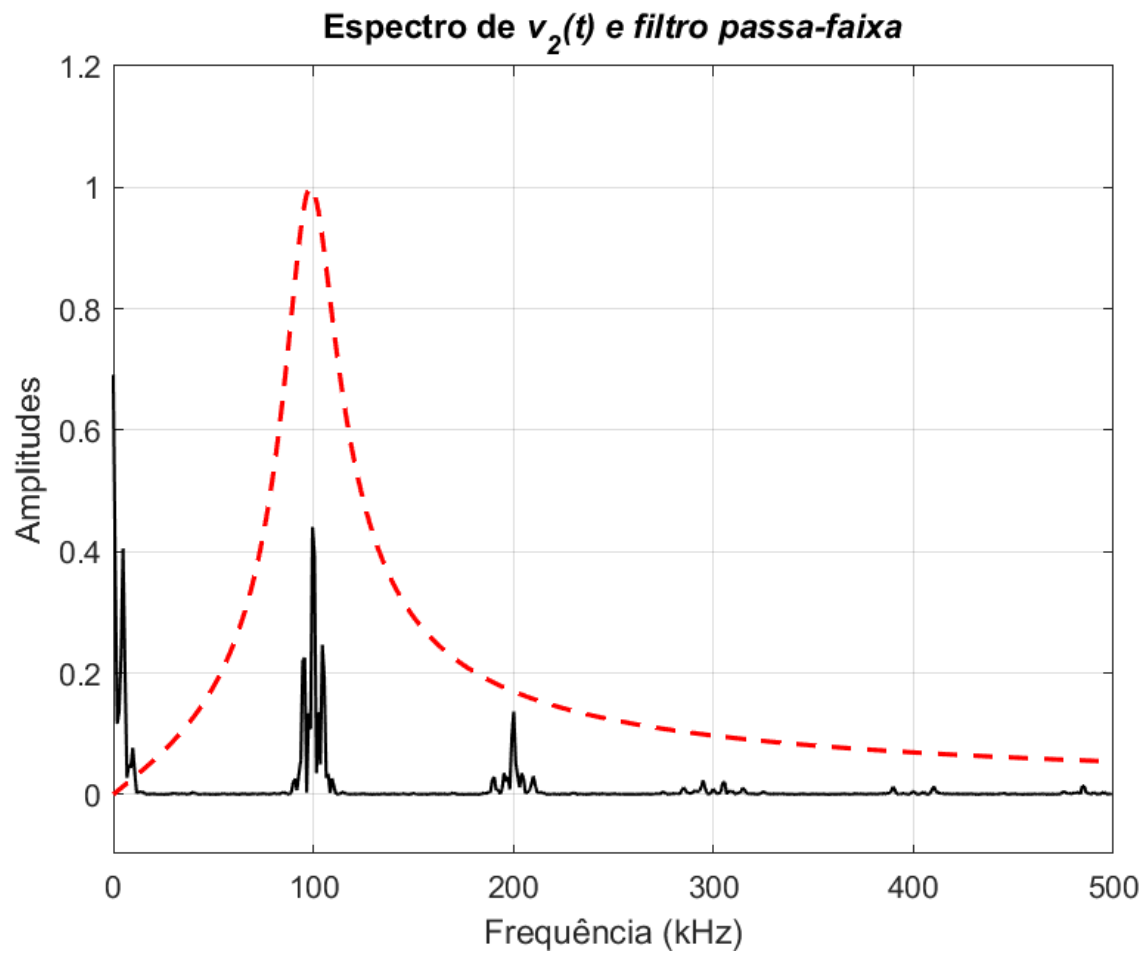


Figura 4: Espectro de frequência na saída do diodo.

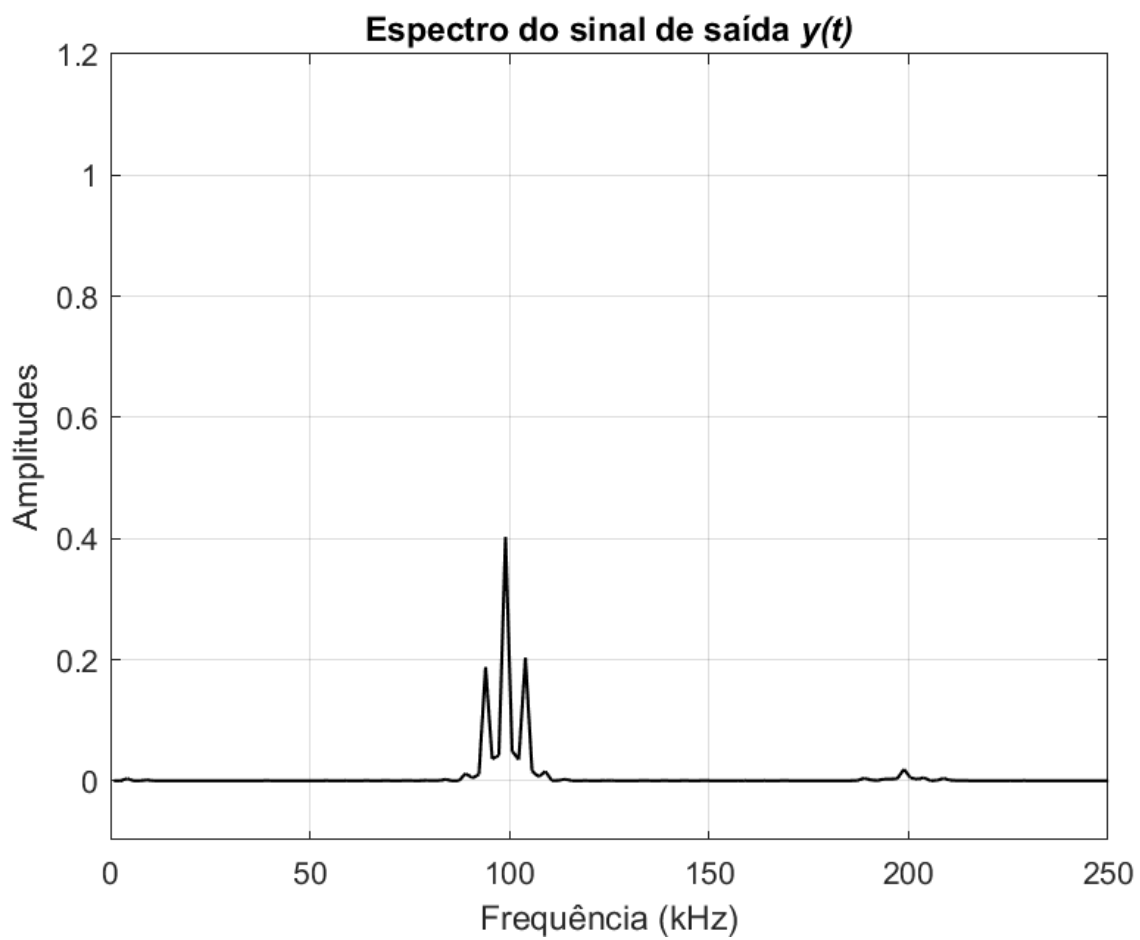


Figura 5: Espectro de frequência na saída do diodo.

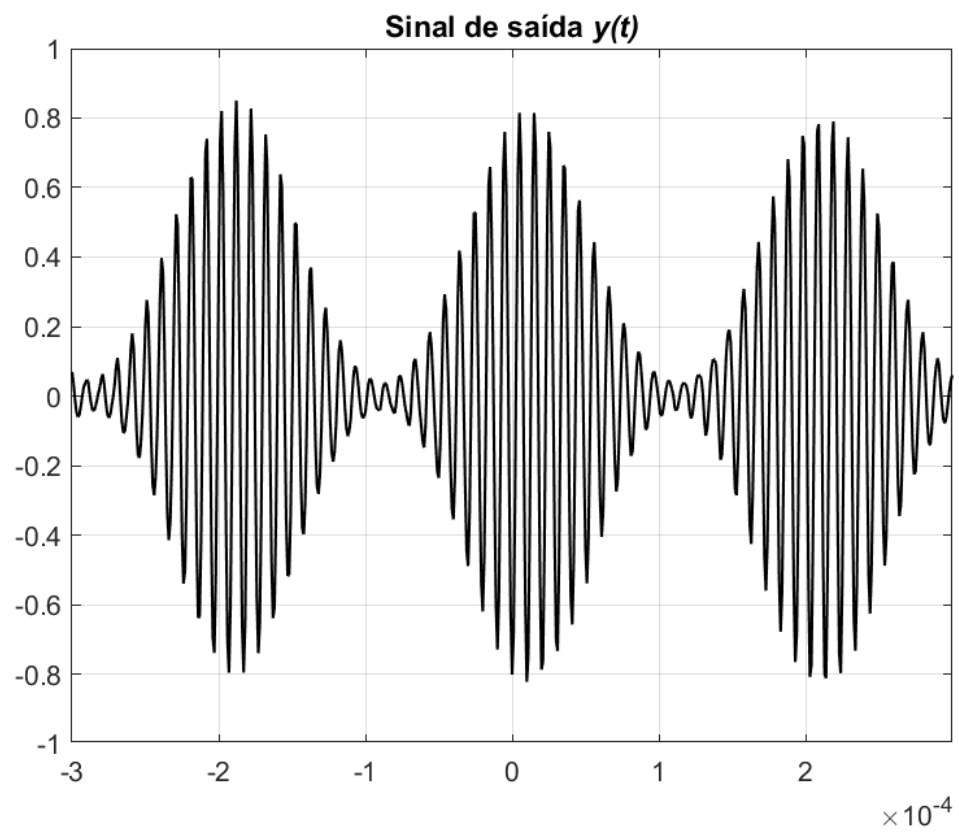


Figura 6: Sinal modulado.

2 Exercício 2

Usando o demodulador apresentado com $C = 10nF$ obtém-se os gráficos das Figuras 7, 8, 9 e 10.

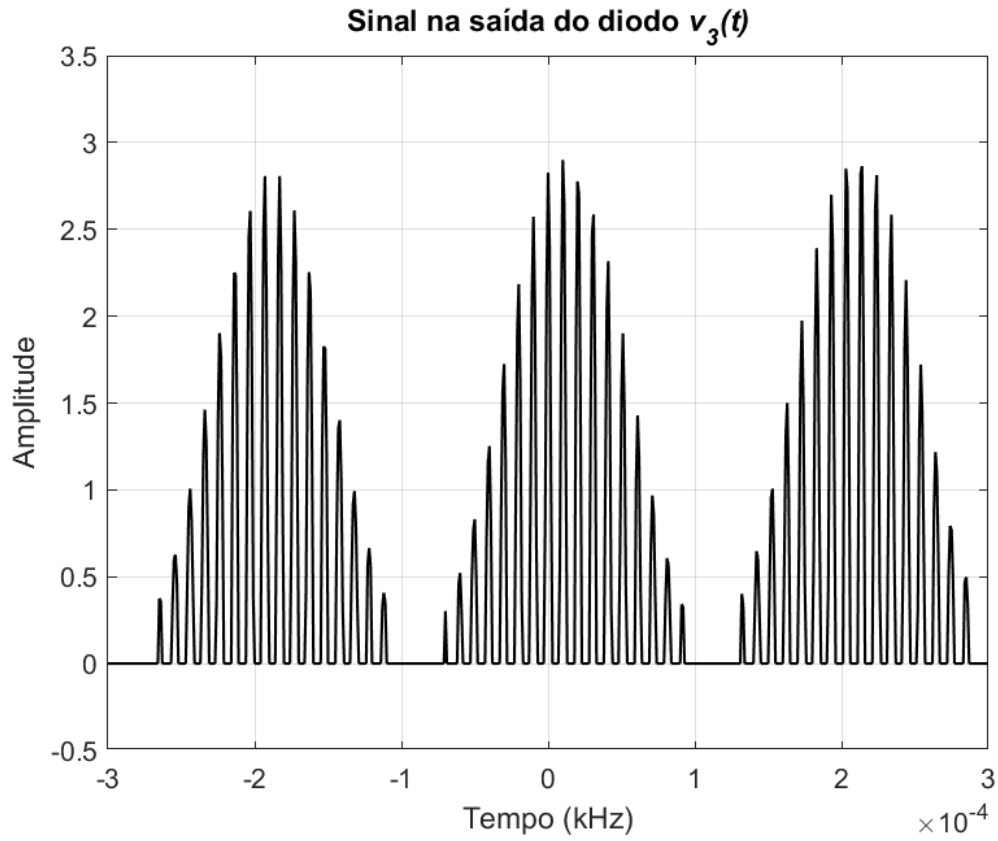


Figura 7: Sinal de saída do diodo.

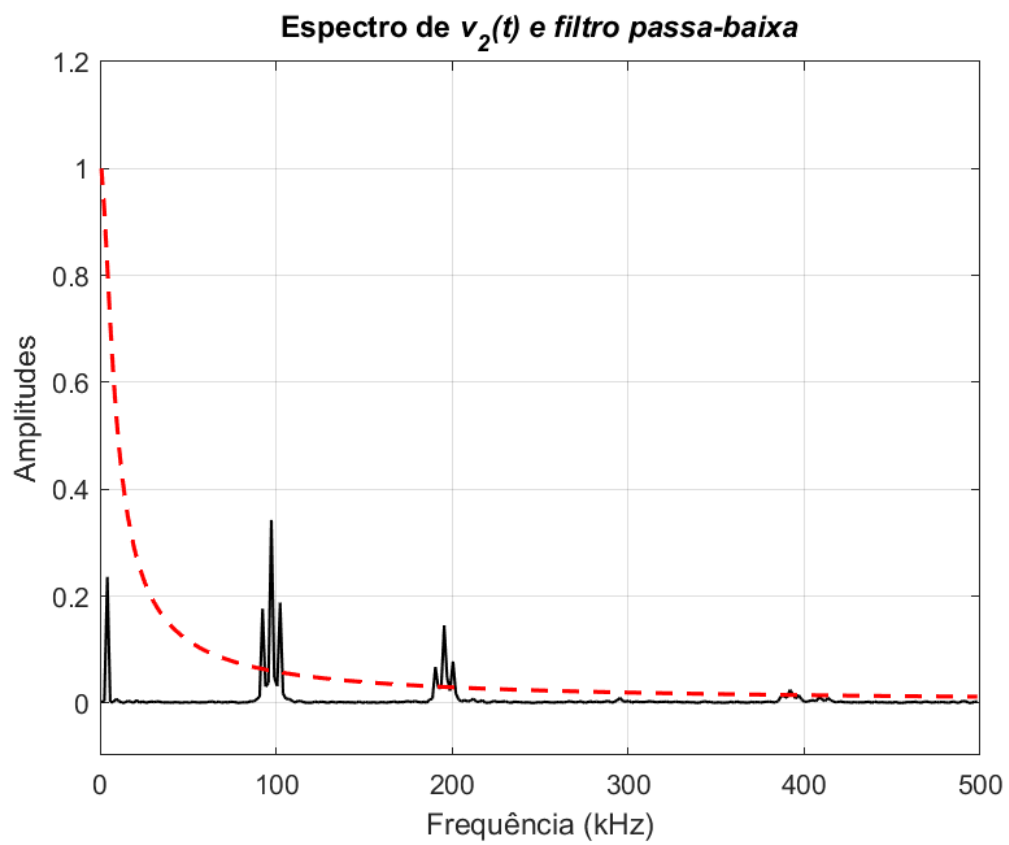


Figura 8: Espectro do sinal de saída do diodo.

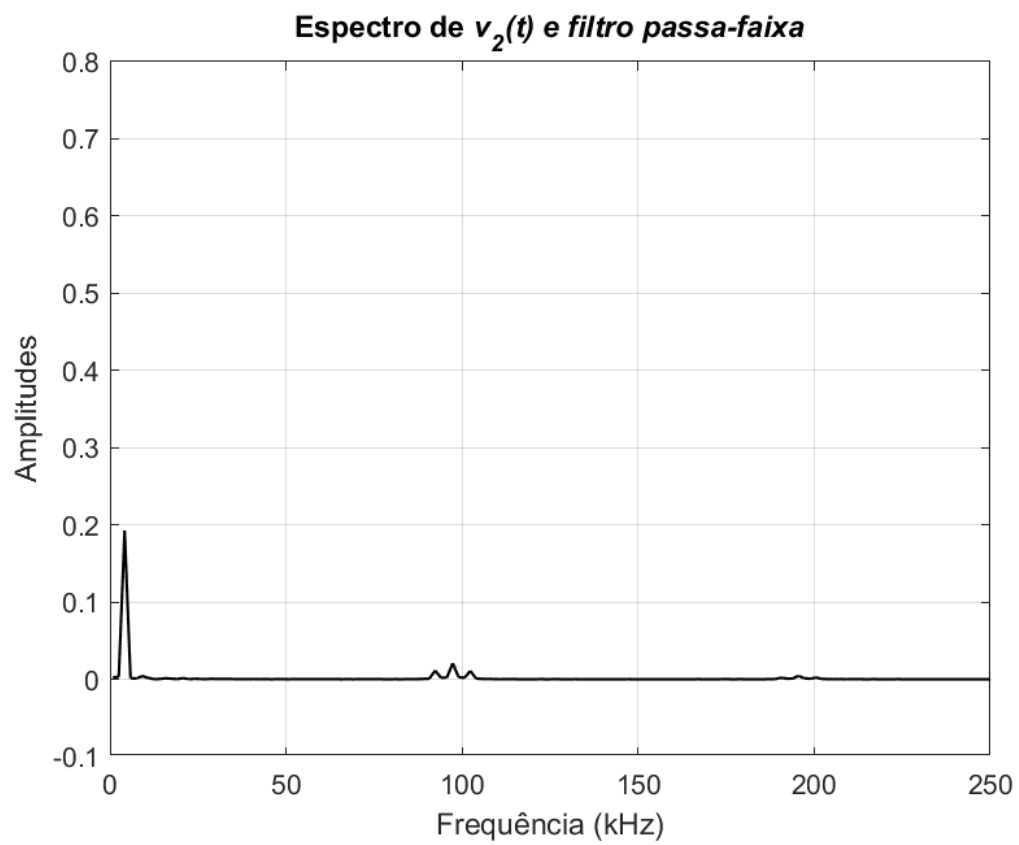


Figura 9: Espectro do sinal de saída.

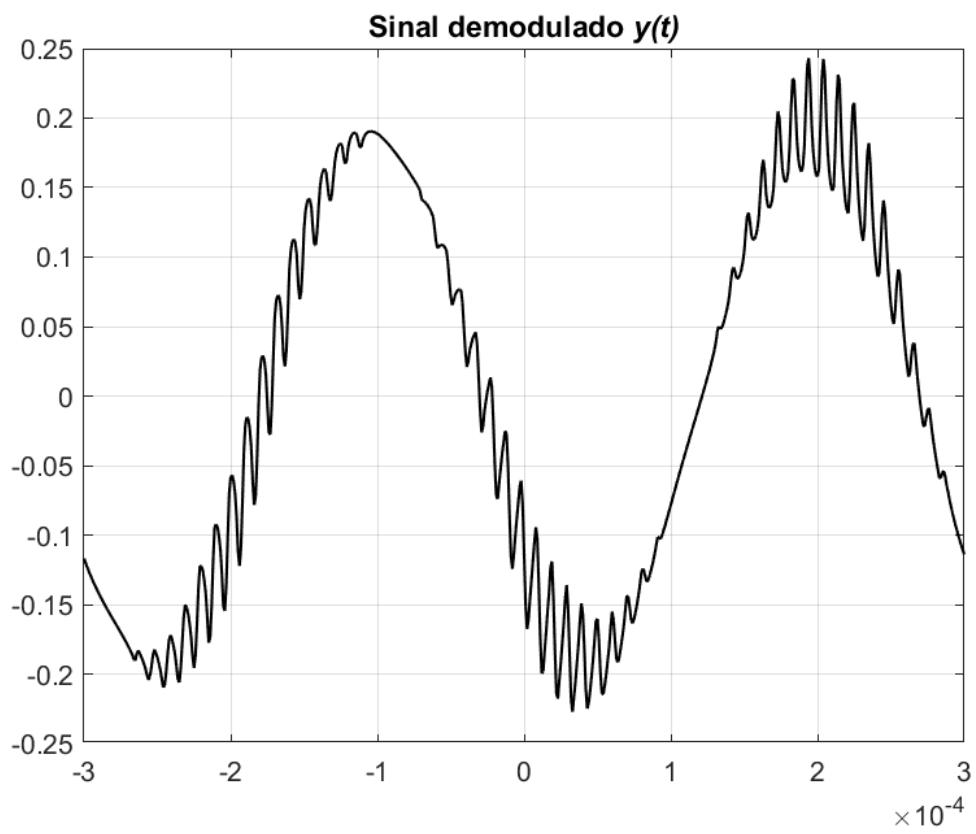


Figura 10: Sinal de saída no tempo.

Usando o demodulador apresentado com $C = 1nF$ obtém-se os gráficos das Figuras 11, 12, 13 e 14.

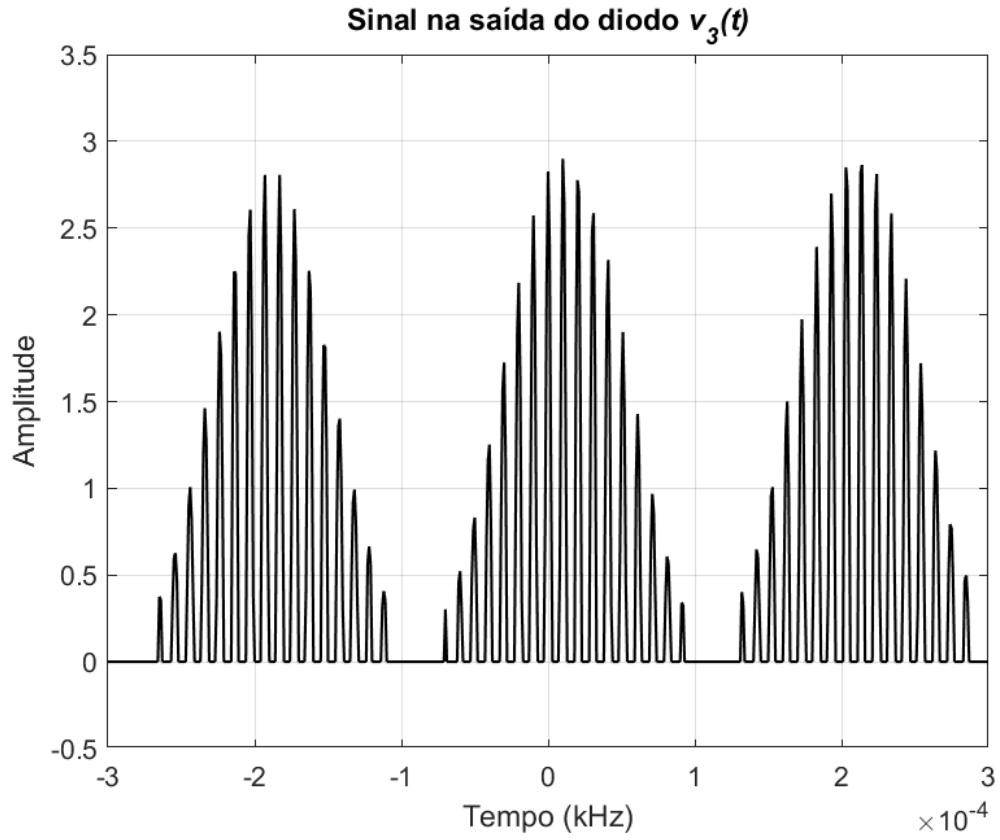


Figura 11: Sinal de saída do diodo.

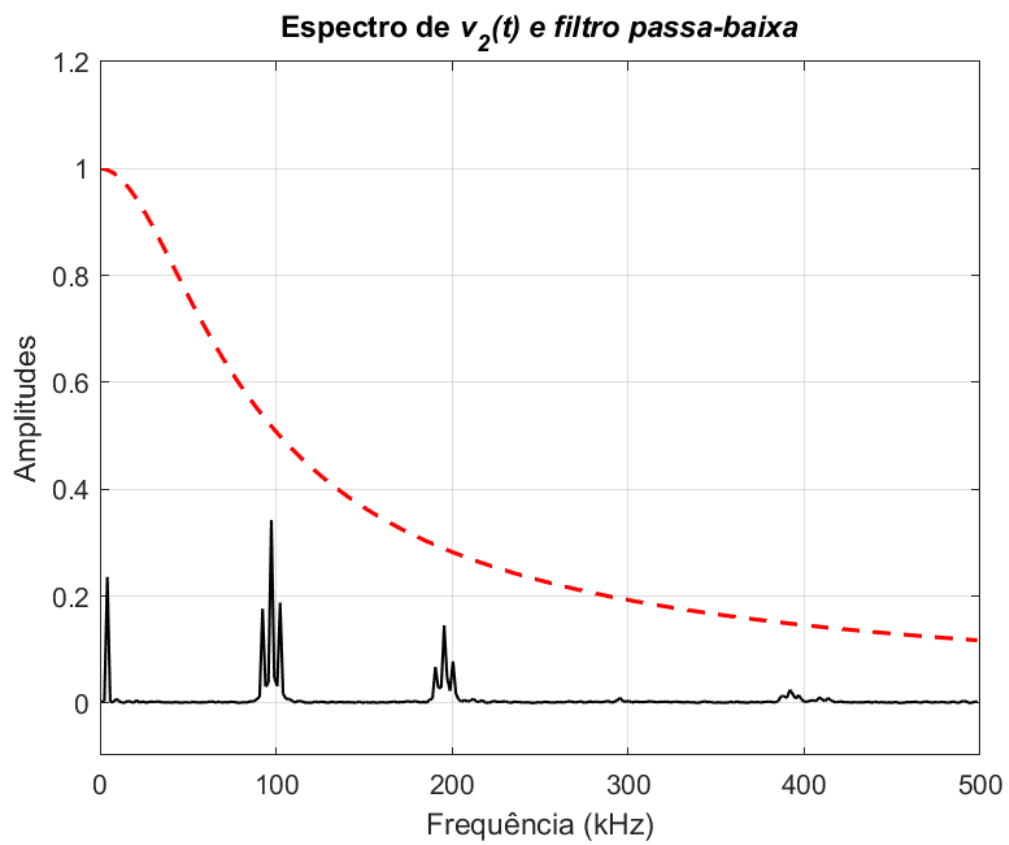


Figura 12: Espectro do sinal de saída do diodo.

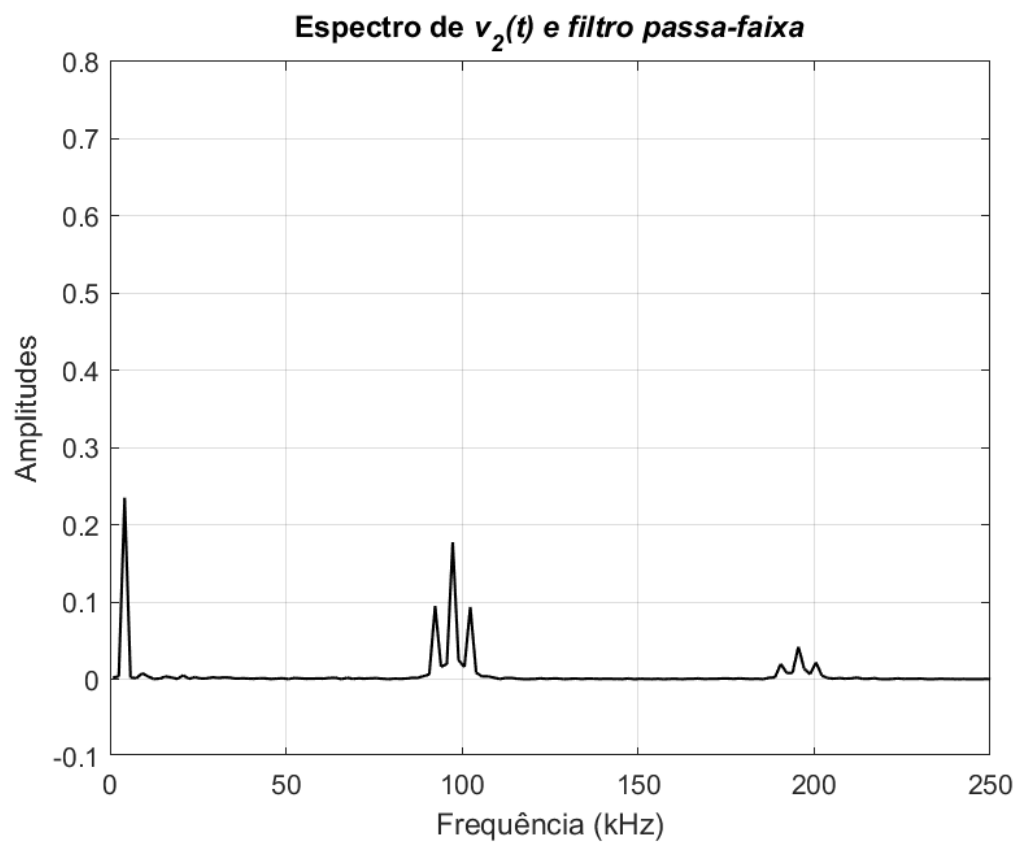


Figura 13: Espectro do sinal de saída.

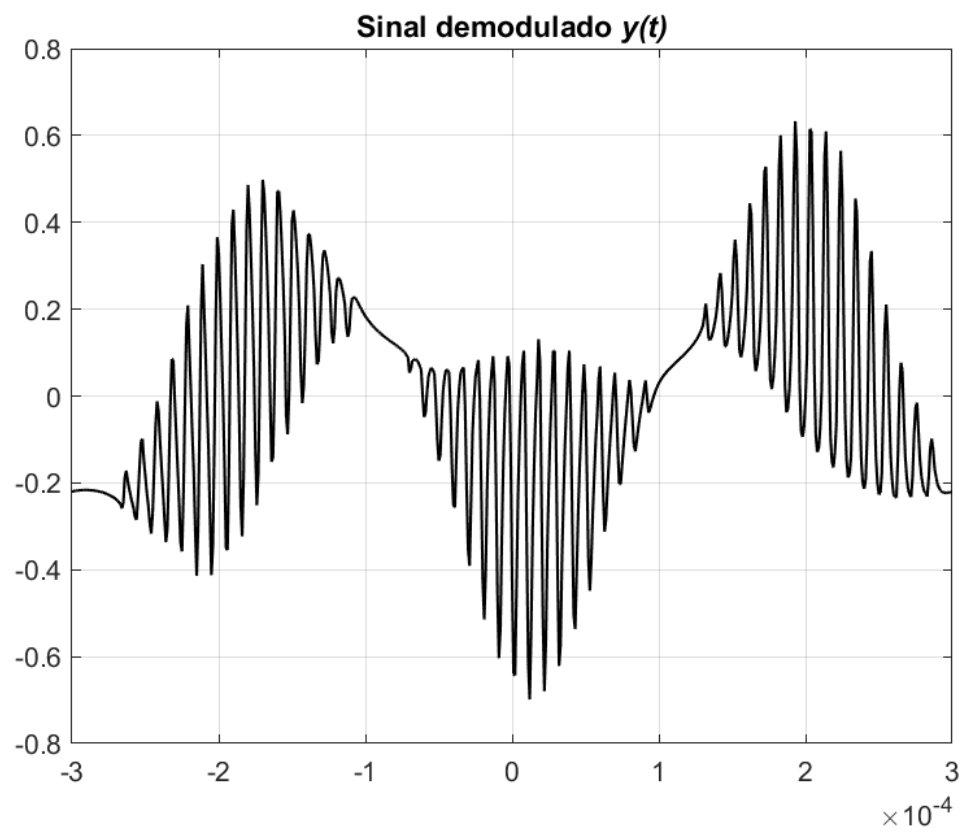


Figura 14: Sinal de saída no tempo.

Usando o demodulador apresentado com $C = 120nF$ obtém-se os gráficos das Figuras 15, 16, 17 e 18.

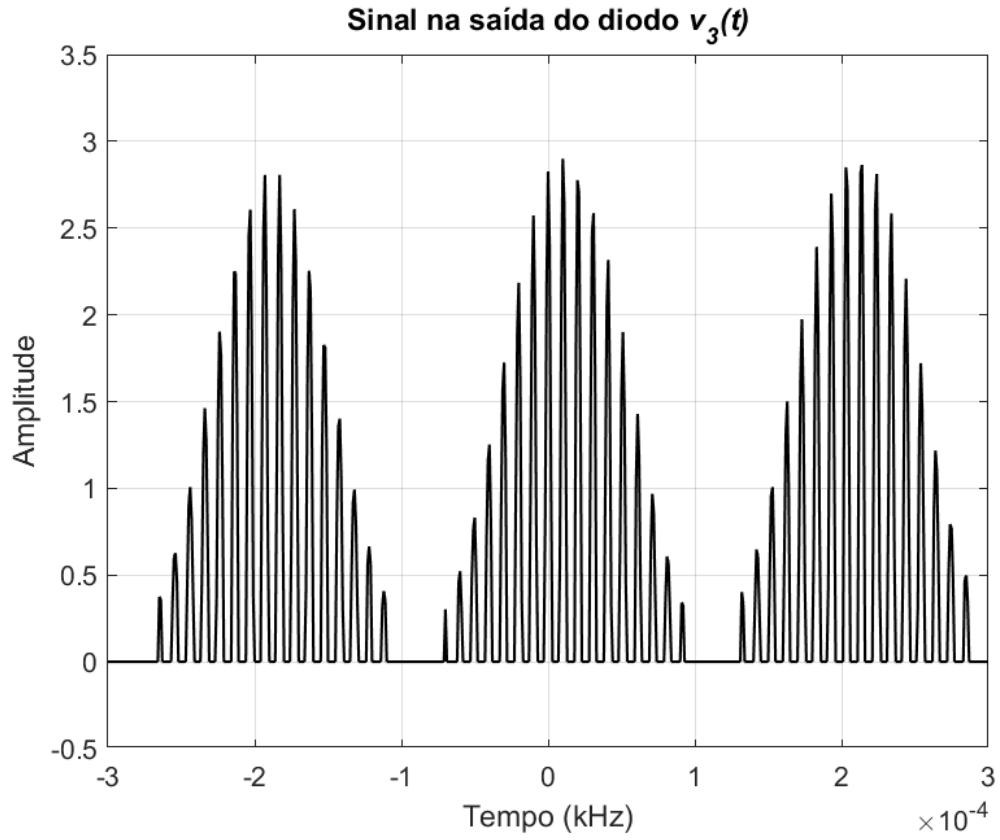


Figura 15: Sinal de saída do diodo.

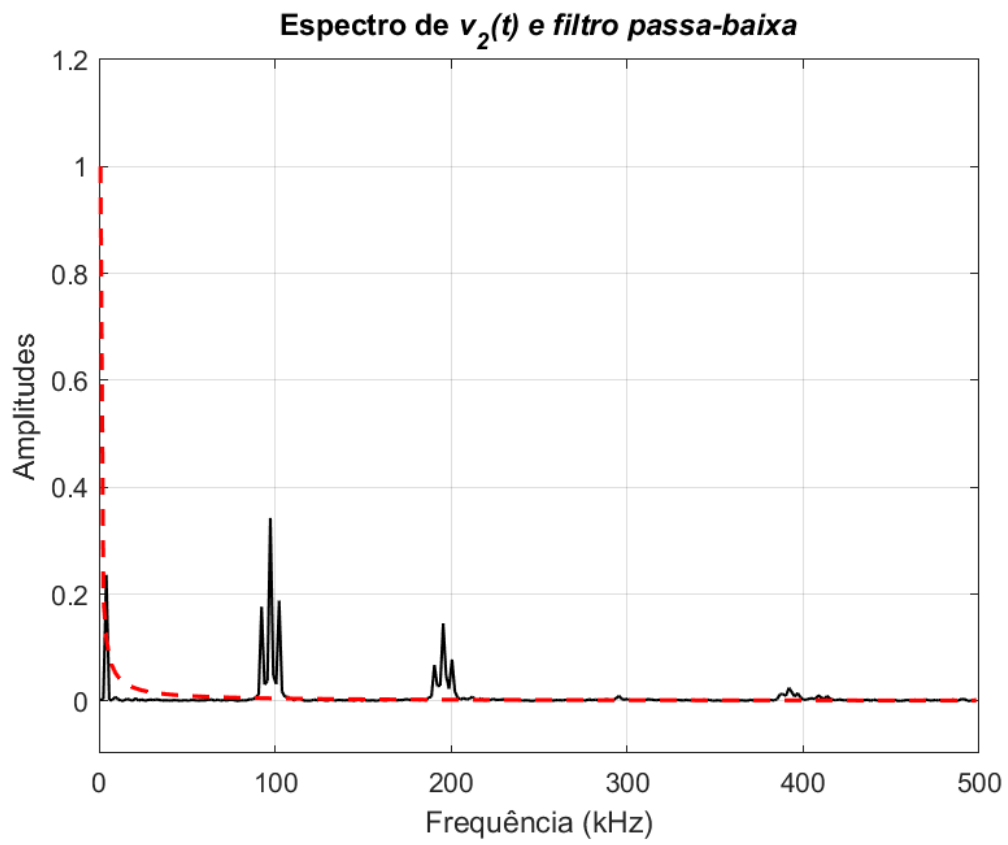


Figura 16: Espectro do sinal de saída do diodo.

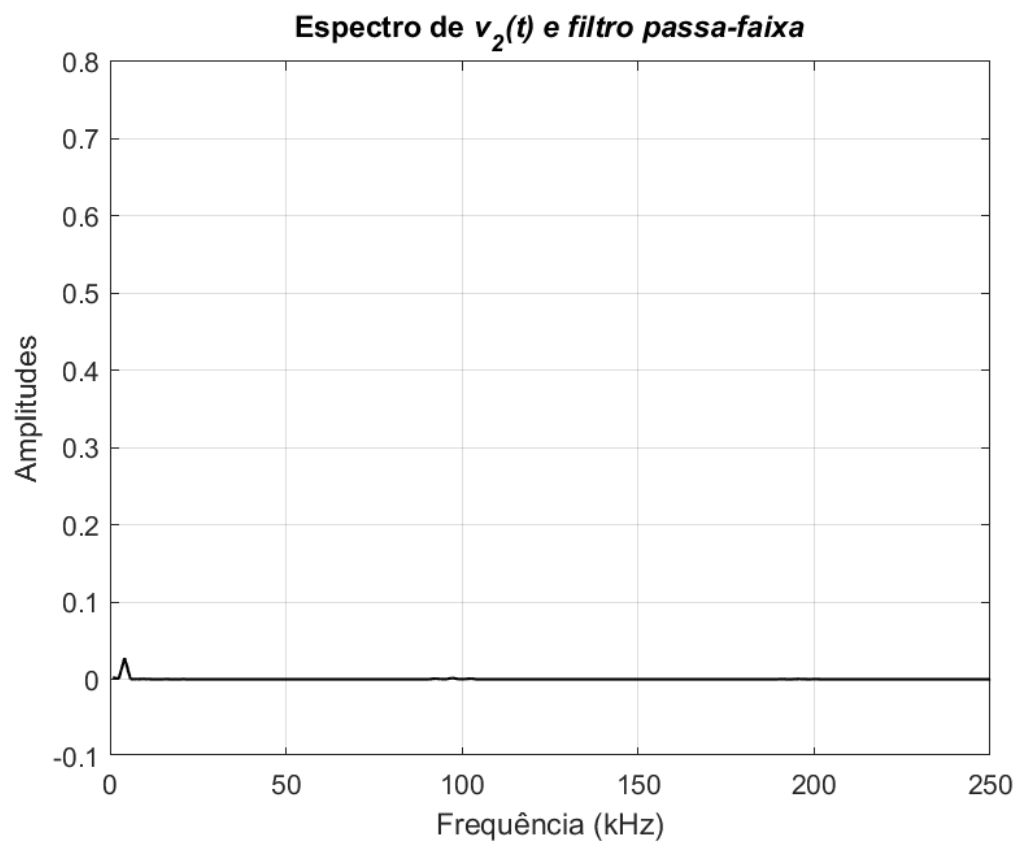


Figura 17: Espectro do sinal de saída.

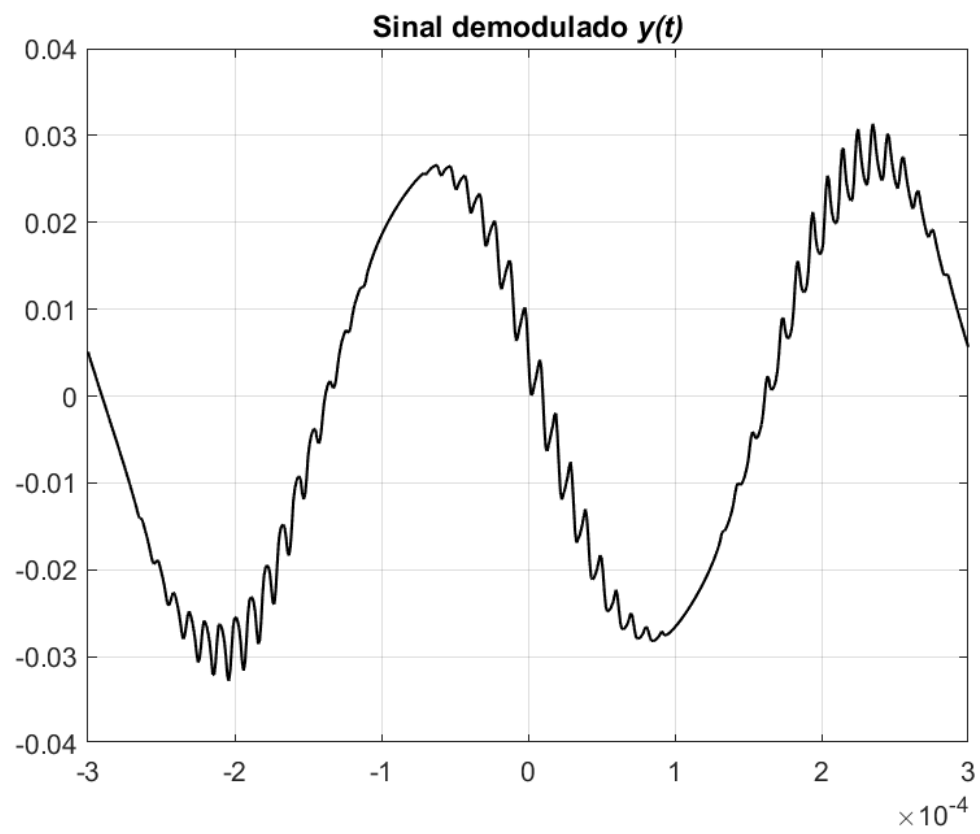


Figura 18: Sinal de saída no tempo.

3 Anexos

3.1 Código correspondente ao exercício 1 e 2

```
1 %% Exercicio 2
2 close all; clc;
3 % syms t
4 Ts = 1e-6;
5 t = -3e-4:Ts:3e-4;
6
7 f1 = figure('Name','Sinal modulante e portadora');
8 mt = 8*cos(5e3*2*pi*t);
9 ct = 10*cos(100e3*2*pi*t);
10
11 subplot(311);
12 % fplot(mt, [-3e-4,3e-4],'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
13 plot(t,mt,'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
14 title('Sinal modulante \it{m(t)}');
15 ylim([-15 15]);
16 grid on;
17
18 subplot(312);
19 % fplot(ct, [-3e-4,3e-4],'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
20 plot(t,ct,'linewidth',1.5,'color',[0 0 0]);
21 title('Portadora de alta frecuencia \it{c(t)}');
22 ylim([-15 15]);
23 grid on;
24
25 subplot(313);
26 % fplot(mt, [-3e-4,3e-4],'linewidth',1.5,'color',[1 0 0]);
27 plot(t,mt,'linewidth',1.5,'color',[1 0 0]);
28 hold on
29 % fplot(ct, [-3e-4,3e-4],'linewidth',1,'color',[0 0 0]);
30 plot(t,ct,'linewidth',1,'color',[0 0 0]);
31 title('Portadora e sinal modulante');
32 ylim([-15 15]);
33 grid on;
34
35 f2 = figure('Name','Sinal modulante e portadora');
```

```

36 R1=220; R2=220; R3=10e3;
37
38 % Pelo teorema da superposio
39 v1 = ct*(R2*R3/(R2+R3))/(R1+(R2*R3/(R2+R3))) + mt*(R1*R3/(R1
    +R3))/(R2+(R1*R3/(R1+R3)));
40 % Usando a aproximao do comportamento do diodo
41 v2 = (v1>=0.3) .* (0.24*v1+0.015*v1.^2);
42
43 subplot(211);
44 plot(t,v1,'linewidth',1,'color',[0 0 0]);
45 title('Sinal na sada do somador \it{v_1(t)}');
46 ylim([-15 15]);
47 grid on;
48
49 subplot(212);
50 plot(t,v2,'linewidth',1,'color',[0 0 0]);
51 title('Sinal da sada do diodo \it{v_2(t)}');
52 ylim([-1 4]);
53 grid on;
54
55
56 % Transformada de Fourier
57 % n = 2^nextpow2(length(v1)); % a fft trabalha melhor com
    potencias de 2
58 n = length(t);
59 v1_fft = fftshift(fft(n(v1)/n));
60 freqs = ((-n/2:1:n/2-1)/(n*Ts)); % o n*Ts divide o 1 tambem
61
62 v2_fft = fftshift(fft(n(v2)/n));
63
64 % Filtro passa-faixa LC
65 R5 = 47; C = 130e-9; L = 20e-6;
66 ZL = 1j*2*pi*freqs*L;
67 ZC = 1./(1j*2*pi*C*freqs);
68 ZL_ZC_paralelo = ZL.*ZC./(ZL+ZC);
69 Hjw = ZL_ZC_paralelo./(ZL_ZC_paralelo+R5);
70 Hjw(1,ceil(n/2)+1) = 0; % fica aterrado
71
72 f3 = figure('Name','Espectro em frequencia de v1(t)');

```

```

73 plot(freqs(ceil(n/2)+1:end)/1e3,abs(v1_fft(ceil(n/2)+1:end)),
      , 'linewidth',1.5, 'color',[0 0 0]);
74 title('Espectro de \it{v_1(t)}');
75 xlim([0 150]);
76 ylim([-0.1 5]);
77 xlabel('Frequencia (kHz)')
78 ylabel('Amplitudes')
79 grid on;
80
81 f4 = figure('Name','Espectro em frequencia de v2(t)');
82 plot(freqs(ceil(n/2)+1:end)/1e3,abs(v2_fft(ceil(n/2)+1:end)),
      , 'linewidth',1, 'color',[0 0 0]);
83 hold on;
84 plot(freqs(ceil(n/2)+1:end)/1e3,abs(Hjw(ceil(n/2)+1:end)), 'r
      —', 'linewidth',1.5);%, 'color',[0 0 0]);
85 title('Espectro de \it{v_2(t)} e filtro passa-faixa');
86 xlim([0 500]);
87 ylim([-0.1 1.2]);
88 xlabel('Frequencia (kHz)')
89 ylabel('Amplitudes')
90 grid on;
91
92 % Sinal de sada
93 y_fft = Hjw.*v2_fft;
94
95 f5 = figure('Name','Espectro do sinal de sada');
96 plot(freqs(ceil(n/2)+1:end)/1e3,abs(y_fft(ceil(n/2)+1:end)),
      , 'linewidth',1, 'color',[0 0 0]);
97 title('Espectro do sinal de sada \it{y(t)}');
98 xlim([0 250]);
99 ylim([-0.1 1.2]);
100 xlabel('Frequencia (kHz)');
101 ylabel('Amplitudes');
102 grid on;
103
104 % Transformada inversa
105 y = ifft(y_fft(ceil(n/2)+1:end),n)*n;
106
107

```

```

108 f6 = figure('Name','Sinal de sada no tempo');
109 plot(t,real(y),'linewidth',1,'color',[0 0 0]);
110 title('Sinal de sada \it{y(t)}');
111 xlim([-3e-4 3e-4]);
112 % ylim([-1.8 1.8]);
113 grid on;
114
115 % cd ..
116 % print(f1,'img/ex1','-dpng');
117 % print(f2,'img/ex1_v1_v2','-dpng');
118 % print(f3,'img/ex1_espectro_v1','-dpng');
119 % print(f4,'img/ex1_espectro_v2','-dpng');
120 % print(f5,'img/ex1_espectro_saida','-dpng');
121 % print(f6,'img/ex1_yt','-dpng');
122
123 %% Exercicio 2
124 am = real(y);
125 clearvars -except am t Ts
126 R1=1.2e3; R2=2.2e3;
127
128 AV = -3/max(am); % amp op inversor
129 % AV = -(P1+R2)/R1 => P1 = abs(-AV*R1-R2)
130 P1 = abs(-AV*R1-R2);
131 fprintf('Valor do potencimetro: %g ohms\n', P1);
132
133 v2 = AV * am;
134 v3 = (v2>0.3) .* v2;
135
136 f1 = figure('Name','Sinal na sada do diodo');
137 plot(t,v3,'linewidth',1,'color',[0 0 0]);
138 title('Sinal na sada do diodo \it{v_3(t)}');
139 % xlim([-3e-4 3e-4]);
140 ylim([-0.5 3.5]);
141 xlabel('Tempo (kHz)');
142 ylabel('Amplitude');
143 grid on;
144
145 % Transformada de Fourier
146 n = length(t);

```



```

147 v3_fft = fftshift(fft(n(v3)/n);
148 freqs = ((-n/2:1:n/2-1)/(n*Ts)); % o n*Ts divide o 1 tambem
149
150 R3 = 270; R4 = 2.7e3; C = 120e-9;
151 ZC = 1./(1j*2*pi*C*freqs);
152 Hjw = ZC./(R4+ZC);
153 Hjw(1,ceil(n/2)+1) = 1;
154
155 f2 = figure('Name','Espectro em frequencia de v2(t)');
156 plot(freqs(ceil(n/2)+1:end)/1e3,abs(v3_fft(ceil(n/2)+1:end)),
      , 'linewidth',1, 'color',[0 0 0]);
157 hold on;
158 plot(freqs(ceil(n/2)+1:end)/1e3,abs(Hjw(ceil(n/2)+1:end)), 'r
      —', 'linewidth',1.5);%, 'color',[0 0 0]);
159 title('Espectro de \it{v_2(t)} e filtro passa-baixa');
160 xlim([0 500]);
161 ylim([-0.1 1.2]);
162 xlabel('Frequencia (kHz)');
163 ylabel('Amplitudes');
164 grid on;
165
166 % Sinal de sada
167 y_fft = Hjw.*v3_fft;
168
169 f3 = figure('Name','Espectro do sinal de sada');
170 plot(freqs(ceil(n/2)+1:end)/1e3,abs(y_fft(ceil(n/2)+1:end)),
      , 'linewidth',1, 'color',[0 0 0]);
171 title('Espectro de \it{v_2(t)} e filtro passa-faixa');
172 xlim([0 250]);
173 ylim([-0.1 0.8]);
174 xlabel('Frequencia (kHz)');
175 ylabel('Amplitudes');
176 grid on;
177
178 % Transformada inversa
179 y = ifft(y_fft(ceil(n/2)+1:end),n)*n;
180
181 f4 = figure('Name','Sinal de sada no tempo');
182 plot(t,real(y), 'linewidth',1, 'color',[0 0 0]);

```

```

183 title('Sinal demodulado \it{y(t)}');
184 % ylim([-1.8 1.8]);
185 grid on;
186
187 % cd ..
188 % print(f1, 'img/ex2_diodo_3 ','-dpng');
189 % print(f2, 'img/ex2_espectro_diodo_3 ','-dpng');
190 % print(f3, 'img/ex2_espectro_saida_3 ','-dpng');
191 % print(f4, 'img/ex2_saida_3 ','-dpng');

```

Referências

- [1] Lathi, B. P.; Ding, Zhi, “Modern Digital and Analog Communication Systems”, New York: Oxford University Press, 2019. 5ª Edição.