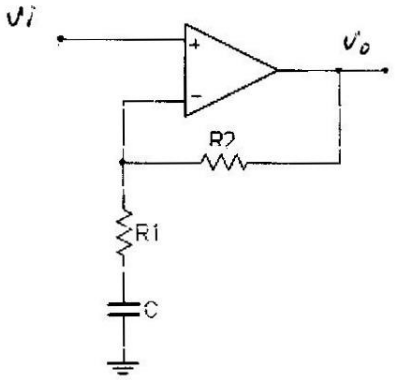
ELETTRONICA NOME

1) Con riferimento al circuito in fig.



$R_1 = 1\Omega$

$C = 1F$

$R_2 = 4\Omega$

a) Determinare la funzione di trasferimento
b) Determinare il guadagno alle frequenze molto basse (f→ 0) e molto alte (f→ ∞)
c) Determinare la risposta a regime al segnale sinusoidale

vi(t) = 2 sen(0,8t)

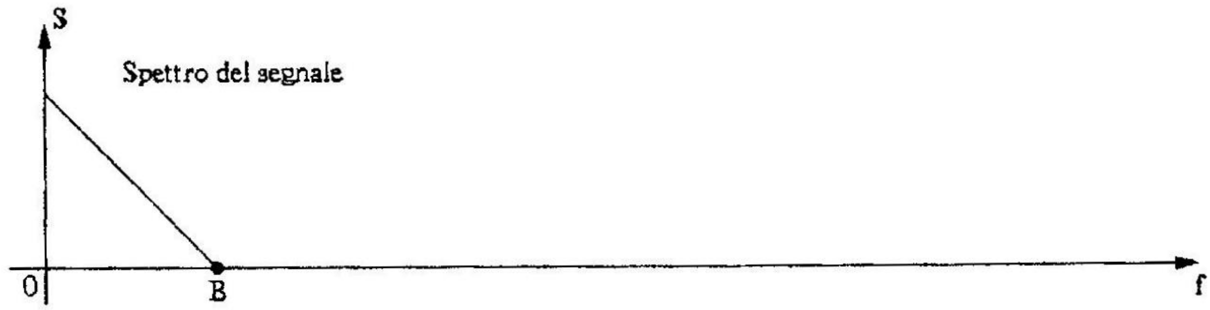
d) Determinare la risposta a transitorio esaurito al segnale a gradino

$$vi(t) = u(t)\begin{cases} 0\,V & per\ t < 0 \\ 1\,V & per\ t > 0 \end{cases}$$

2) a. Cosa stabilisce il teorema del campionamento di Shannon?

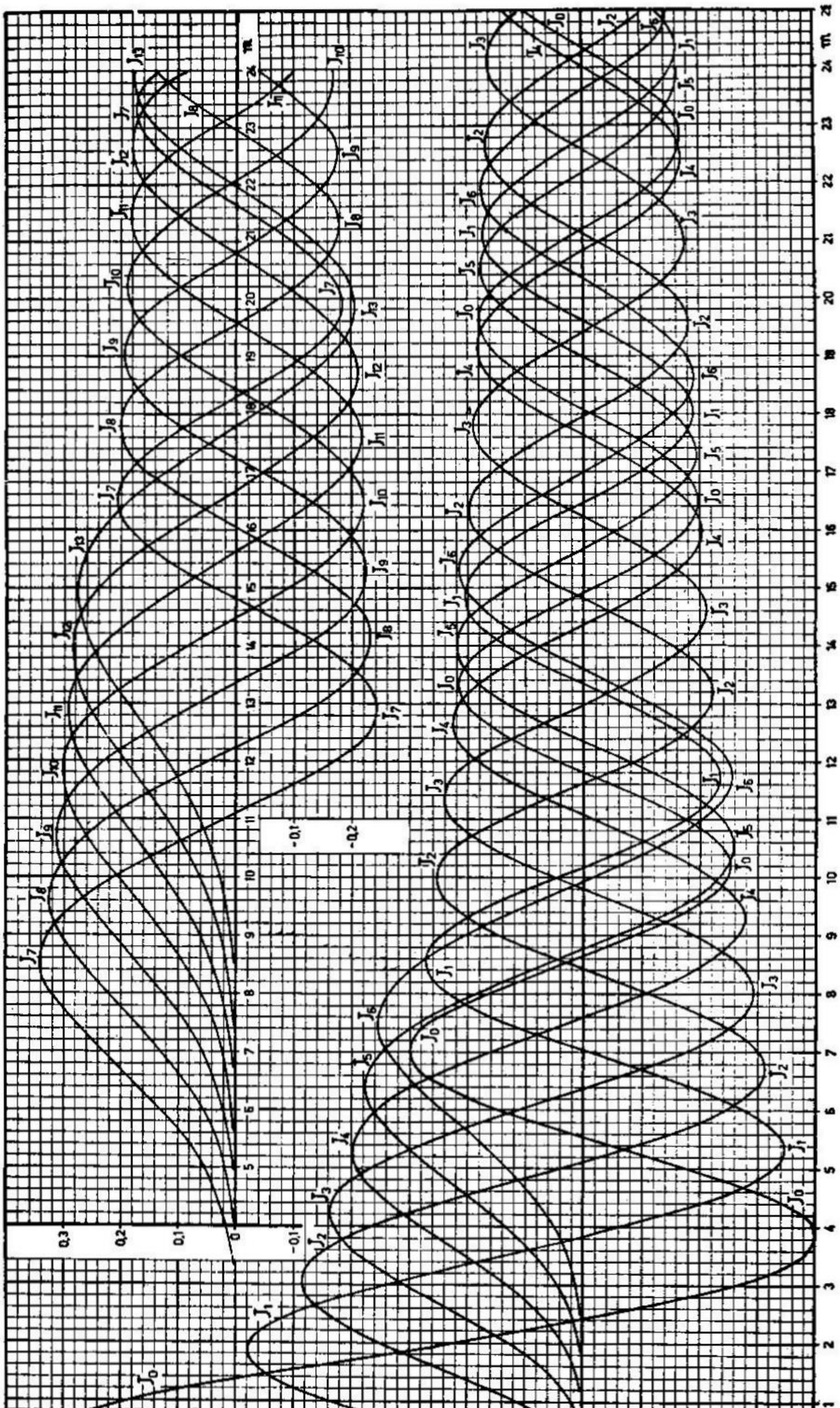
b. Indicato con forma triangolare lo spettro del segnale originario (v. fig. seguente), rappresentare lo spettro del segnale campionato (campionamento ideale) nel caso in cui siano rispettate le prescrizioni del teorema di Shannon e nel caso opposto, evidenziandone le conseguenze.

c. Un segnale sinusoidale a 8 KHz è compionato a 10 KHz e successivamente ricostruito con un filtro passa basso ideale con frequenza di taglio a 5 KHz. Spiegare il segnale ottenuto.



3) Un segnale a 10 kHz è modulato in frequenza con portante sinusoidale di ampiezza 10 V a 100 MHz

a) Determinare l'ampiezza delle componenti spettrali e rappresentare lo spettro del segnale modulato in frequenza nei due casi: 1) indice di modulazione m_f =0,5 e 2) m_f =2,4
b) Determinare nei due casi la banda del segnale modulato e la potenza che il segnale FM eroga ad un carico di 10Ω
c) La potenza associata alla componente a frequenza della portante nei due casi



Funzioni di Bessel.

m_f	J_0	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}	m_f	J_0	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}
0,0	1,00											5,0	-0,18	-0,33	0,05	0,36	0,39	0,26	0,13	0,05	0,02	0,01	
0,2	0,99	0,10										5,2	-0,11	-0,34	-0,02	0,33	0,40	0,29	0,15	0,07	0,02	0,01	
0,4	0,96	0,20	0,02									5,4	-0,04	-0,35	-0,09	0,28	0,40	0,31	0,18	0,08	0,03	0,01	
0,6	0,91	0,29	0,04									5,6	0,03	-0,33	-0,15	0,23	0,39	0,33	0,20	0,09	0,04	0,01	
0,8	0,85	0,37	0,08	0,01								5.8	0,09	-0,31	-0,20	0,17	0,38	0,35	0,22	0,11	0,05	0,02	0,01
1	0,77	0,44	0,11	0,02								6,0	0,15	-0,28	-0,24	0,11	0,36	0,36	0,25	0,13	0,06	0,02	0,01
1,2	0,67	0,50	0,16	0,03	0,01							6,2	0,20	-0,23	-0,28	0,05	0,33	0,37	0,27	0,15	0,07	0,03	0,01
1,4	0,57	0,54	0,21	0,05	0,01							6,4	0,24	-0,18	-0,30	-0,01	0,29	0,37	0,29	0,17	0,08	0,03	0,01
1,6	0,46	0,57	0,26	0,07	0,01							6,6	0,27	-0,12	-0,31	-0,06	0,25	0,37	0,31	0,19	0,10	0,04	0,01
1,8	0,34	0,58	0,31	0,10	0,02							6,8	0,29	-0,07	-0,31	-0,12	0,21	0,36	0,33	0,21	0,11	0,05	0,02
2,0	0,22	0,58	0,35	0,13	0,03	0,01						7,0	0,30	-0,00	-0,30	-0,17	0,16	0,35	0,34	0,23	0,13	0,06	0,02
2,2	0,11	0,56	0,40	0,16	0,05	0,01						7,2	0,30	0,05	-0,28	-0,21	0,11	0,33	0,35	0,25	0,15	0,07	0,03
2.4	0,00	0,52	0,43	0,20	0,06	0,02						7,4	0,28	0,11	-0,25	-0,24	0,05	0,30	0,35	0,27	0,16	0,08	0,04
2,6	-0,10	0,47	0,46	0,24	0,08	0,02	0,01					7,6	0,25	0,16	-0,21	-0,27	-0,00	0,27	0,35	0,29	0,18	0,10	0,04
2,8	-0.19	0,41	0,48	0,27	0,11	0,03	0,01					7,8	0,22	0,20	-0,16	-0,29	-0,06	0,23	0,35	0,31	0,20	0,11	0,05
3,0	-0,26	0,34	0,49	0,31	0,13	0,04	0,01					8,0	0,17	0,23	-0,11	-0,29	-0,11	0,19	0,34	0,32	0,22	0,13	0,06
3,2	-0,32	0,26	0,48	0,34	0,16	0,06	0,02					8,2	0,12	0,26	-0,06	-0,29	-0,15	0,14	0,32	0,33	0,24	0,14	0,07
3,4	-0,36	0,18	0,47	0,37	0,19	0,07	0,02	0,01				8.4	0,07	0,27	-0,00	-0,27	-0,19	0,09	0,30	0,34	0,26	0,16	0,08
3,6	-0,39	0,10	0,44	0,40	0,22	0,09	0,03	0,01				8,6	0,01	0,27	0,05	-0,25	-0,22	0,04	0,27	0,34	0,28	0,18	0,10
3,8	-0,40	0,01	0,41	0,42	0,25	0,11	0,04	0,01				8,8	-0,04	0,26	0,10	-0,22	-0,25	-0,01	0,24	0,34	0,29	0,20	0,11
4,0	-0,40	-0,07	0,36	0,43	0,28	0,13	0,05	0,02				9,0	-0,09	0,25	0,14	-0,18	-0,27	-0,06	0,20	0,33	0,31	0,21	0,12
4,2	-0,38	-0,14	0,31	0,43	0,31	0,16	0,06	0,02	0.01			9,2	-0,14	0,22	0,18	-0,14	-0,27	-0,10	0,16	0,31	0,31	0,23	0,14
4,4	-0,34	-0,20	0,25	0,43	0,34	0,18	0,08	0,03	0,01			9,4	-0,18	0,18	0,22	-0,09	-0,27	-0,14	0,12	0,30	0,32	0,25	0,16
4,6	-0,30	-0,26	0,18	0,42	0,36	0,21	0,09	0,03	0,01			9,6	-0,21	0,14	0,24	-0,04	-0,26	-0,18	0,08	0,27	0,32	0,27	0,17
4,8	-0,24	-0,30	0,12	0,40	0,38	0,23	0,11	0,04	0,01			9,8	-0,23	0,09	0,25	0,01	-0,25	-0,21	0,03	0,25	0,320	0,29	0,19
												10,0	-0,25	0,04	0,25	0,06	-0,22	-0,23	-0,01	0,22	,32	0,29	0,21

Valori delle funzioni di Bessel

1a) $F(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{z_1+z_2}{z_1}$ con $\begin{cases} Z_1 = R_1 + \frac{1}{sC} = \frac{1+sR_1C}{sC} \\ Z_2 = R_2 \end{cases}$

$$F(s) = \frac{\frac{1+sR_1C}{sC}+R_2}{\frac{1+sR_1C}{sC}} = \frac{1+s(R_1+R_2)C}{1+sR_1C}$$

sostituendo

$$F(s) = \frac{1+5s}{1+s}$$

poli e zeri

poli: D(s) = 0 → 1 + s = 0 → s = -1 (p_1)

zeri: N(s) = 0 → 1 + 5s = 0 → s = $-\frac{1}{5}$ (z_1)

s $\rightarrow j\omega$ $\bar{F}(j\omega) = \frac{1+j5\omega}{1+j\omega}$

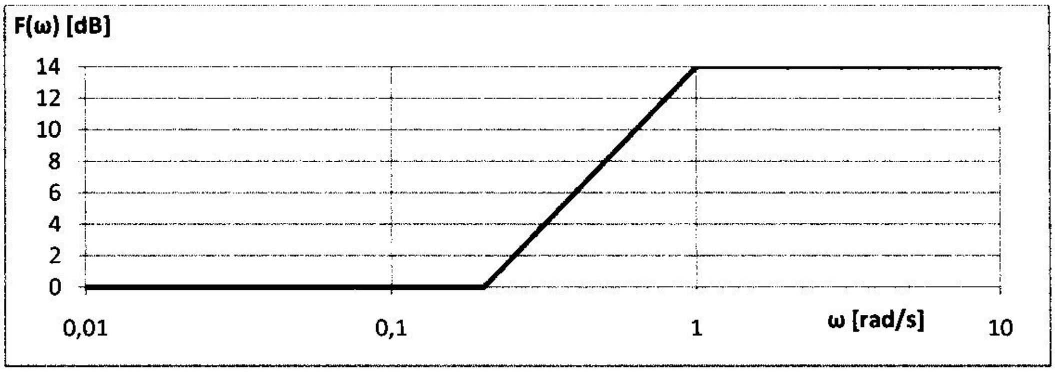
espressione del modulo e della fase della FdT

$F(\omega) = \frac{\sqrt{1+(5\omega)^2}}{\sqrt{1+\omega^2}}$ $\varphi_F(\omega)$ = atg(5ω) − atg(ω)

1b) alle freq. molto basse il cond. è un c.to aperto → $F(0) = 1$ ($0\,dB$)

alle freq. molto alte il cond. è un c.to c.to → $F(\infty) = 5$ ($14\,dB$)

diagramma di Bode del modulo della FdT



1c) $v_o(t) = V_o \cdot \sin(\bar{\omega}t + \psi)$ con $\begin{cases} \bar{\omega} = 0{,}8\,\frac{rad}{s} \\ V_o = F(\bar{\omega}) \cdot V_i \quad \begin{cases} V_i = 2\,V \\ \varphi_i = 0\,rad \end{cases} \\ \psi = \varphi_i + \varphi_F(\bar{\omega}) \end{cases}$

$F(\bar{\omega}) = \frac{\sqrt{1+(5\cdot 0{,}8)^2}}{\sqrt{1+0{,}8^2}}$ = 3,22

$\varphi_F(\omega)$ = atg(5 · 0,8) − atg(0,8) = 37,3°

$v_o(t) = 6{,}44 \cdot \sin(0{,}8\,t + 37{,}3°)$

1d) $V_i(s) = \frac{1}{s}$

$$V_o(s) = F(s) \cdot V_i(s) = \frac{1+5s}{1+s} \cdot \frac{1}{s} = \frac{A}{s} + \frac{B}{1+s}$$

$$A = \lim_{s \to 0} s \cdot V_o(s) = \left. \frac{1+5s}{1+s} \right|_{s=0} = 1$$

$$B = \lim_{s \to -1} (s+1) \cdot V_o(s) = \left. \frac{1+5s}{s} \right|_{s=-1} = 4$$

$$V_o(s) = \frac{1}{s} + \frac{4}{1+s}$$

$$v_o(t) = \mathcal{L}^{-1}[V_o(s)] = (1 + 4 \cdot e^{-t}) \cdot u(t)$$

In altro modo

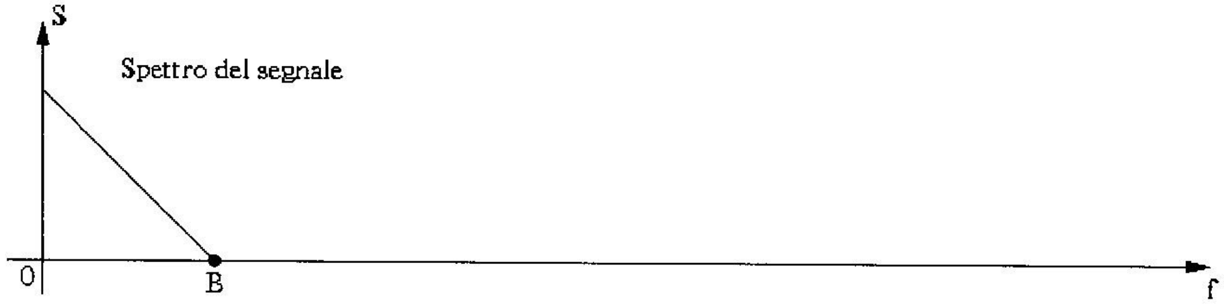
$$\frac{1+5s}{1+s} \cdot \frac{1}{s} = \frac{A}{s} + \frac{B}{1+s} = \frac{A + As + Bs}{s(1+s)}$$

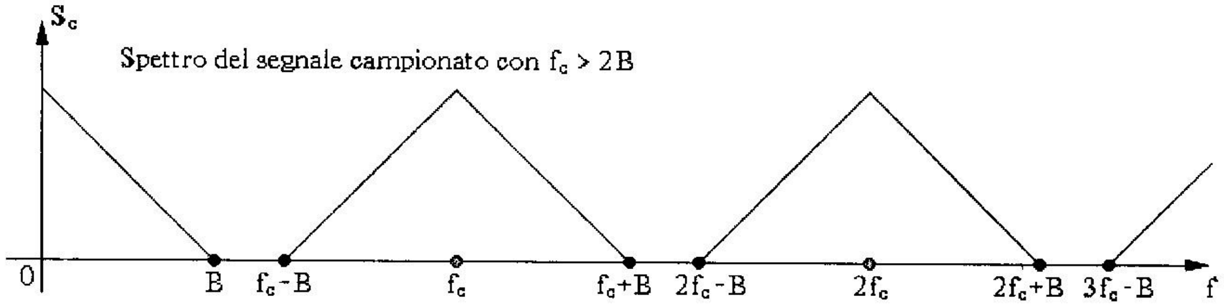
$$\begin{cases} A = 1 \\ A + B = 5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 1 \\ B = 4 \end{cases}$$

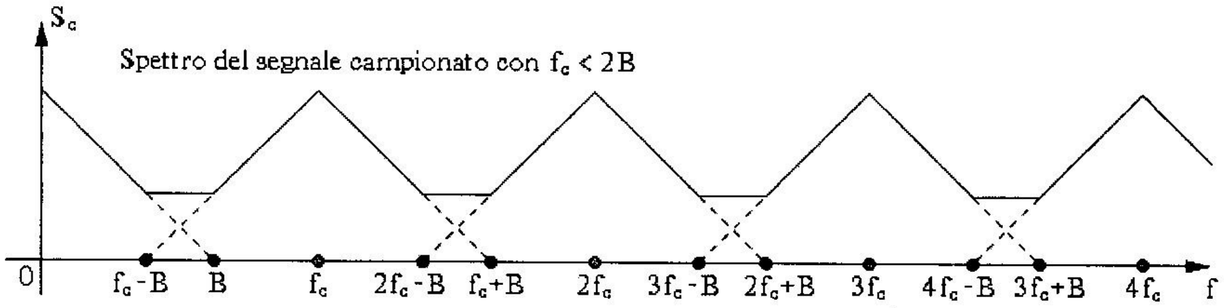
2a) Il teorema di Shannon sul campionamento definisce la minima frequenza (f_c) necessaria a campionare un segnale a banda limitata (B) per non perdere informazione e consentire la corretta ricostruzione del segnale; cioè deve essere

$$f_c \geq 2B$$

2b)







Nel primo caso lo spettro del segnale originario è separato dall'immagine più vicina e può essere recuperato filtrando i campioni con un passa-basso con frequenza di taglio compresa tra B e f_c - B che elimina le componenti a frequenza superiore a B.

Nel secondo caso lo spettro del segnale originario e la prima immagine si sovrappongono parzialmente: il contenuto di frequenza, e quindi la forma del segnale, risulta alterato irrimediabilmente e pertanto non può essere ricostruito (si verifica il fenomeno di aliasing).

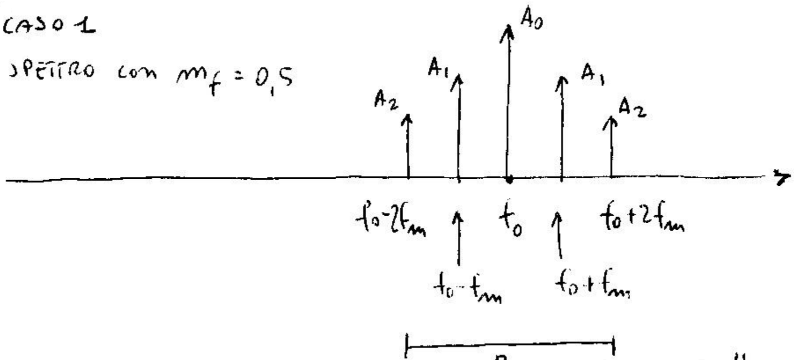
2c) Il campionamento non rispetta il teorema di Shannon. Lo spettro del segnale originario e la prima immagine si sovrappongono parzialmente e il segnale a 8 KHz è riportato a 2 KHz. Il filtro estrae il segnale immagine a 2 KHz anziché il segnale originario a 8 KHz.

3 a)

$A = 10\,V \qquad f_0 = 100\,MHz \qquad f_m = 10\,kHz$

CASO 1

SPETTRO con $m_f = 0{,}5$



$B_1 = 4 f_m = 40\,kHz$

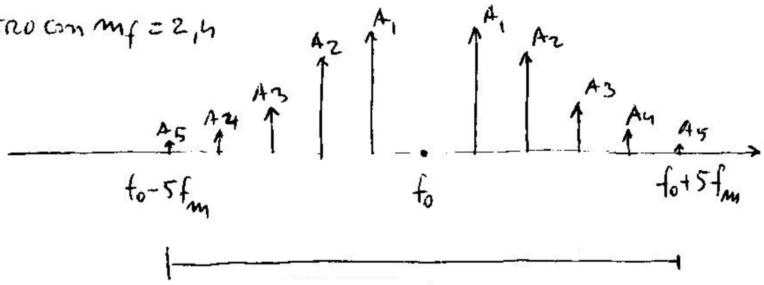
$A_0 = J_0(0{,}5) \cdot A = 0{,}94 \cdot 10 = 9{,}4\,V$

$A_1 = J_1(0{,}5)\,A = 0{,}25 \cdot 10 = 2{,}5\,V$

$A_2 = J_2(0{,}5)\,A = 0{,}03 \cdot 10 = 0{,}3\,V$

CASO 2

SPETTRO con $m_f = 2{,}4$



$B_2 = 10 f_m = 100\,kHz$

$A_0 = J_0(2{,}4)\,A = 0 \cdot 10 = 0\,V$

$A_1 = J_1(2{,}4)\,A = 0{,}52 \cdot 10 = 5{,}2\,V$

$A_2 = J_2(2{,}4)\,A = 0{,}43 \cdot 10 = 4{,}3\,V$

$A_3 = J_3(2{,}4)\,A = 0{,}20 \cdot 10 = 2{,}0\,V$

$A_4 = J_4(2{,}4)\,A = 0{,}06 \cdot 10 = 0{,}6\,V$

$A_5 = J_5(2{,}4)\,A = 0{,}02 \cdot 10 = 0{,}2\,V$

b) $B_1 = 40\,kHz \qquad B_2 = 100\,kHz$

modulando in frequenza, l'ampiezza del segnale non cambia:
la potenza si distribuisce nelle componenti spettrali laterali, ma complessivamente rimane costante, cioè a quella della portante in assenza di modulazione

$$P = \frac{1}{2}\frac{A^2}{R} = \frac{1}{2}\frac{10^2}{10} = 5\,W$$

Con i valori approssimati

CASO 1 $\quad P = P_0 + 2P_1 + 2P_2 = \frac{1}{2}\frac{A_0^2}{R} + \frac{2A_1^2}{2R} + \frac{2A_2^2}{2R} = \frac{1}{20}\left(A_0^2 + 2A_1^2 + 2A_2^2\right) = 5{,}052\,W$

CASO 2 $\quad P = P_0 + 2(P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5) = \frac{1}{2R}\left[A_0^2 + 2\left(A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + A_4^2 + A_5^2\right)\right] = 4{,}993\,W$

c) CASO 1

$$P_0 = \frac{1}{2}\frac{A_0^2}{R} = \frac{1}{2}\frac{9{,}4^2}{10} = 4{,}418\,W$$

CASO 2

$$P_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{0^2}{10} = 0\,W$$