

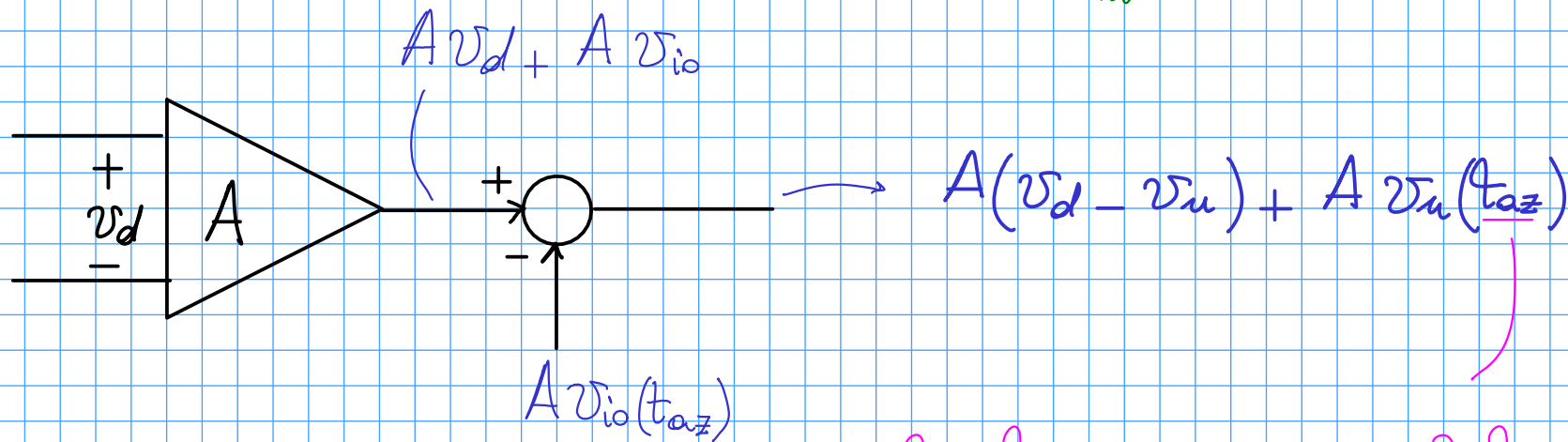
AZ - Autozero

ridurre limiti CDS dovuti alla presenza di un campionamento

5 DIC

principio di funzionamento:
"periodicamente misuro l'offset + rumore, memorizzo il valore e lo sottraggo all'uscita in tempo continuo"

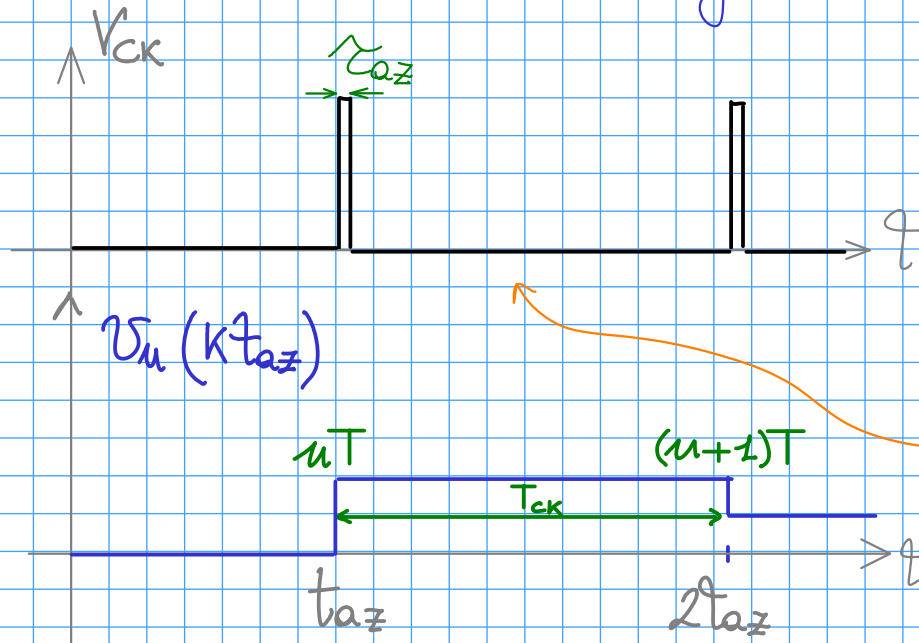
note: con v_n si intende rumore e offset



istante in cui è stato memorizzato l'offset - Periodicamente viene misurato, ad esempio ogni ms

il sistema funziona esattamente come un normale amplificatore tempo continuo

Periodicamente si eseguono cicli di autozero, dove aggiorniamo $V_u(t_{az})$



simili ad un segnale di clock ma con un duty cycle molto ridotto

durante τ_{az} viene misurato livello offset e rumore

componenti di rumore attenuate soprattutto se a frequenza inferiore a frequenza refresh

ridurre la frequenza di refresh limita l'efficacia della cancellazione delle componenti a f maggiore, ma contemporaneamente limita Noise foldover (presente in CDS)

utilizzando un $\tau_{az} \ll T_{ck} \rightarrow$ posso trascurare τ_{az} nel funzionamento complessivo e considerare quindi il sistema come tempo continuo

per approfondire si vede serie LTC di Linear Technologies

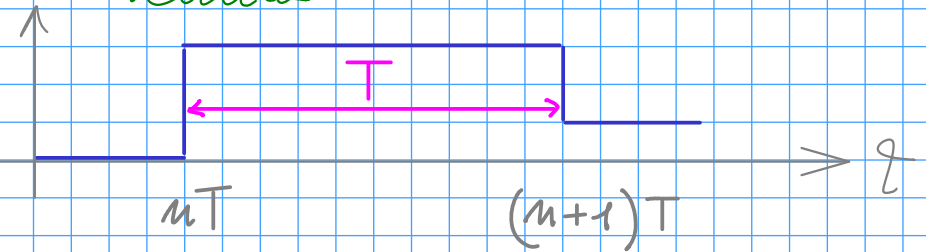
Studio funzionamento in frequenza per quantificare il rumore

$$V_u = A(V_S(t) - V_u(t)) + A v_u(nT)$$

riporto in ingresso

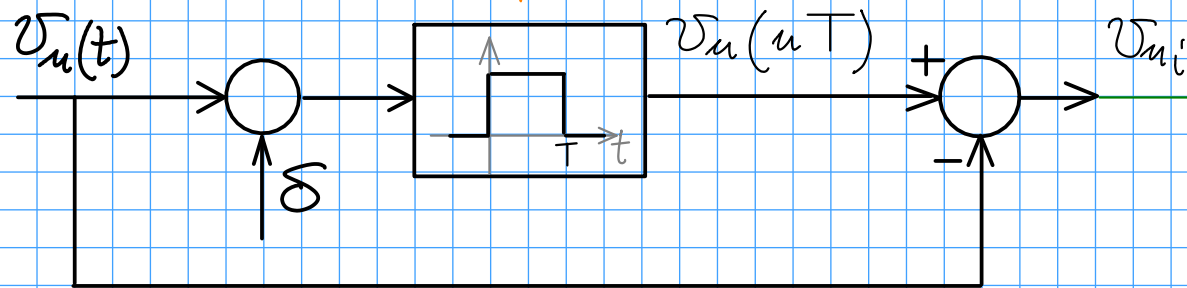
$$V_{ui} = V_S(t) - \underbrace{V_u(t)}_{\text{disturbo}} + v_u(nT)$$

segnale campionato con
tenuta

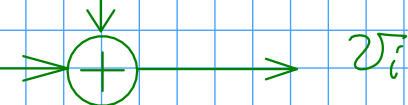


in termini di schema a blocchi, del
~~solo~~ percorso della componente di rumore

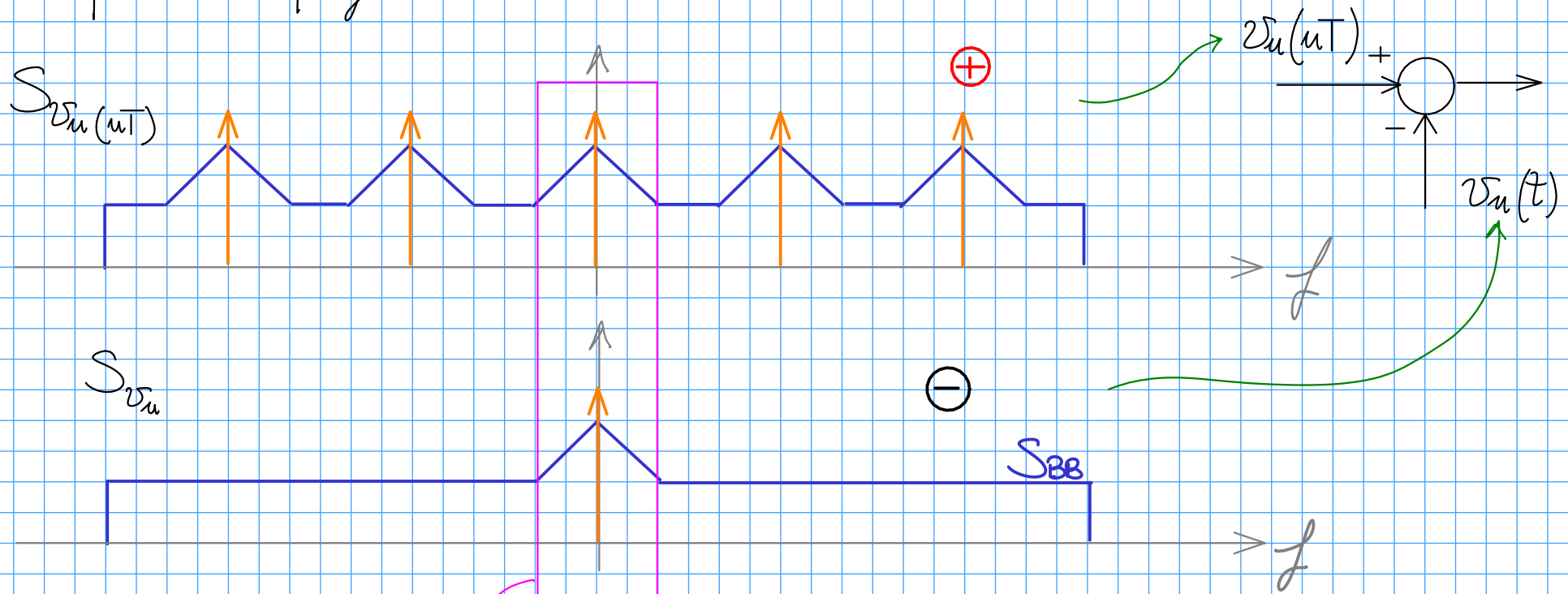
rappresentazione a blocchi
dell'hold effettuato dopo
il campionamento



se volessi rappresentare il segnale utile $V_S(t)$
basterebbe un unico collegamento per l'ingresso
 $V_S(t)$

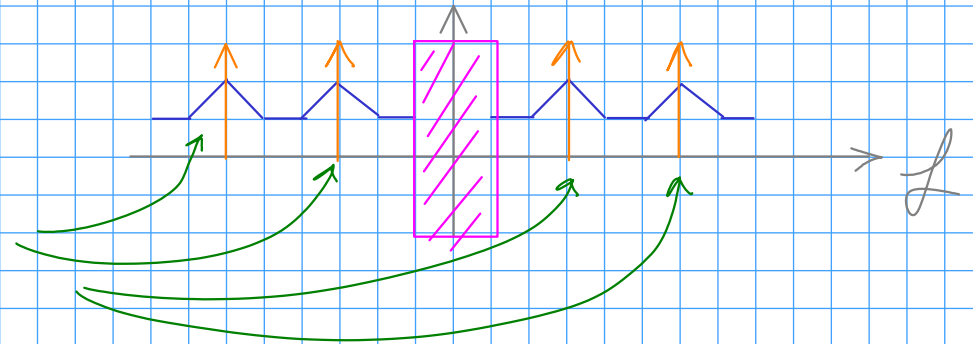


troviamo il solo rumore, studio le due componenti, con un metodo intuitivo per semplificare la trattazione

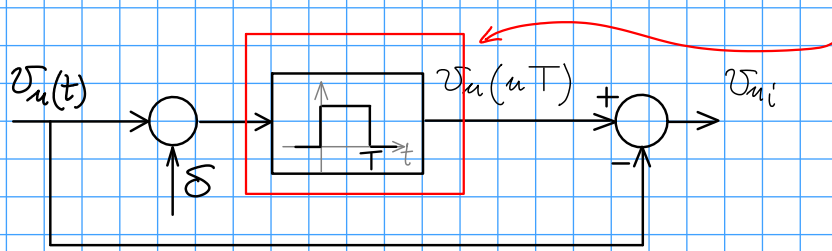


nella differenza si annulla solo la replica in banda base, contenente il rumore flicker e l'offset

il metodo sembra funzionare sulle componenti a bassa frequenza ma introduce componenti sullo spettro S_{BB} anche di ampiezza elevata



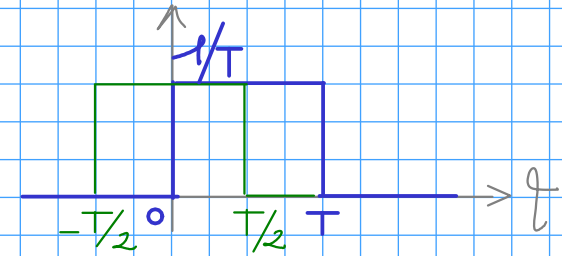
acvin.it introduciamo l'effetto dell'hold, corrispondente alla memorizzazione



campione viene mantenuto per un tempo T fino ad un nuovo aggiornamento

l'operazione di hold nel tempo è rappresentata da una funzione gradino, non nulla da 0 a T

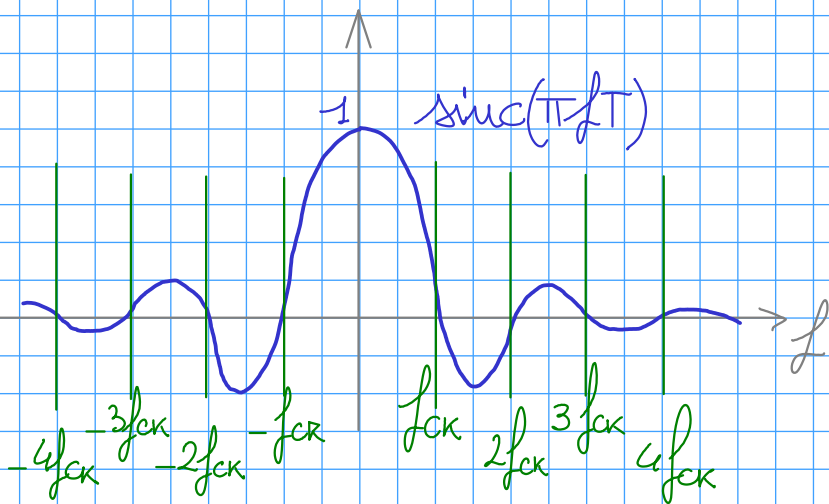
$$u(t) = \text{rect}\left(\frac{t + T/2}{T}\right) \quad \text{rect traslato di } T/2$$



in frequenza l'operazione si traduce in una moltiplicazione per una SINC e un ritardo di $T/2$

$$H(f) = \delta \text{sinc}(\pi f T) e^{-j2\pi f T/2}$$

ci interessa modulo di $H(f)$ scompare contributo sulla fase



cerco dove si posizionano i nulli della SINC

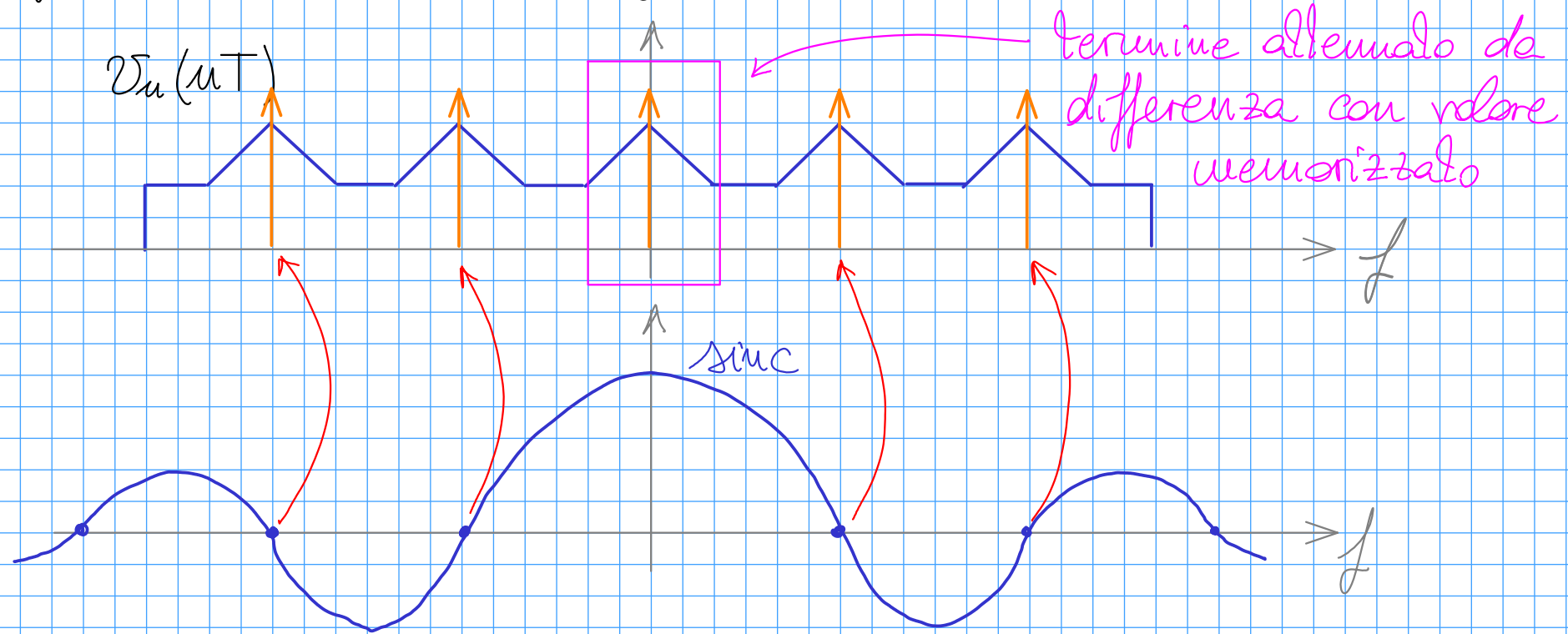
$$fT = K \quad \text{con} \quad \text{sinc}(x) = \frac{\text{Si}(x)}{x}$$

$$f = K f_{ck}$$

con $K \neq 0$

si posizionano esattamente sui picchi delle repliche del segnale v_u

effetto della sinc sul segnale di rumore $\Sigma u(nT)$ prima della differenza

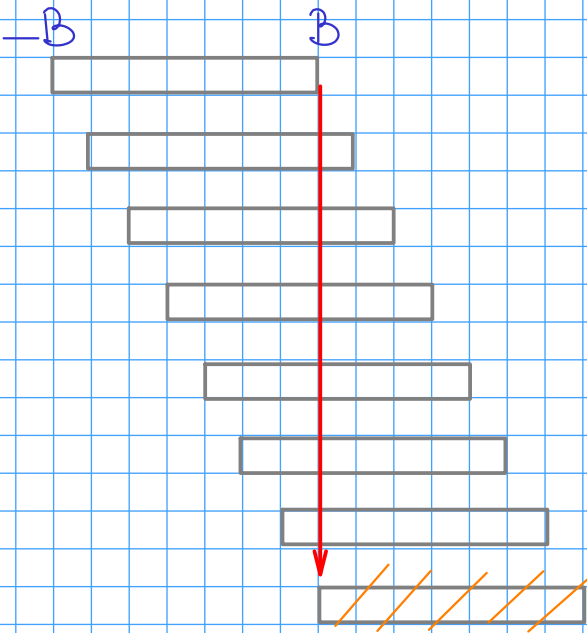


l'effetto della sinc limita il contributo delle varie repliche mentre non ha azione sull'origine, dove ha azione invece l'operazione di differenza

nel complesso: offset pesantemente ridotto, restano componenti del flicker più lontane dalla continua

Quantifichiamo il rumore introdotto in banda base

→ dalle repliche eliminando picco, una componente S_{BB} viene sommata!



come visto per CDS, il campionamento produce una componente di aliasing in continua, è necessario tenerla in considerazione per valutare l'efficienza della tecnica

→ ogni replica porta con sé $S_{BB} \cdot |Sinc^2(\pi f T)|$, nel massimo pari a S_{BB}

→ si avranno un numero di repliche pari a B/f_{ck} moltiplicato per 2 per tenere conto delle frequenze negative

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

da confrontare con
il $\frac{4B}{f_{ck}} S_{BB}$ della CDS

riduco di un fattore due il Noise foldover, ma non ho ancora verificato se esistono limiti sul rapporto B/f_{ck}

→ la riduzione del rumore è particolarmente efficace per le componenti a bassa frequenza (offset e flicker) ma introduce repliche di S_{BB} in base al rapporto B/f_{ck}

quanto può valere B/f_{ck} ?

per Hp di funzionamento in tempo continuo l'impulso di refresh τ_{az} deve avere durata limitata rispetto al periodo, in modo da trascurarlo



deve valere $\tau_{az} \ll T$ ciò implica che la banda dell'amplificatore sia tale da portare il sistema a regime in τ_{az} (altrimenti si avrebbe misura falsata)

$$\left. \begin{array}{l} \tau_{az} \sim \frac{1}{B} \\ \tau_{az} \ll T_{ck} \end{array} \right\} \rightarrow$$

$$\frac{B}{f_{ck}} \gg 1$$

incremento, e di un fattore consistente, il rumore S_{BB}

ad esempio per LTC si ha

$$\left. \begin{array}{l} B = 1 \text{ MHz} \\ f_{ck} = 1 \text{ kHz} \end{array} \right\} \rightarrow \text{fattore } 1000!$$

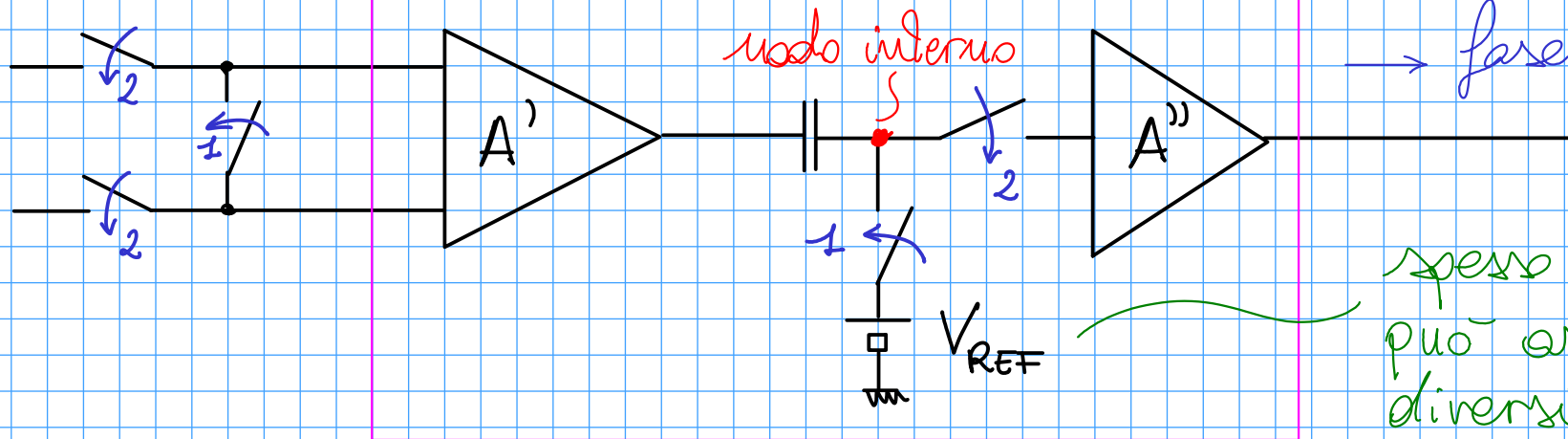
pregio $AZ \rightarrow$ limite flicker e offset in tempo continuo

difetto $AZ \rightarrow$ elevato rumore S_{BB} di un fattore elevato, importante se sorgente è a basso rumore!

Applicazione tecnica Auto Zero

autozero spesso è attuato sul nodo interno alla catena di amplificazione per evitare la saturazione dovuta ad un'elevata amplificazione del rumore
 → potrei eseguirla anche in ingresso, ma attenzione all'iniezione di carica!

amplificatore completo $A'A''=A_{vd}$

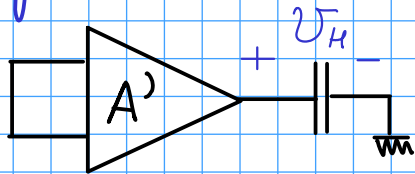


→ fase 1 di durata τ_{az}

→ fase 2 di durata $T - \tau_{az}$

spesso pari a GND, ma può assumere valori diversi

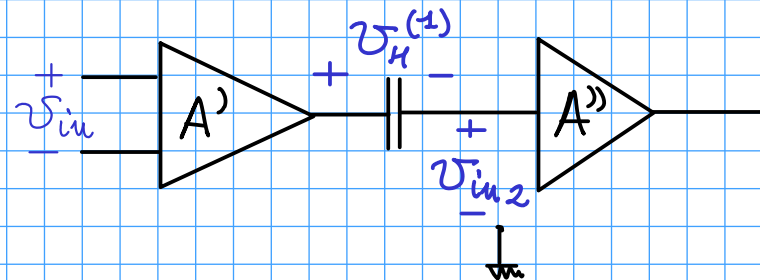
fase 1



$$V_c = -A V_{in}$$

campionamento rumore

fase 2

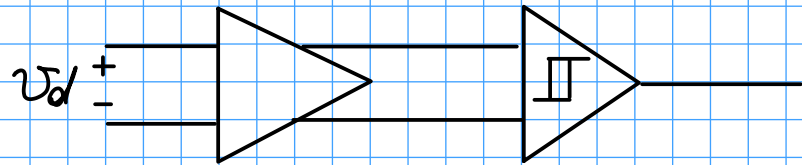


$$V_{in2} = A(V_d - V_{in}) - V_H^{(1)} = A V_d - \underline{A V_{in}^{(2)}} + \underline{A V_{in}^{(1)}}$$

elimino componenti a bassa freq.

Applicazione della tecnica AZ ai comparatori a piccola isteresi

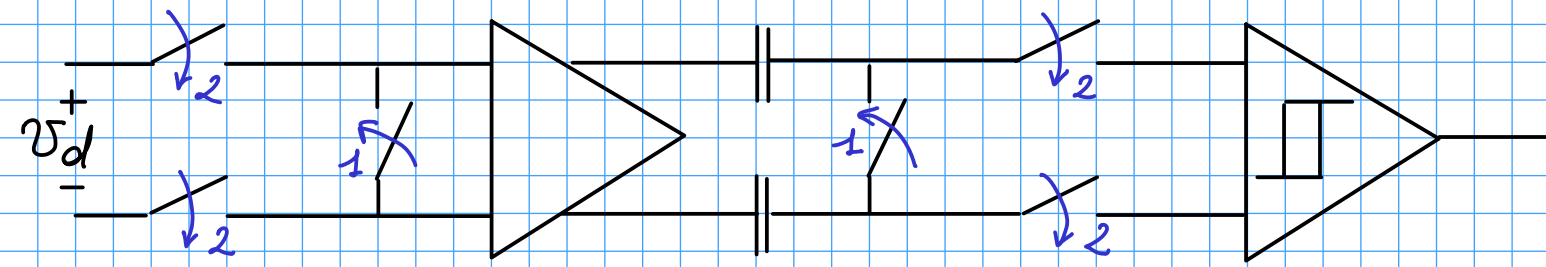
Come abbiamo già visto si realizzano con un amplificatore fully differential e in cascata un comparatore con isteresi



l'uscita della ~~regia~~ viene ridotta di un fattore A_{vd} , quindi sarà nell'ordine dei μV

→ si introduce però il problema delle commutazioni spurie dovute al rumore, legate a fluttuazioni dell'uscita dell'amplificatore

soluzione: utilizzo tecnica AZ



limite offset e flicker del fully differential

utilizzo di un amplificatore porta alcuni vantaggi:

- riduco l'isteresi di un fattore A_{vd}
- permette l'utilizzo dell'Auto Zero
- aumento tempo misura τ_{az} , limite richiesto su B e in conseguenza riduco fattore di Noise foldover