

# Metodi per la riduzione di offset e del rumore $1/f$

2D1C

nei circuiti bipolari è sufficiente una tecnica di laser trimming per limitare l'offset, mentre la sua deriva in temperatura può essere compensata automaticamente. Il rumore flicker normalmente non costituisce un problema

→ nei circuiti CMOS invece è necessario ridurre il rumore flicker aumentando l'area dei transistori, mentre per quanto riguarda l'offset non è possibile compensare automaticamente la deriva  
(aumento dell'area può essere limitato da specifiche di ingombro)

È necessario adottare delle tecniche particolari soprattutto per gli amplificatori CMOS che lavorano in tempo continuo ad esempio per la misura su termo coppie, strain gauge e resistenze verranno presentate:

- CDS Correlated Double Sampling
- AZ Auto Zero
- CM Chopper modulation

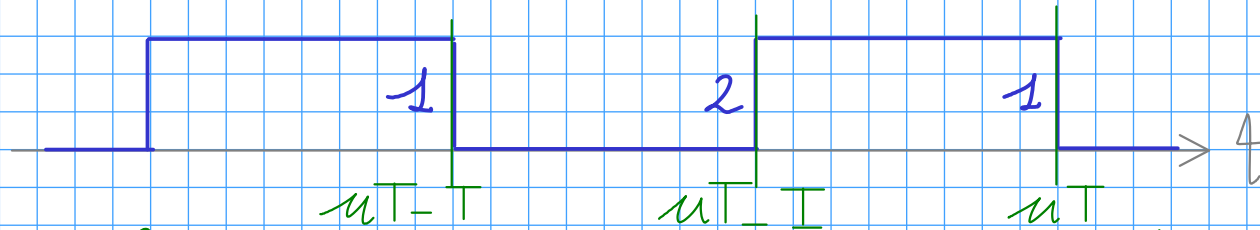
# CDS - Correlated Double Sampling

riprendo amplificatore Switched Capacitor

$$V_u = A V_{sd}^{(2)} + (A+1) (V_{io}^{(2)} - V_{io}^{(1)}) \text{ ripreso in ingresso, } \text{Hp } A \gg 1$$

$$RT1: v_s + \text{rumore} = v_{sd}^{(2)} + \frac{A+1}{A} (V_{io}^{(2)} - V_{io}^{(1)}) = v_{sd} + \underline{V_{io}^{(2)} - V_{io}^{(1)}}$$

considerando il segnale di clock



e gli istanti al termine della loro validità

$$v_{eqin}(nT) = v_{sd}(nT) + v_m(nT) - v_m(nT - \frac{T}{2})$$

in generale per tutti i sistemi CDS

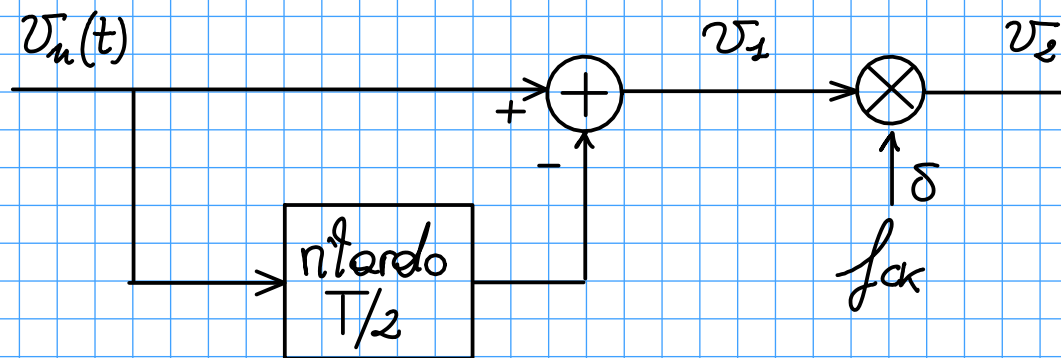
se  $f_{ck} \gg f_k$  corner  $\rightarrow$  viene eliminato anche rumore flicker

nota: è un sistema a tempo discreto, usata validità solo in corrispondenza degli istanti di campionamento inoltre viene introdotto aliasing

valutiamo l'effetto dell'aliasing nel campionamento

inserisco in ingresso solo rumore, poi con la sovrapposizione degli effetti ottengo il contributo complessivo

devo valutare  $v_n(nT) - v_n(nT - \frac{T}{2})$



naturalmente il segnale utile  $v_s$  non subisce il ritardo di  $T/2$  una volta direttamente sul moltiplicatore

cerco spettro del segnale  $v_2$  partendo da  $v_1$

$$v_2(nT) = v_n(nT) - v_n(nT - T/2)$$

$$v_1(t) = v_n(t) - v_n(t - T/2) \xrightarrow{\text{spettro}} V_1(f) = V_n(f) (1 - e^{-j2\pi f \frac{T}{2}})$$

$$V_1(f) = V_n(f) e^{-j2\pi f \frac{T}{4}} (e^{j2\pi f \frac{T}{4}} - e^{-j2\pi f \frac{T}{4}}) = V_n(f) e^{-j2\pi f \frac{T}{4}} \cdot \frac{2j \sin(\pi f \frac{T}{2})}{H(f)}$$

spettro  $S_{v_1}(f)$

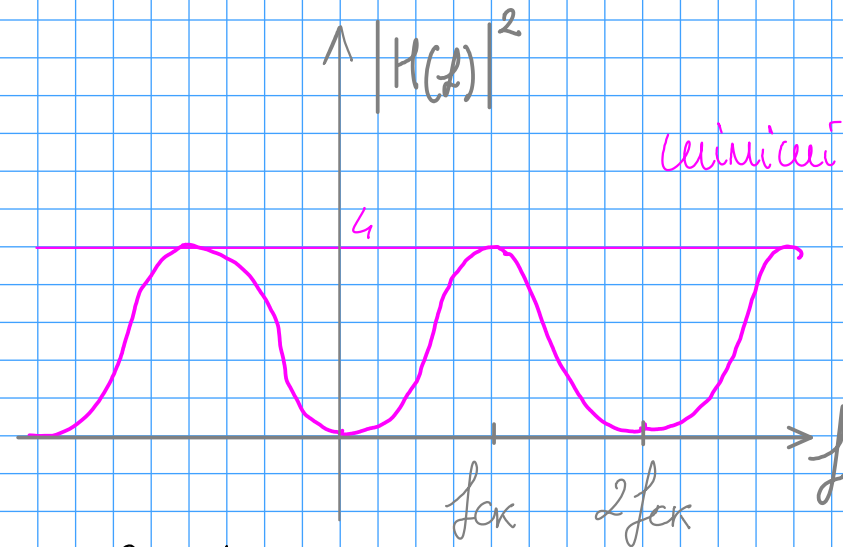
$$V_1(f) = V_n(f) H(f) \rightarrow S_{v_1}(f) = |H(f)|^2 S_{v_n}(f) = 4 \sin^2(\pi f \frac{T}{2}) S_{v_n}(f)$$

offset e contributi flicker sono annullati  
dal termine  $\sin^2$

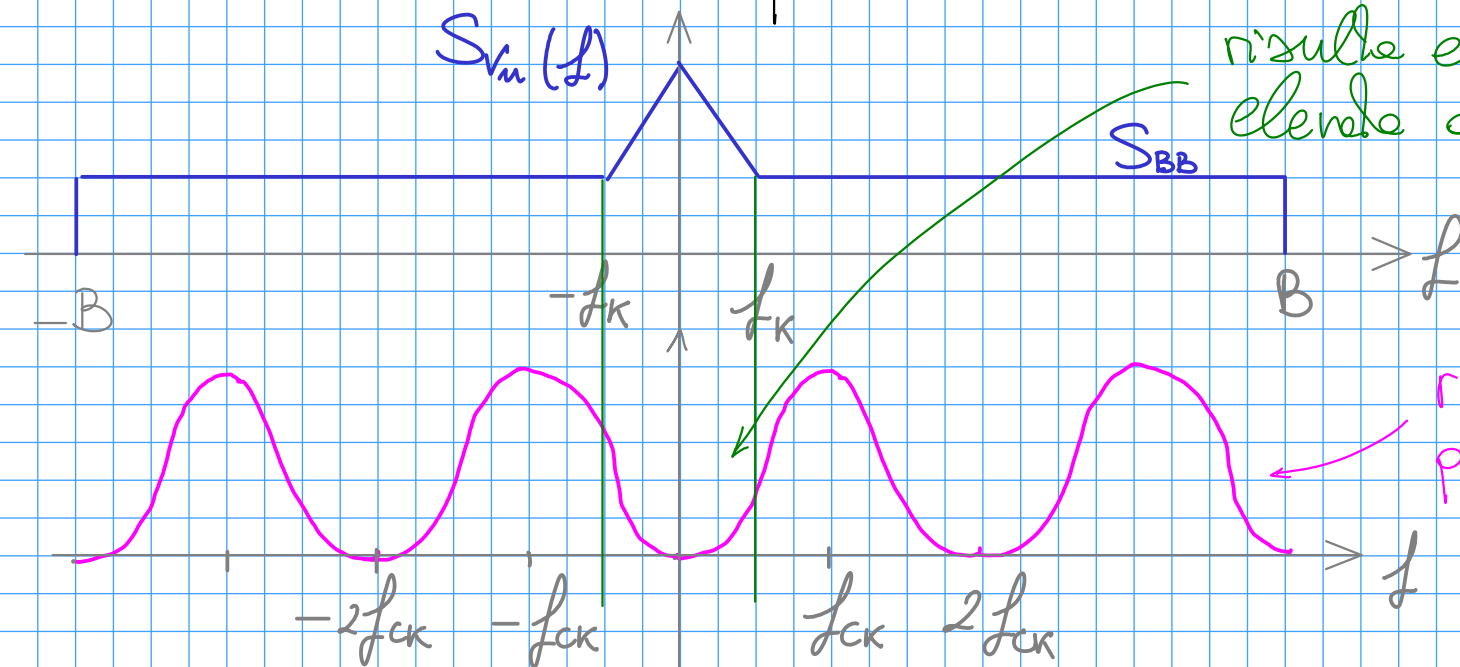
$$S_{v_2}(f) = 4 \sin^2\left(\pi f \frac{T}{2}\right) S_{v_m}(f)$$

minimo  $\pi f \frac{T}{2} = K T \rightarrow f = \frac{2}{T} K = 2 K f_{ck}$

campionare DSP in continuo significa  
campionare la funzione di autocorrelazione  
 $\rightarrow$  usare subito aliasing



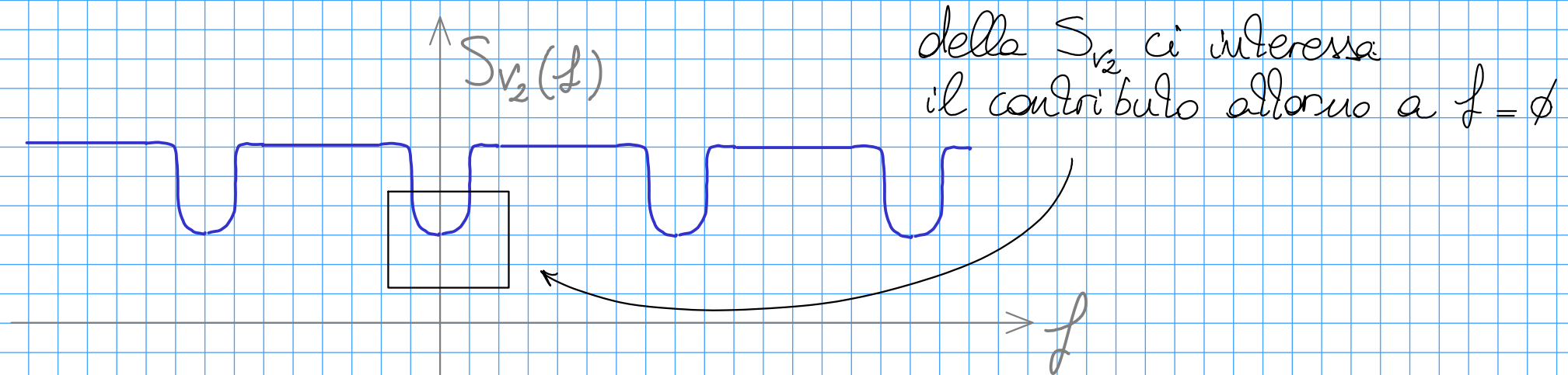
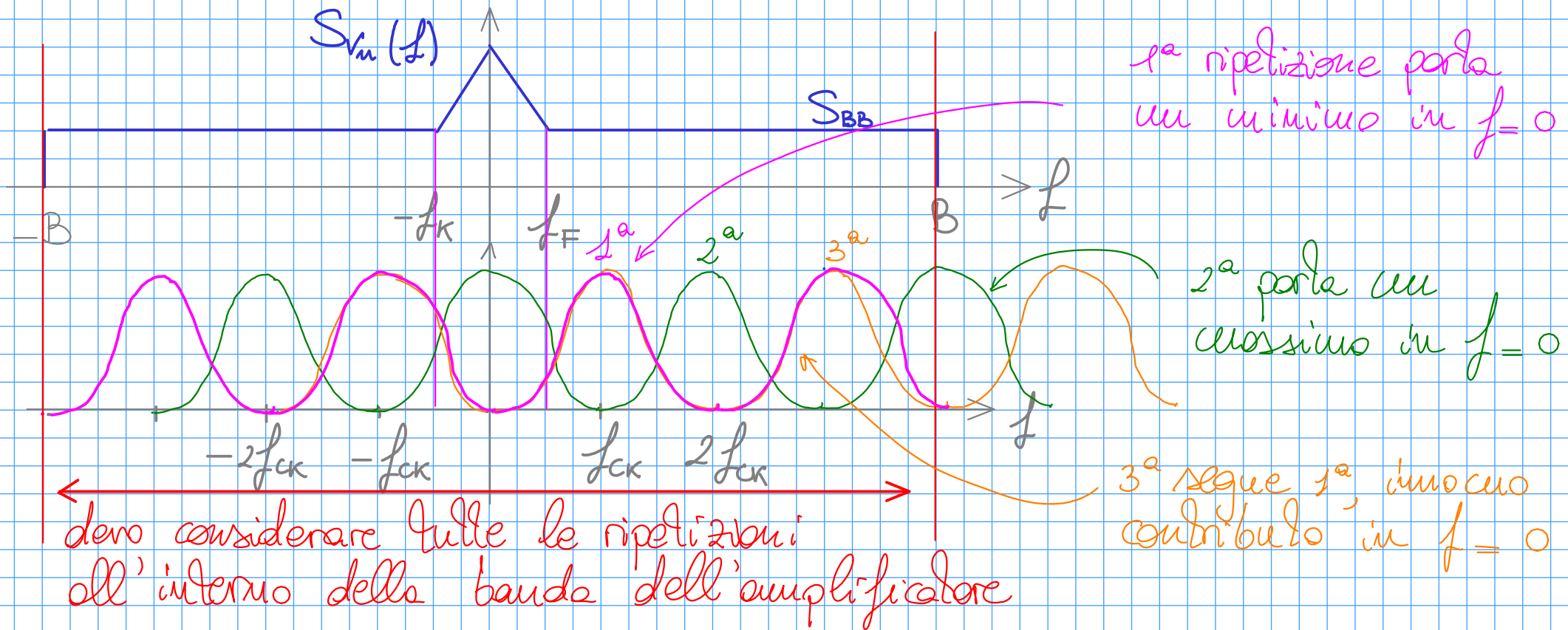
introduco ora l'intero spettro di rumore dell'amplificatore  $\rightarrow S_{v_m}(f)$   
risulta evidente perché una  $f_{ck}$   
elimina offset flicker



risposta del filtro  $|H(f)|$   
per calcolo  $S_{v_2}(f)$

unisco i due termini ed introduco il campionamento per calcolo  $S_{v_2}$

campionamento  $\rightarrow$  ripetizione della DSP con traslazioni di  $f_{ck}$

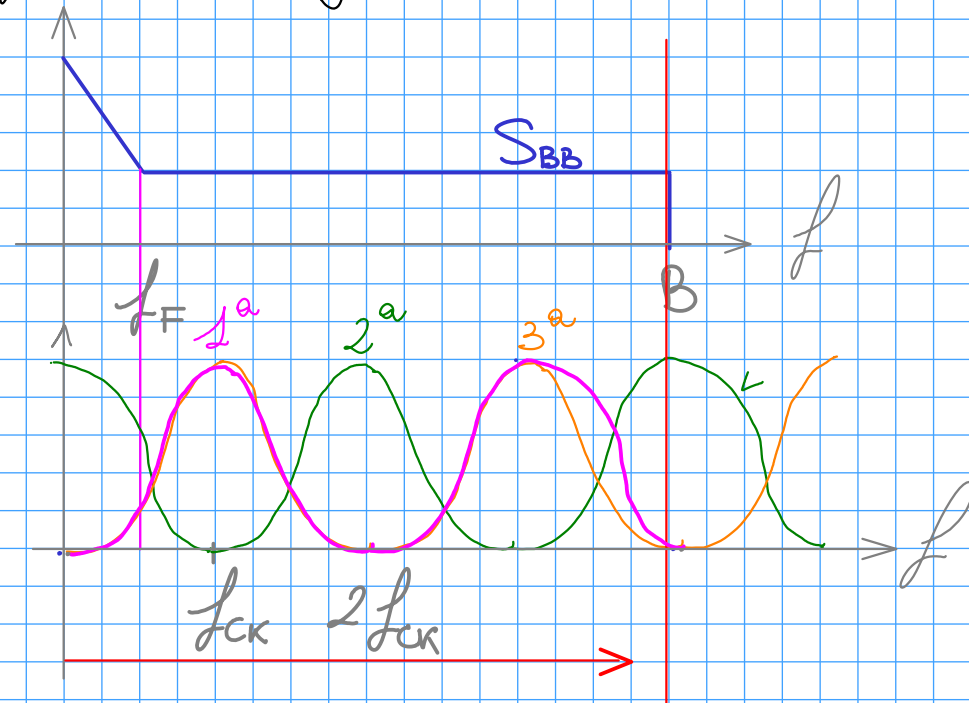


ci interessa  $S_{v_2}(0)$  ovvero il residuo di rumore in continua, da confrontare con  $S_F$  e  $S_{v_{io}}$

senza CDS in continuo  
troverei flicker e offset

quantifico  $S_{v_2}(0)$  attraverso analisi grafica aliasing

- ogni replica porta con se un contributo di  $4S_{BB}$
- per sapere il numero delle repliche divido  $B$  per  $f_{ck}$
- solo le repliche pari danno contributo in continua, quindi divido per 2
- stesse cose per  $f$  negative, aggiungo fattore 2



unisco i vari passaggi →

$$S_{v_2}(0) = \frac{2}{2} \frac{B}{f_{ck}} 4S_{BB}$$

numero repliche

contributo singola replica

fattore  $4B/f_{ck}$  definito Noise foldover, con  $f_{ck}$  limitata da risposta ampli

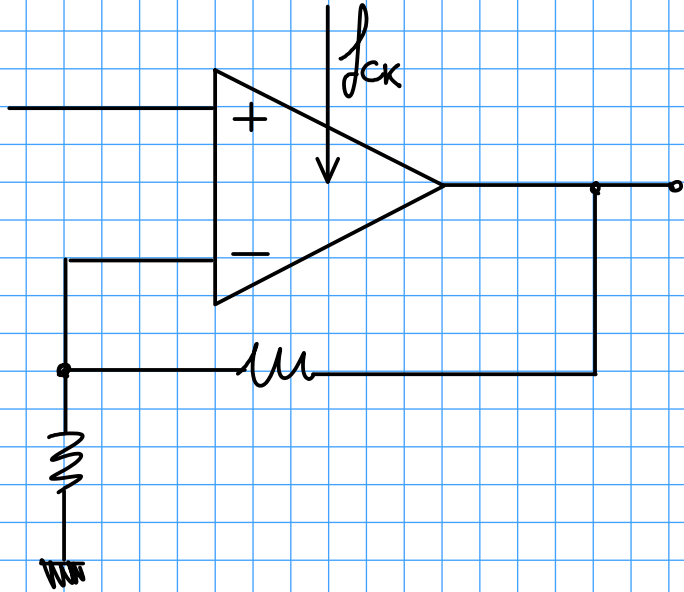
regola pratica →  $\frac{B}{f_{ck}} \geq 6$  "amplifico"  $S_{BB}$ , ma resto solo livello flicker



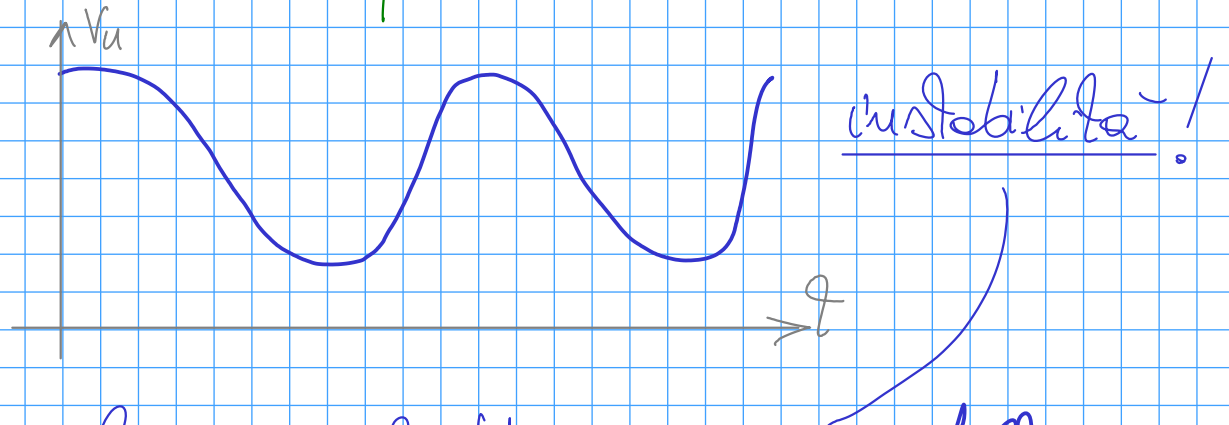


Problema tecnica a campionamento  $\rightarrow$  anche per CDS

utilizzo tipico di un opamp è in retroazione, per garantire stabilità



se applico un segnale di clock al sistema per effettuare, ad esempio, la CDS per via della larghezza di banda l'oscillazione passa in uscita



una possibile soluzione potrebbe essere un filtro sull'uscita, ma questo limiterebbe il GBW richiesto dalle specifiche!

tecnica CDS non è adatta in questo caso