

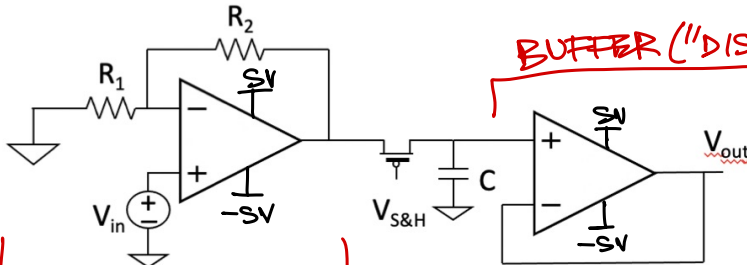
03/12/2020

Si consideri il circuito in figura in cui entrambi gli Amplificatori Operazionali sono alimentati tra $+V_{DD}$ e $-V_{DD}$. Sia V_{in} un segnale compreso tra $[-100mV; +100mV]$.

1) Determinare il valore di R_2 che consente di sfruttare tutta la dinamica dello stadio amplificante.

Si consideri d'ora in poi $R_2 = 24k\Omega$.

- 2) Determinare gli intervalli di tensione del comando $V_{S\&H}$ compatibili con il corretto funzionamento del circuito.
- 3) Determinare la tensione di comando da applicare al sample and hold per garantire una resistenza di 50Ω in fase di sample
- 4) Considerando una R_{ON} del S&H pari a 50Ω , determinare il minimo SR del secondo amplificatore operazionale compatibile con il corretto funzionamento del circuito.
- 5) Se il secondo Amplificatore Operazionale ha una corrente di Bias pari a $200nA$, determinare la massima durata della fase di hold perché il droop del segnale sia inferiore a $2mV$.



BUFFER ("DISACCOPIA" IL MONDO CHE SEGUE)

MISERVE A MASSIMIZZARE L'ACQUISIZIONE CON ADC (TRASLERÒ E AMPLIFICHERÒ)

DATI:

$$R_1 = 1k\Omega$$

$$V_{DD} = 5V$$

$$C = 1nF$$

$$V_T = -1V$$

$$|k_p| = 1mA/V^2$$

NOTA: CI DOBBLIAMO DIMENTICARE DELLE VECCHIE APPROSSIMAZIONI INGEGNERISTICHE!

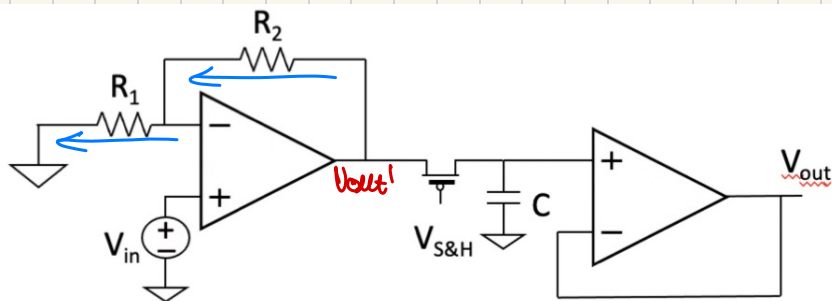
IL NOSTRO NUOVO RIFERIMENTO È L'LSB ($\frac{\text{FONDOSCALA}}{2^N}$)

$$LSB = \frac{FSR}{2^N} = \frac{5V}{2^{10}} = 5mV$$

↑
ESEMPIO

1) NON È DIRETTAMENTE COLLEGATO ALL'ADC, MA MI ASPETTO SIA ANCHE LUI COLLEGATO TRA $-5V$ E $+5V$

⇒ VOGLIO SFRUTTARE TUTTA LA DINAMICA DELL'ADC PRILLO OPAMP: È RETRO AZIONATO, NEGATIVAMENTE, CONFIGURAZIONE NON INVERTENTE



$$V_{out1} = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

VOGLIAMO SFRUTTARE TUTTA LA DINAMICA EQUINDI

$$V_{in} = SV, \text{ CON } V_{in} = +100mV \text{ (E PER SIMMETRIA } -100mV) \\ \downarrow \\ -SV$$

ATTENZIONE: NON SEMPRE IN USCITA HO SIMMETRIA!
QUINDI DEVO ANCHE TRASLARE!

$$V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = SV \\ \text{100mV} \quad \text{4k}\Omega \quad \text{50}$$

$$\Rightarrow R_2 = 49k\Omega$$

2) $R_2 = 24k\Omega$, DIVERSO DA PRIMA

MA QUINDI CAMBIERÀ LA DINAMICA (NON POSSO OVVIAMENTE SUPERARE $\pm SV$)

$GID = 2S \Rightarrow$ IL SEGNALE SARÀ $\frac{1}{2}$ DI PRIMA ($\pm SV$)

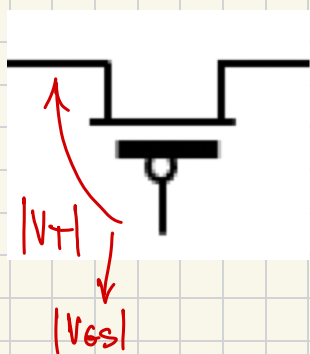
DOBBIAMO ORA CERCARE GLI INTERVALLI DI TENSIONE PER GARANTIRE CHE SIA LE FASI DI SAMPLE CHE DI HOLD ABBIANO INTERVALLI RAGIONEVOLI
HO UN MOS: RICORDIAMO CHE UN MOS HA SOGLIE DI CARICA/SCARICA IN BASE ALLA TIPOLOGIA (E TENSIONE DI SOGLIA)
($|V_{GS}| > |V_t|$)

QUI: MOSP $\rightarrow$ SI SCARICA A MENO DI $|V_t|$

AVENDO GUADAGNO 2S, VADO DA $-2,5V$ A $+2,5V$ SU VOLT!
CERCO IL CASO PESSIMO:

- FASE DI SAMPLE: VOGLIO IL MOS ACCESO

IPOTIZZO ZONA TOTALMENTE OHMICA ($U_s = V_D$)
PERCHÉ IDEALMENTE IL SAMPLE CAMPIONA LA STESSA TENSIONE



⇒ VOGLIO IL GATE A UNA TENSIONE PIÙ BASSA DI SOURCE E DRAIN A MENO DI $|V_T|$

⇒ IL CASO PESSIMO È -2,5V (DEVO ANDARE PIÙ IN BASSO)

$$V_{S\&H} \leq -2,5V - 1V = -3,5V$$

- FASE DI HOLD: VOGLIO IL MOS SPENTO

E QUINDI VOGLIO LA DIFFERENZA TRA V_{in} E $V_{S\&H} < |V_T|$

⇒ LA $V_{S\&H}$ DEVE "INSEGUIRE" LA VARIAZIONE DI V_{in}

⇒ CASO PESSIMO CON +2,5V

$$V_{S\&H} \geq 2,5V - 1V = +1,5V$$

3) TENIAMO DA CONTO QUESTI VALORI ANCHE IN QUESTO PUNTO

LA RESISTENZA QUAL È? È QUELLA DEL MOS
PIÙ AUMENTO $|V_{GS}|$, PIÙ $R_{DS(on)}$ DIMINUISCE (STO AUMENTANDO IL CANALE)

$$R_{DS(on)} = \frac{1}{2K(V_{GS} - V_T)} = 50\Omega \Rightarrow |V_{GS} - V_T| = 10$$

$\uparrow$ 1mA $\uparrow$? $\uparrow$ -1V

(POTREI FARE I CONTI CON I VERSI GIUSTI)

$$\Rightarrow |V_{GS}| = 11$$

IL CASO PESSIMO PER STAR E ACCESO È -2,5V
(PERCHÉ DEVO ANDARE PIÙ IN BASSO)

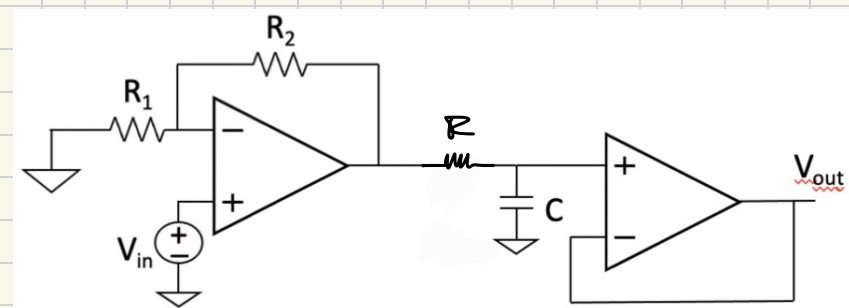
(CON 2,5V SAREBBE OVVIAMENTE PIÙ FACILE)

$$\Rightarrow V_G = -13,5V \rightarrow \hat{=} < -3,5V \Rightarrow \text{OK! (DI SOLITO } \leq) \rightarrow \text{COSÌ } R \leq 50\Omega$$

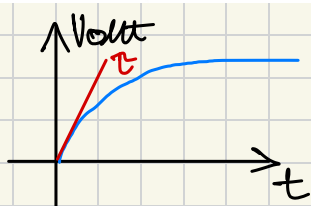
4) $R_{DS(on)} = 50 \Omega$

CASO PESSIMO È QUELLO IN CUI V_{in} VARIA A GRADINO (PENDENZA INFINITA)

ENTRA IN GIOCO LA $R = 50 \Omega$ PER CALCOLARE LA τ :



HO UN CONSUMETTO RC:
GUARDO COME RISPONDE
AL GRADINO E SO CHE
SAPRÀ RISPONDERE
A TUTTO (PENDENZA MASSIMA)



$$V_{out} = \cancel{V_{iniz}} + \Delta V (1 - e^{-t/\tau})$$

NON CI
INTERESSA
(COSTANTE)

TRA L'ALTRO, DEVO DERIVARE!

$$\Rightarrow \frac{dV_{out}}{dt} = \frac{\Delta V}{\tau} \rightarrow \text{MI MANCA QUESTO!}$$

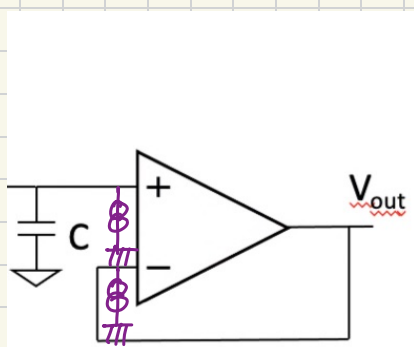
$$\tau \rightarrow RC = 50 \Omega \cdot 1 \mu F$$

MA ALLORA DEVO MASSIMIZZARE $\Delta V \Rightarrow -2,5V \rightarrow 2,5V$
 $\Rightarrow \Delta V = 5V$

$$\Rightarrow \frac{\Delta V}{\tau} = \frac{5V}{RC} = 100 V/\mu s \Rightarrow SR \geq 100 V/\mu s$$

PER NON ESSERE LIMITATO

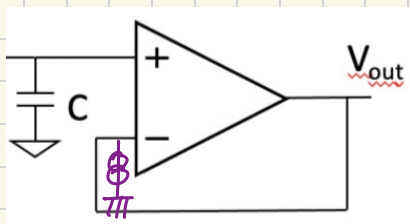
5) NOTO: IL PRIMO OPAMP È COMUNQUE **CHiuso DAL MOS NELLA FASE DI HOLD** (NON INFLUISCE SUL CONDENSATORE)



NON MI INTERESSA SE ENTRANTI O USCENTI PERCHÉ AUMENTA O DIMINUISCE LA TENSIONE SUL CONDENSATORE COMUNQUE

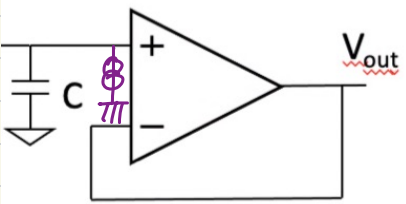
("È COMUNQUE UN PROBLEMA")

AL NODO -;



SI CHIUDE SULL'ANELLO DI RETROAZIONE ALLA PUNTA DELL'OPAMP: NON MI INTERESSA

AL NODO +:



DEVE PROVENIRE DAL CONDENSATORE, CHE PERÒ È ISOLATO!

$$\text{DROOP} = \Delta V = \frac{I}{C} \cdot \Delta t$$

$\uparrow$ 2mV $\rightarrow$ 200μA $\rightarrow$ 1μF

⇒ L'UNICA COSA CHE POSSO VARIARE È Δt

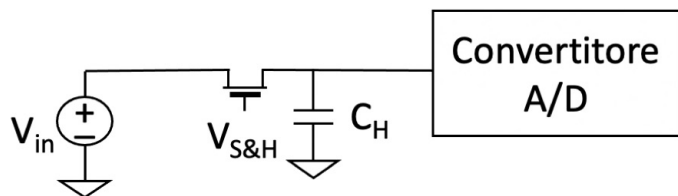
$$\Rightarrow \Delta t = 10 \mu s$$

⇒ $T_{\text{hold}} \leq 10 \mu s$ → PUÒ PASSARE IL TEMPO, PUÒ SCARICARE IL CONDENSATORE

2)

Sia V_{IN} un sensore che produce un segnale sinusoidale con le seguenti caratteristiche:
 $V_{IN} = A \sin(2\pi f_{IN} t)$, con $A \in [+10mV; +100mV]$ e $f_{IN} \in [10kHz; 100kHz]$.

1. Determinare il tempo di campionamento del segnale che consentirebbe di rimuovere il Sample and Hold. Si consideri accettabile un errore pari a 1/1000 del segnale.
2. Si consideri ora una durata della fase di hold pari a 1μs. Determinare la massima durata della fase di sample compatibile con il corretto funzionamento del circuito.
3. Considerando una $R_{ON} = 10\Omega$ del Sample and Hold, calcolare la massima corrente richiesta al sensore.
4. Si consideri ora una tensione di comando del Sample and Hold pari a 3V in fase di sample. determinare la K_n del MOS necessaria per avere una R_{on} di 10 ohm
- 6) Considerando la stessa tensione di comando del punto precedente in fase di sample, determinare la tensione da applicare in fase di hold per avere un errore inferiore a 1/1000 del segnale nel passaggio dalla fase di sample alla fase di hold

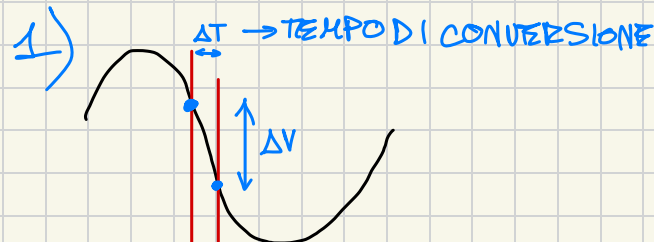


DATI:

$$C_H = 30nF$$

$$V_T = 1V$$

$$C_{par} = 0.1pF$$



MA COME FACCIO AD DIRE CHE UN TEMPO SIA ABBASTANZA STRETTO? AD OGNI Δt CORRISPONDE UN ΔV , MA SE DIMINUISCO Δt , IL RISPETTO DI DIMINUIRE ΔV

$$\text{MA SE } \Delta V < \frac{1}{1000} \cdot V_{in}$$

ALLORA PER NOI È ACCETTABILE

5) determinare le tensioni di comando del S&H compatibili con il corretto funzionamento del circuito

SE CI PENSIAMO, ESSENDO Δt MOLTO PICCOLO, QUESTO È IL CONCETTO DI DERIVATA

$$\Delta v = \frac{\partial v_{in}}{\partial t} \cdot \Delta t$$

$\uparrow$ $\frac{1}{1000} v_{in}$ $\uparrow$?

$$\frac{dv_{in}}{dt} = A \cdot 2\pi f \sin(2\pi f t) \cdot \frac{1}{\dots}$$

$\Rightarrow \frac{1}{1000} \cdot A = A \cdot 2\pi f \cdot 1 \cdot \Delta t$

IL SEGNALE VARIA DA $-A$ AD A (ANDREBBE BENE ANCHE $|A - (-A)| = 2A$)
 CASO PESSIMO: FREQUENZA MASSIMA (PERCHÉ ADARI Δt NON MAGGIORE) (NON CI SONO CONVENZIONI)

$$\Rightarrow \Delta t \leq 1,58 \mu s$$

2) So:

$$T_s + T_H = T_{CAMP}$$

$\downarrow$? $\downarrow$ $1 \mu s$ $\downarrow$ MA QUESTO ME LO HANNO FATTO CADERE

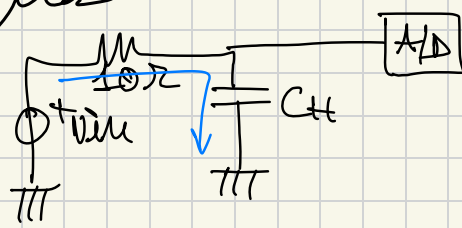
QUI IL CASO PESSIMO È AL SOLITO QUELLO PER CUI IO VADO PIÙ VELOCE (100 kHz)

TEOREMA DEL CAMPIONAMENTO: DEVO CAMPIONARE AD ALMENO DUE VOLTE LA FREQUENZA DEL SEGNALE

$$\Rightarrow 200 \text{ kHz} \Rightarrow \frac{1}{200 \text{ kHz}} = 5 \mu s$$

NE RIMANGONO $4 \mu s$ PER IL SAMPLE

3) $R_{ON} = 10 \Omega$



PERCHÉ MASSIMA?
 PERCHÉ SE CAMPIONO UNA FREQUENZA MAGGIORE T_{CAMP} SI RIDUCE, QUINDI IL MASSIMO È QUESTO

STAVOLTA SO CHE IL MIO SEGNALE È UNA SINUSOIDE

$$I = C \frac{dV}{dt} \Big|_{\max} = C \cdot A \cdot 2\pi f \sin$$

$\uparrow$ 30 nF $\uparrow$ 100 mV $\uparrow$ 100 kHz

MA NON È IL CASO PESSIMO!
 (MENTIONATO IN E19)

IL CASO PESSIMO, DI COMUTAZIONE TRA INTERRUZIONE APERTO E CHIUSO, È:

$$\Rightarrow I = C \cdot \frac{dV}{dt} \Big|_{\max} = C \cdot \frac{200 \text{ mV}}{\tau} = 20 \text{ nA}$$

$\tau \rightarrow 10 \times 30 \text{ nF}$

5) - SAMPLE: VOGLIO $V_{GS} > V_T$ (ACCESO)

$$\Rightarrow 100 \text{ mV} + 1 \text{ V} = 1,1 \text{ V} \Rightarrow V_G \geq 1,1 \text{ V}$$

- HOLD: VOGLIO $V_{GS} < V_T$ (SPENTO)

$$\Rightarrow -100 \text{ mV} + 1 \text{ V} = 0,9 \text{ V} \Rightarrow V_G \leq 0,9 \text{ V}$$

NOTO QUI I SEGNALE MOLTO PIÙ PICCOLI RISPETTO A PRIMA

4) $R_{DS(on)} = \frac{1}{2K(V_{GS} - V_T)} = 10 \Omega \Rightarrow K = 26,3 \text{ nA/V}^2$

$\uparrow$? $\uparrow$ $\uparrow$ 1 V

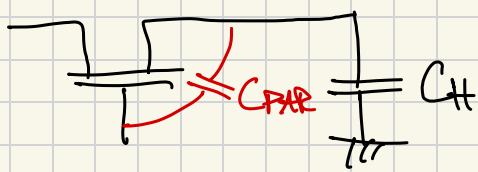
CASO PESSIMO: 2,9 V (+100 mV su Vin)

6) $\frac{3 \text{ V}}{\text{SAMPLE}}$

$\Delta V \rightarrow$ PER AVERE UN ERRORE INTERIORE A $\frac{1}{1000}$

HOLD $\rightarrow$ ALTRIMENTI IL MOS NON SI SPEGNEREBBE

NON HO ALTRE IDEALITÀ DA CONSIDERARE, SE NON LA CAPACITÀ PARASSITA:



DANDO IL GRADINO, HO UNA PARTIZIONE CAPACITIVA

(PROPORZIONALE A ΔV)

$\rightarrow 0,1 \text{ pF}$

$$\Delta V \cdot \frac{C_{\text{PAR}}}{C_{\text{PAR}} + C_{\text{H}}} = \frac{1}{1000} \cdot A$$

$\downarrow$?
 $\downarrow$ TRASCORRIBILE
 $\downarrow$ 30mF

$\rightarrow 10 \text{ mV}$

$\rightarrow$ STAVOLTA VUOLGO IL VALORE PIÙ PICCOLO!

$$\frac{1}{1000} \cdot 10 \text{ mV} < \frac{1}{1000} \cdot 100 \text{ mV}$$

$$\Rightarrow \Delta V = 3 \text{ V}$$

$\Rightarrow$ HOLD NON PUÒ SCENDERE SOTTO 0 V (0 V < 0,9 V DA HOLD)
 $\Rightarrow$ OK!
(AUMENTEREBBE L'ERRORE)