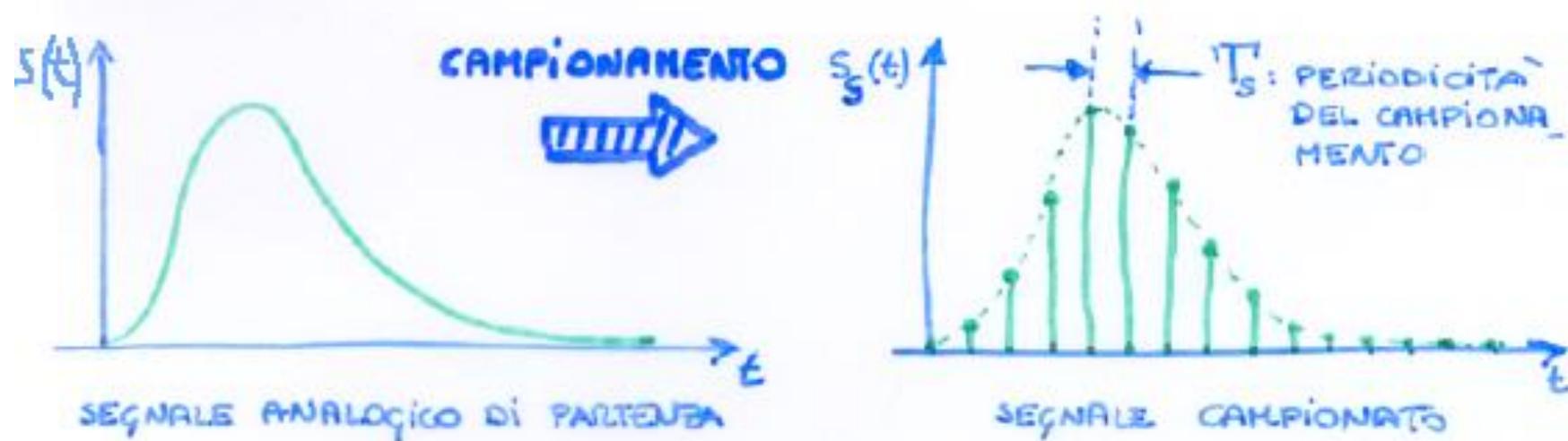


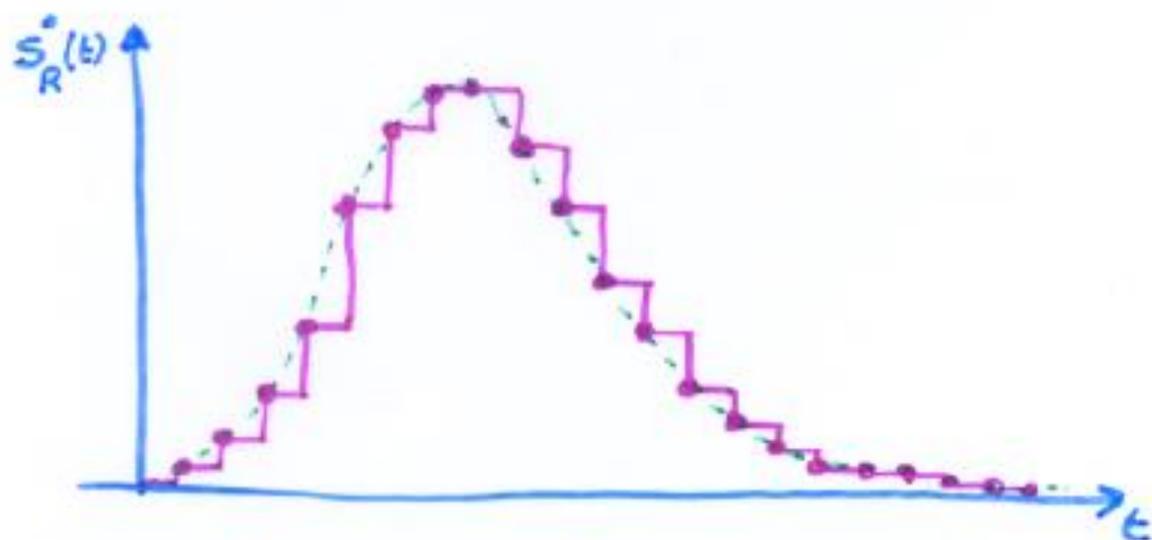
# TEOREMA DEL CAMPIONAMENTO



QUALI CONDIZIONI DEVONO ESSERE RISPETTATE PERCHE' IL SEGNALE ORIGINARIO ED IL SEGNALE CAMPIONATO ABBIAMO LO STESSO CONTENUTO DI INFORMAZIONI?

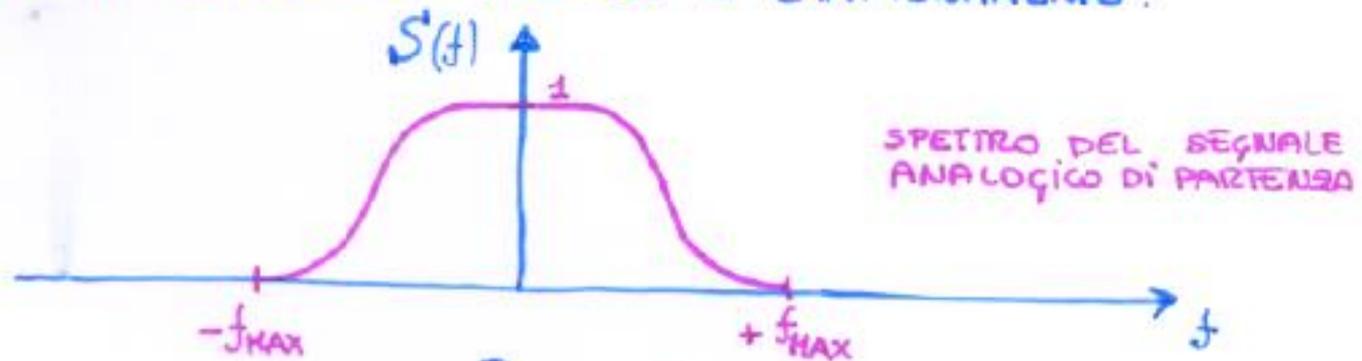
INTUITIVAMENTE: IL SEGNALE ORIGINARIO SI DEVE MANTENERE "RAGIONEVOLMENTE" COSTANTE TRA UN ISTANTE DI CAMPIONAMENTO ED IL SUCCESSIVO.

POSSO RICOSTRUIRE IL SEGNALE ASSUMENDO CHE SI MANTENESSE EFFETTIVAMENTE COSTANTE DURANTE  $T_s \Rightarrow$  RICOSTRUIAMO UN SEGNALE "A GRADINATA"



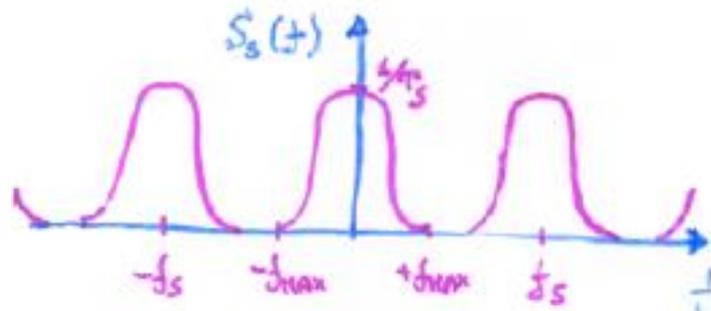
IL SEGNALE "A GRADINATA" APPROSSIMA TANTO MEGLIO IL SEGNALE ORIGINALE, QUANTO PIÙ IL TEMPO DI CAMPIONAMENTO È BREVE RISPETTO ALLA VARIAZIONE DEL SEGNALE IN INGRESSO.

VEDIAMO QUAL È LO SPETTRO DEL SEGNALE NEL DOMINIO DELLA FREQUENZA E CHE COSA PROVOCA IL CAMPIONAMENTO:

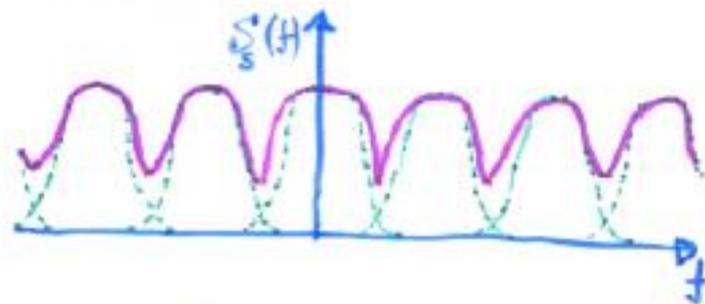


CAMPIONAMENTO DEL SEGNALE NEL TEMPO

$$f_s > 2f_{MAX}$$



$$f_s < 2f_{MAX}$$



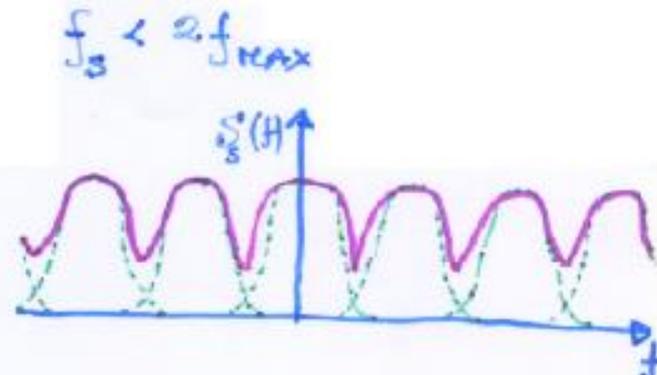
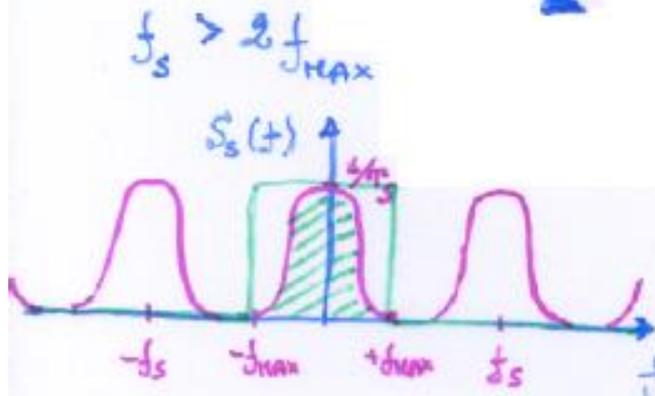
LO SPETTRO DEL SEGNALE CAMPIONATO È LA SOVRAPPOSIZIONE DELLO SPETTRO DEL SEGNALE ANALOGICO DI PARTENZA RIPETUTO AI MULTIPLI DELLA FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO  $f_s$  E SCALATO DI UN FATTORE  $\frac{1}{T_s}$

SE APPLICHIAMO UN FILTRO PASSA-BASSO CON LARGHEZZA DI  
 BAUDA PARI A  $f_{MAX}$   $\rightarrow$  POSSIAMO RICOSTRUIRE ESATTAMENTE  
 IL SEGNALE ANALOGICO DI PARTENZA A PATTO CHE NON C'ISIA  
 NO SOVRAPPOSIZIONI TRA LE RIPETIZIONI PERIODICHE DELLO  
 SPETTRO DEL SEGNALE ORIGINARIO.

LA CONDIZIONE PERCHÉ CIÒ NON AVVENGA CI È FORNITA DAL  
 TEOREMA DEL CAMPIONAMENTO (SHANNON, 1949)



CAMPIONAMENTO DEL SEGNALE NEL  
 TEMPO



# RICOSTRUZIONE - I

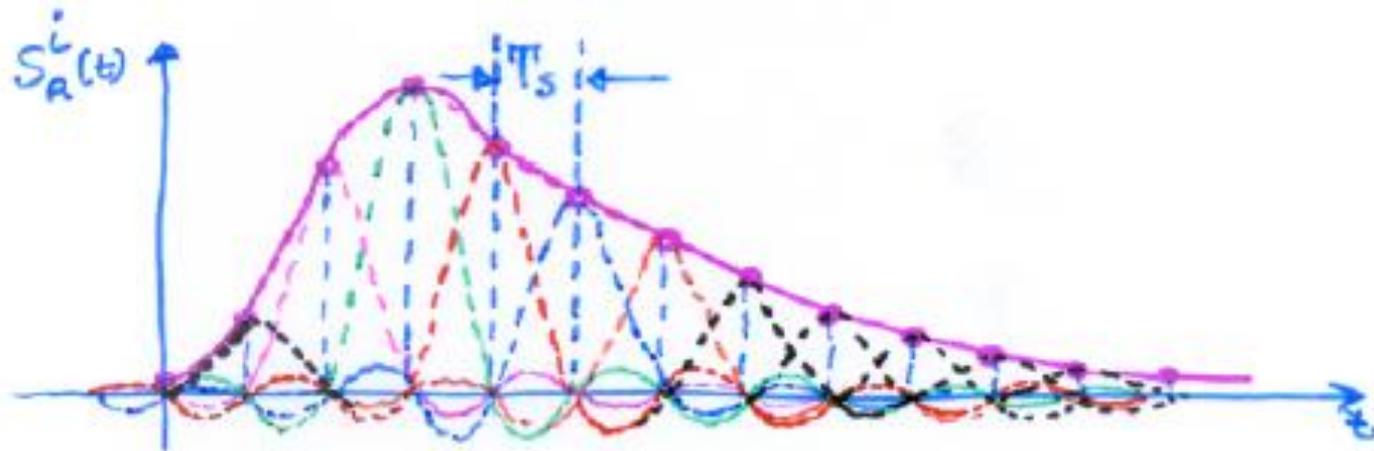
TEOREMA DEL CAMPIONAMENTO (SHANNON, 1949)

« SE UN SEGNALE  $s(t)$  NON CONTIENE COMPONENTI SPETTRALI DI FREQUENZA SUPERIORE A  $f_{\text{MAX}}$ , ALLORA ESSO È COMPLETAMENTE DETERMINATO DAI VALORI ASSUNTI IN CORRISPONDENZA DI ISTANTANEITÀ TEMPORALI SPAZIATI TRA LORO DI  $T_s = \frac{1}{2f_{\text{MAX}}}$  »



LA RICOSTRUZIONE IDEALE EFFETTUATA NEL DOMINIO DELLA FREQUENZA CON UN FILTRAGGIO PASSA-BASSO CON LARGHEZZA DI BANDA PARI A  $f_{\text{MAX}}$ , EQUIVALE NEL DOMINIO DEL TEMPO A "SOSTITUIRE" (CIOÈ CONVolvere) AD OGNI CAMPIONE UN SENO CARDINALE ( $\text{sinc } x = \frac{\sin x}{x}$ ) DI LARGHEZZA PARI ALLA DISTANZA TRA I CAMPIONI

# RICOSTRUZIONE - II



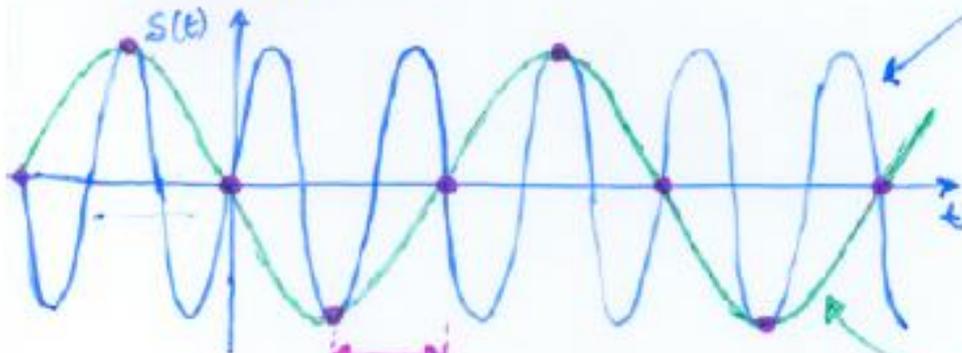
$$S_R^i(t) = \sum_{-\infty}^{+\infty} s(m T_s) \cdot \text{sinc} \left[ \pi \frac{t}{T_s} - m\pi \right]$$

CAMPIONI  $\uparrow$  FUNZIONE DI RICOSTRUZIONE

IL SEGNALE RICOSTRUITO, NELLA REALTÀ, RISULTA DISTORTO NEGLI ISTANTI INIZIALI E FINALI A CAUSA DEL TRONCAMENTO DELLE SING AGLI ESTREMI DELL'INTERVALLO CONSIDERATO, MENTRE LA TEORIA PER LA RICOSTRUZIONE IDEALE RICHIEDEREBBE L'USO DI SING INFINITE.

# ALIASING - I

QUANDO LA FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO NON È SUFFICIENTEMENTE ELEVATA (CIOÈ NON SODDISFA IL TEOREMA DEL CAMPIONAMENTO) SI POSSONO ORIGINARE SEQUENZE DI CAMPIONI CHE NON FORNISCONO DOPO L'OPERAZIONE DI RICOSTRUZIONE UN SEGNALE UGUALE A QUELLO CAMPIONATO



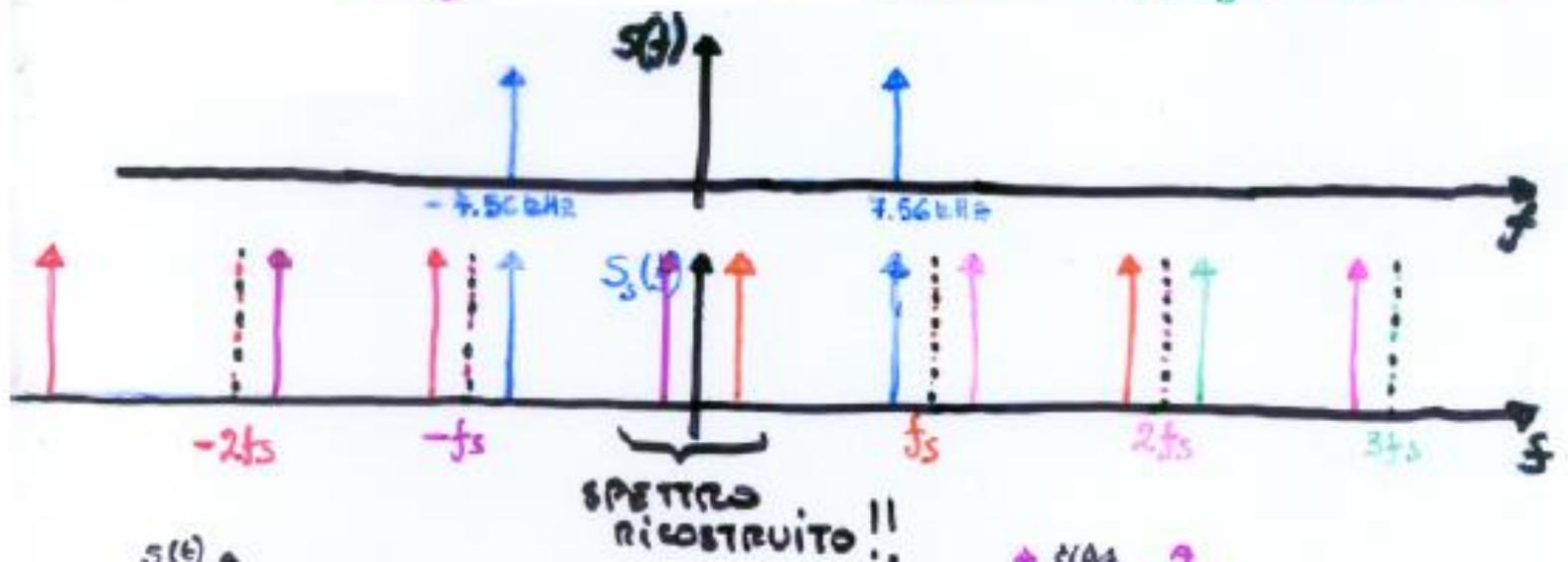
SEGNALE ANALOGICO:  
 $f = 7.56 \text{ kHz}$

$$f_{s \text{ min}} = 2 f_{\text{max}} = 15.12 \text{ kHz}$$

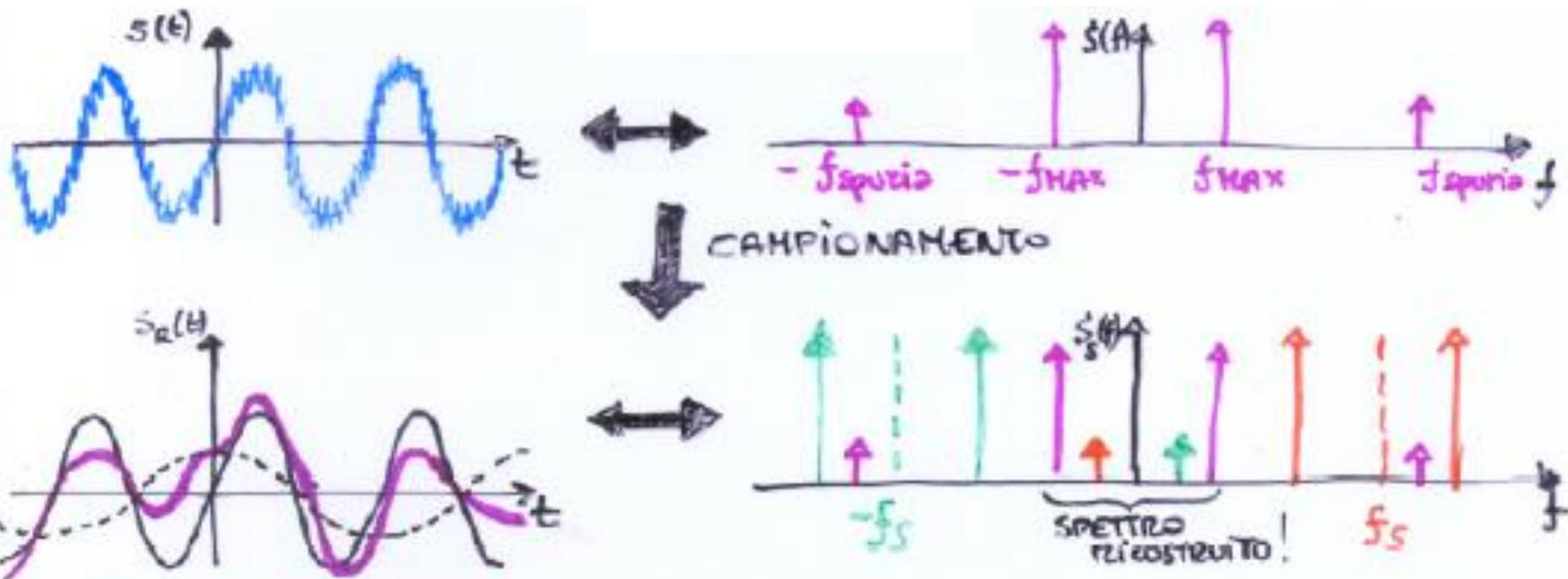
$$f_s = \frac{1}{T_s} = 8 \text{ kHz} \Rightarrow f_s < 2 f_{\text{max}} !!$$

SEGNALE RICOSTRUITO

$$f_r = f_s - f = 440 \text{ Hz}$$



# ALIASING - II



↳ **FILTRO ANTI-ALIASING** per limitare i segnali in banda al di sotto di  $f_e/2$

# CATENA DI ELABORAZIONE

