

3a) UN SEGNALE "COMPOSTO" VIENE APPLICATO IN INGRESSO AD UN AMPLIFICATORE LINEARE -
 QUALI CONDIZIONI DEVONO ESSERE SODDISFATTE AFFINCHÉ L'AMPLIFICATORE NON ALTERI LA FORMA DEL SEGNALE DI INGRESSO?

3b) UN SEGNALE SINUSOIDALE È APPLICATO IN INGRESSO AD UN AMPLIFICATORE NON LINEARE -
 LE ESPRESSIONI DEL SEGNALE IN INGRESSO E DELLA RELATIVA RISPOSTA SONO LE SEGUENTI:

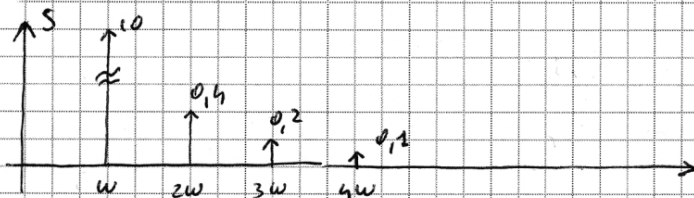
$$v_i = 5 \cos \omega t$$

$$v_u = 10 \cos \omega t + 0,4 \cos(2\omega t - 30^\circ) + 0,2 \cos 3\omega t - 0,1 \sin 4\omega t$$

DETERMINARE LA DISTORSIONE ARMONICA SUBITA DA TALE SEGNALE -

3a) AFFINCHÉ L'AMPLIFICATORE (LINEARE) NON INTRODUCA DEFORMAZIONI INDESIDERATE (DISTORSIONI DI AMPIEZZA E DI FASE) LE COMPONENTI ARMONICHE DEL SEGNALE DI INGRESSO NON DEVONO SUBIRE AMPLIFICAZIONE DIFFERENZIALI (AMPLIFICAZIONE COSTANTE NELLA BANDA DEL SEGNALE) E LO SFASAMENTO INTRODOTTO DALL'AMPLIFICATORE DEVE ESSERE NULLO O PROPORZIONALE ALLA FREQUENZA ($\varphi = 0$ OPPURE $\frac{\varphi}{\omega} = \text{costante}$ NELLA BANDA DEL SEGNALE) -

3b) SPETTRO DELLE AMPIEZZE DEL SEGNALE



DISTORSIONI ARMONICHE

$$D_2 = \frac{V_2}{V_1} = \frac{4}{100} \quad 4\%$$

$$D_3 = \frac{V_3}{V_1} = \frac{2}{100} \quad 2\%$$

$$D_4 = \frac{V_4}{V_1} = \frac{1}{100} \quad 1\%$$

DISTORSIONE ARMONICA TOTALE THD (Total Harmonic Distortion)

$$THD = \frac{V_{arm}}{V_1} = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2}}{V_1} = \sqrt{\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{V_3}{V_1}\right)^2 + \left(\frac{V_4}{V_1}\right)^2} = \sqrt{D_2^2 + D_3^2 + D_4^2}$$

$$THD \% = 100 THD = 100 \sqrt{\left(\frac{4}{100}\right)^2 + \left(\frac{2}{100}\right)^2 + \left(\frac{1}{100}\right)^2} = \sqrt{4^2 + 2^2 + 1^2} = \sqrt{21} \% = 4,58\%$$

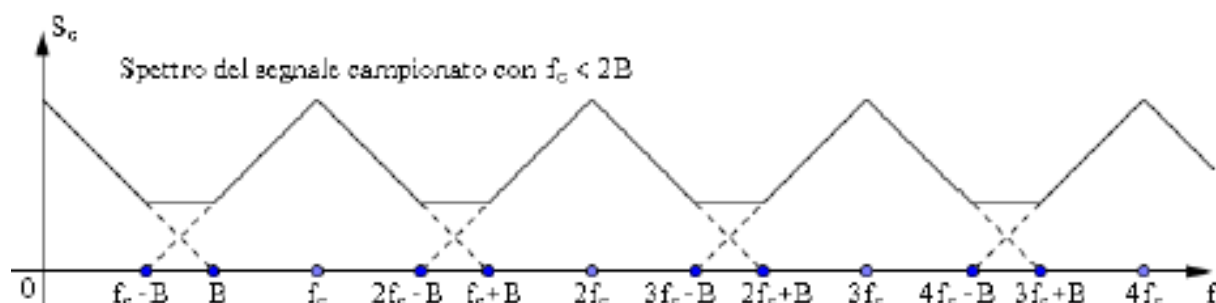
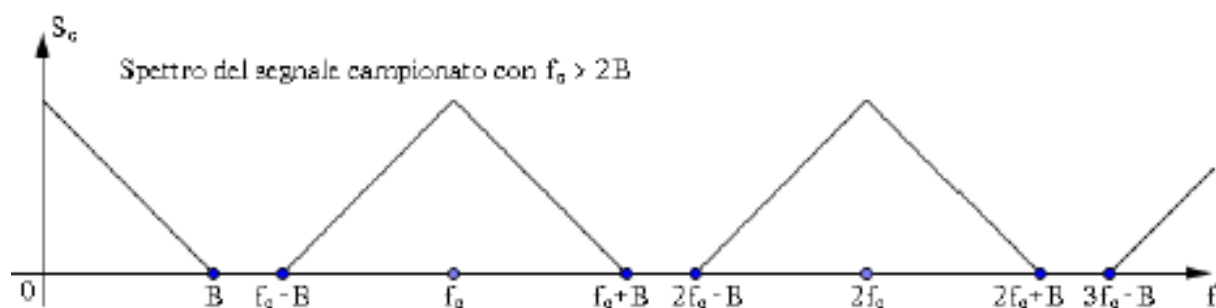
Cosa stabilisce il teorema del campionamento di Shannon?

Indicato con forma triangolare lo spettro del segnale originario, 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.



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

$$f_c \geq 2B$$

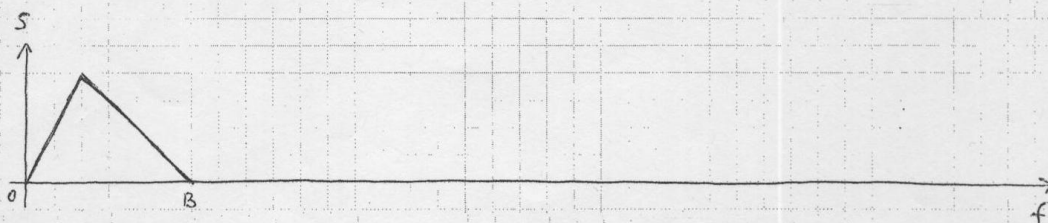


Nel primo caso lo spettro del segnale originario è separato dall'immagine più vicina e può essere recuperato filtrando i campioni con un passa-basso con frequenza di taglio compresa tra B e $f_c - B$ che elimina le componenti a frequenza superiore a B .

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).

2) a. COSA STABILISCE IL TEOREMA DEL CAMPIONAMENTO DI SHANNON?

b. IN FIG. È RAPPRESENTATO LO SPETTRO DI UN SEGNALE -

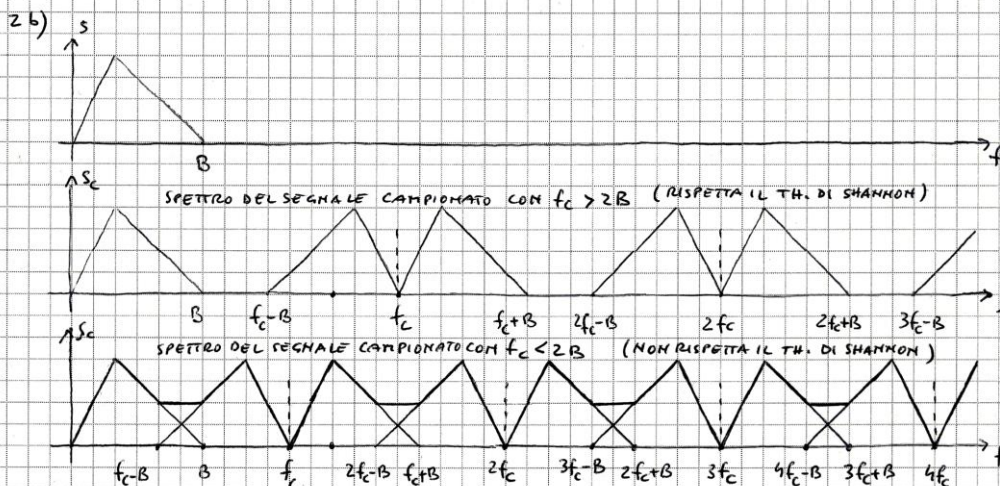


RAPPRESENTARE LO SPETTRO DEL SEGNALE CAMPIONATO (CON CAMPIONAMENTO IDEALE) NEL CASO IN CUI SIANO RISPETTATE LE PRESCRIZIONI DEL TEOREMA DI SHANNON E NEL CASO IN CUI NON SIANO RISPETTATE, EVIDENZIANDO LE CONSEGUENZE -

c. UN SEGNALE SINUSOIDALE A 6 KHz È CAMPIONATO A 8 KHz E SUCCESSIVAMENTE RICOSTRUITO CON UN FILTRO PASSA BASSO IDEALE CON FREQUENZA DI TAGLIO A 4 KHz. SPIEGARE IL SEGNALE OTTENUTO -

2a) IL TEOREMA DI SHANNON SUL CAMPIONAMENTO DEFINISCE LA MINIMA FREQUENZA NECESSARIA A CAMPIONARE UN SEGNALE A BANDA LIMITATA (B) PER NON PERDERE INFORMAZIONI E CONSENTIRE LA CORRETTA RICOSTRUZIONE DEL SEGNALE; CIOÈ DEVE ESSERE

$$f_c \geq 2B$$

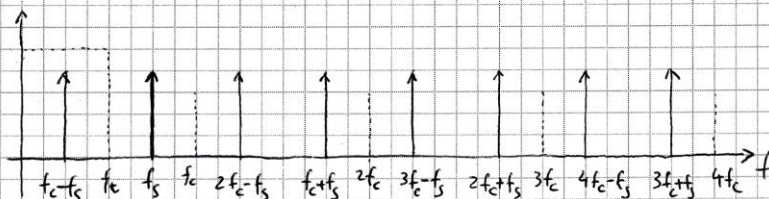


NEL PRIMO CASO LO SPETTRO DEL SEGNALE ORIGINARIO È SEPARATO DALL'IMMAGINE PIÙ VICINA E PUÒ ESSERE RECUPERATO FILTRANDO I CAMPIONI CON UN PASSA-BASSO CON FREQUENZA DI TAGLIO COMPRESA TRA B E $f_c - B$ CHE ELIMINA LE COMPONENTI A FREQUENZA SUPERIORE A B .

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 IRREMEDIEVEMENTE E PERTANTO NON PUÒ ESSERE RICOSTRUITO FEDELMENTE, SENZA DISTORSIONE (SI VERIFICA IL FENOMENO DI ALIASING) -

LO SPETTRO DEL SEGNALE CAMPIONATO È COSTITUITO DALL'LO SPETTRO DEL SEGNALE ORIGINARIO ACCOMPAGNATO DA UNA SERIE INFINITA DI SPETTRI IMMAGINE CHE RIPRODUCONO LO SPETTRO ORIGINARIO E IL SUO SIMMETRICO, INCENTRATI SULLE ARMONICHE DELLA FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO -

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 6 KHz È RIPORTATO A 2 KHz - IL FILTRO ESTRAE IL SEGNALE IMMAGINE A 2 KHz ANZICHÉ IL SEGNALE ORIGINARIO A 6 KHz -



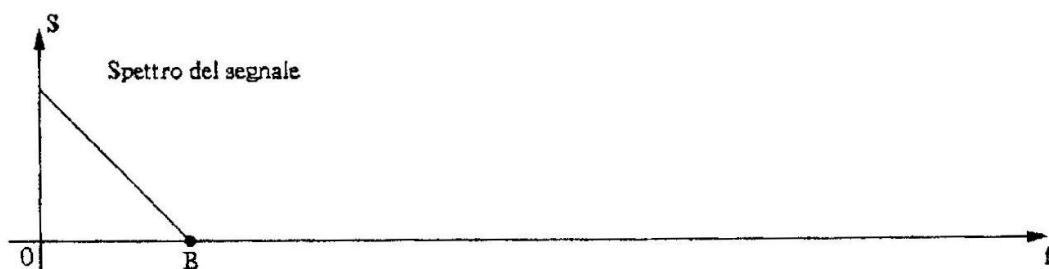
$$f_s = 6 \text{ KHz}$$

$$f_c = 8 \text{ KHz}$$

$$f_c - f_s = 2 \text{ KHz}$$

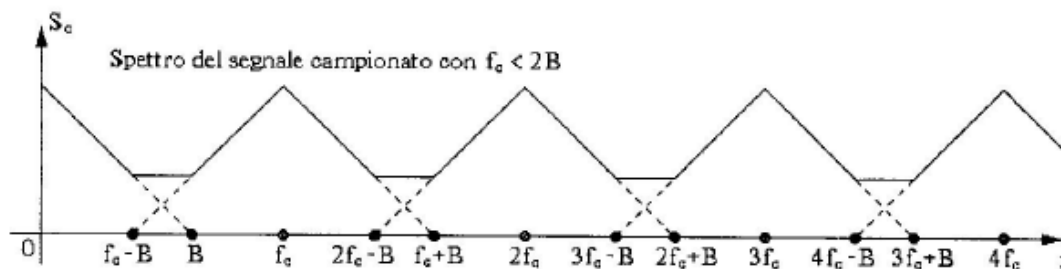
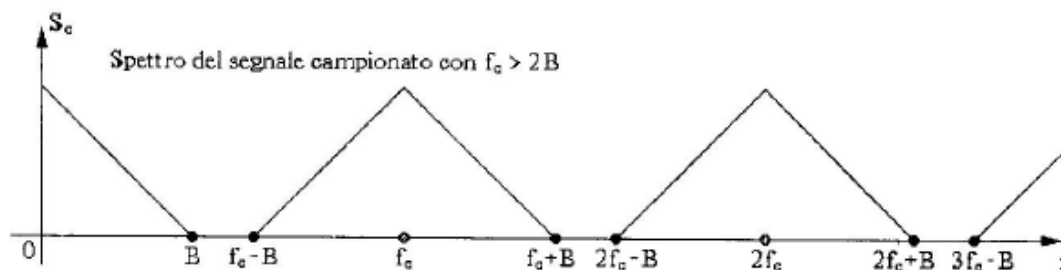
$$f_c - f_s = 2 \text{ KHz}$$

- Cosa stabilisce il teorema del campionamento di Shannon?
- 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.
- Un segnale sinusoidale a 8 KHz è campionato a 10 KHz e successivamente ricostruito con un filtro passa basso ideale con frequenza di taglio a 5 KHz. Spiegare il segnale ottenuto.



- 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

$$f_c \geq 2B$$



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.