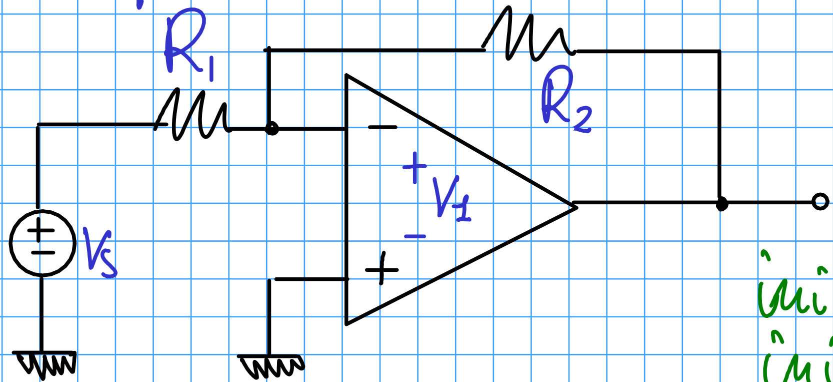
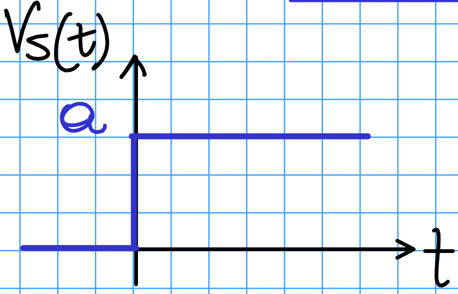
Risposta a gradino operazionale reale

22 nov

amplificatore invertente   caso più semplice



applico scalino di ampiezza a



inizio, studio tensione agli ingressi V_1 inizialmente nulla (inerzia della capacità di compensazione)

$$V_1 = a\frac{R_2}{R_1+R_2} + \cancel{V_u\frac{R_2}{R_1+R_2}}$$

due situazioni iniziali di partenza:

1. $\rightarrow \quad a\dfrac{R_2}{R_1+R_2} < 4V_T \quad \rightarrow$ no slew rate
2. $\rightarrow \quad a\dfrac{R_2}{R_1+R_2} > 4V_T \quad \rightarrow$ parto in slew rate

situazione iniziale

CASO 1 — NO SLEW RATE

$V_R = 4V_T$

se $a\frac{R_2}{R_1+R_2} < 4V_T \longrightarrow$ operazionale non parte in slewrate (e tantomeno ci finirà dopo)

$$V_u(t) = -\frac{R_2}{R_1}a\left(1-e^{-t/\tau}\right)$$

come evolve sistema ?

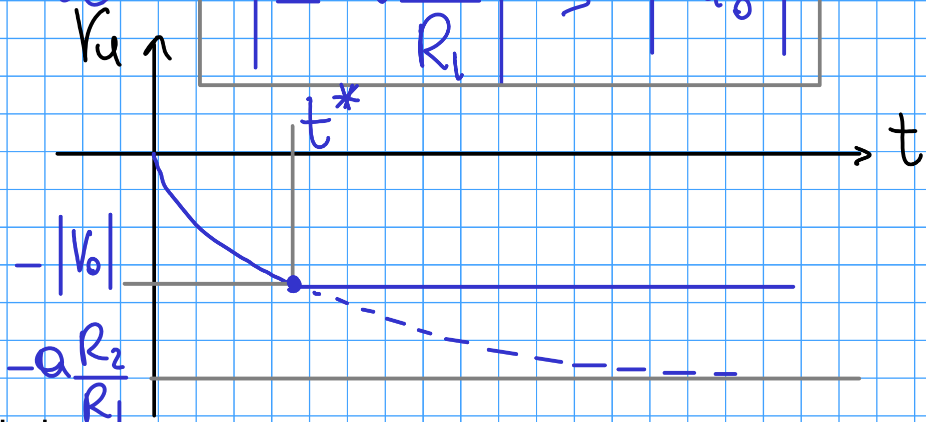
se $\boxed{\left|-a\frac{R_2}{R_1}\right| \le |V_{u_0}|} \longrightarrow$ non ho saturazione uscita V_u tende a valore $-aR_2/R_1$

resta da calcolare τ, polo del circuito retroazionato, due metodi

- bovino, con scomposizione e calcoli
- furbo, con formula PGB

$$\alpha_0 PGB_{\alpha} = A(0)f_p$$

se $\boxed{\left|-a\frac{R_2}{R_1}\right| > |V_{u_0}|} \longrightarrow$ saturazione uscita prima del raggiungimento di $-a\frac{R_2}{R_1}$



posso calcolare t^* una volta noto τ

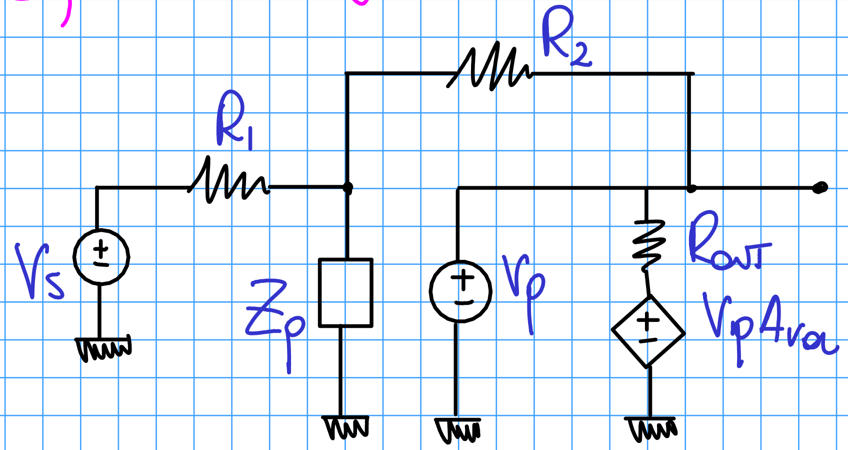
vediamo il calcolo di τ, metodo furbo:

$$|A(0)| = \frac{R_2}{R_1}$$

$$PGB_A = 1\,MHz$$

$$A_{vol\phi} = 200'000$$

$$f_{op} = 4\,Hz$$



α_0 con scomposizione

$$\alpha_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$f_p\, A(0) = \alpha_0\, PGB_A \longrightarrow f_p = \frac{\cancel{R_2}}{R_1 + R_2} \cdot A_{vol\phi}\, f_{op}\, \frac{R_1}{\cancel{R_2}}$$

$$f_p = A_{vol\phi} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

quindi $\tau \longrightarrow$ $\boxed{\tau} = \frac{1}{2\pi f_p} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{2\pi A_{vol\phi} f_{op}}$

acvin.it

IN PRESENZA DI RETROAZIONE, VARIANO QUANTITÀ CIRCUITO

$$\left.\begin{aligned} f_{op} &\longrightarrow f_{op}(1-\beta A) \\ A_{vol} &\longrightarrow \frac{A_{vol}}{1-\beta A} \end{aligned}\right\}$$

$\alpha = 1$

$$f_{op} A_{vol} \longrightarrow \cancel{f_{op}(1-\beta A)} \frac{A_{vol\phi}}{\cancel{1-\beta A}}$$

PGB COSTANTE

$\alpha < 1$

$$\left.\begin{aligned} f_{op} &\longrightarrow f_{op}(1-\beta A) \\ A_{vol\phi} &\longrightarrow \alpha_0 \frac{A_{vol\phi}}{1-\beta A} \end{aligned}\right\}$$

$$f_{op} A_{vol\phi} \longrightarrow \alpha_0 f_{op} A_{vol\phi}$$

SICCOME PGB SI CONSERVA

$$f_p A(0) = \alpha_0 f_{op} A_{vol\phi} = \alpha_0 PGB_A$$

CASO 2 PARTENZA IN SLEW RATE

condizione di partenza

$$\boxed{\text{con } a\frac{R_2}{R_1+R_2} > 4V_T}$$

→ parte in slew rate, poi come evolve?

studio evoluzione

CASO A

slew rate fino a saturazione

CASO B

esce da slew rate e tende a valore asintotico dell'esponenziale $-a\frac{R_2}{R_1}$

CASO C

esce da slew rate e prosegue con esponenziale fino a saturazione

confronto su andamento (con V_u negativa) → confronto comprende anche V_u, perché diversa da zero

$$a\frac{R_2}{R_1+R_2} + V_u\frac{R_1}{R_1+R_2} \gtrless 4V_T$$

CASO A → SLEW RATE FINO A SATURAZIONE

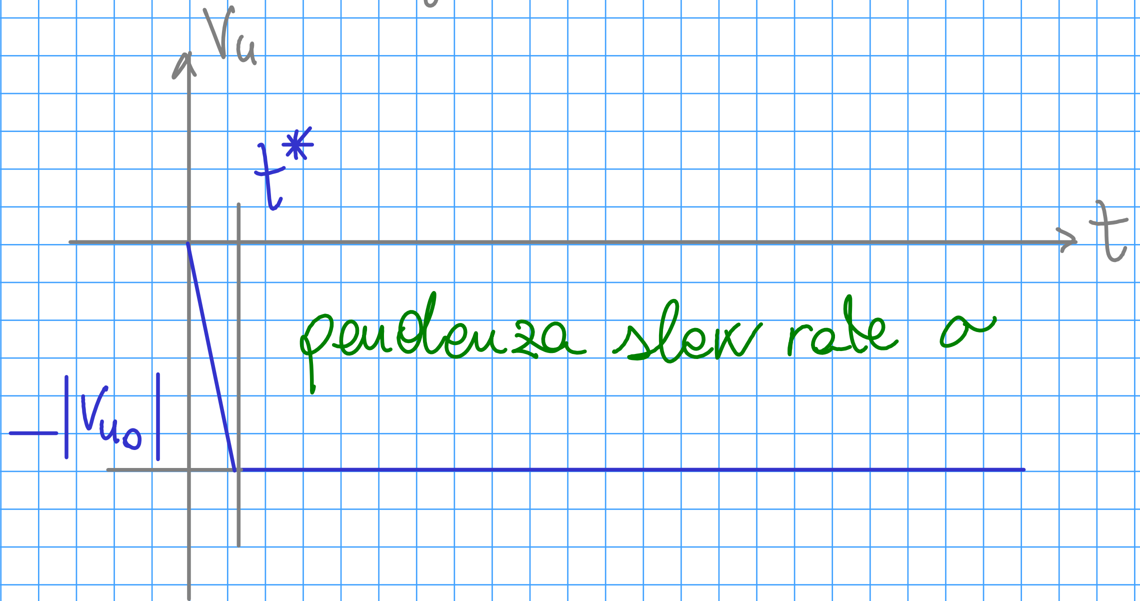
quindi $a\frac{R_2}{R_1+R_2} + V_u\frac{R_1}{R_1+R_2} > 4V_T$ per ogni t dell'evoluzione

analizzo caso peggiore, quando la V_u raggiunge la saturazione se la condizione è ancora valida, lo sarà sicuramente con V_u minori

$$a\frac{R_2}{R_1+R_2} - |V_{u0}|\frac{R_1}{R_1+R_2} \geq 4V_T$$

se verifica sono in caso A

l'uscita seguirà retta slew rate fino a saturazione



CASO B – ESCO DA SLEW RATE, ESPONENZIALE FINO A $-a\,R_2/R_1$

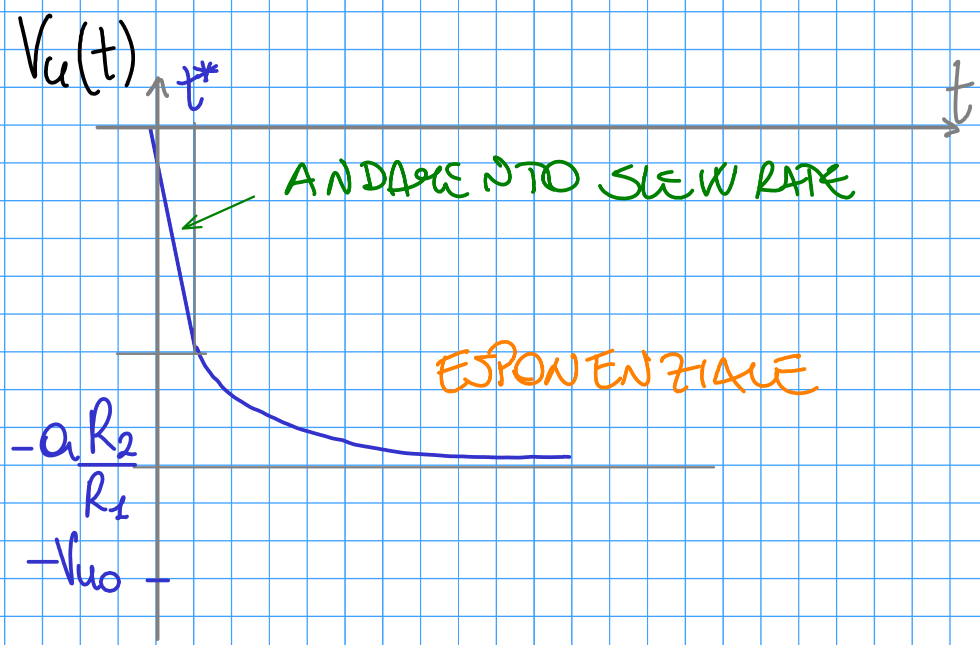
$$a\frac{R_2}{R_1+R_2}+V_u(t)\frac{R_1}{R_1+R_2}\leq 4V_T$$

prendiamo in esame istante t^* di uscita da slew rate

quindi con uguaglianza a $4V_T$

$$a\frac{R_2}{R_1+R_2}-\sigma t^*\frac{R_1}{R_1+R_2}=4V_T \longrightarrow \text{ricavo } t^*$$

da questo punto in poi risposta diviene esponenziale (con τ_{op})



in $t=t^*$ derivata continua dovuta ad effetti inerziali

$$\left|-a\frac{R_2}{R_1}\right|<\left|V_{u0}\right|$$

Hp per conclusione esponenziale prima di V_{u0} (altrimenti rientra nel caso C)

CALCOLO ANDAMENTO ESPONENZIALE PER $t > t^*$ 24 NOV

punto di uscita da slew rate $\longrightarrow$ $t = t^*$

$$V_u(t-t^*) = V_f - (V_f - V_i)\, e^{-\frac{t-t^*}{\tau}}$$

$$V_f = -a\frac{R_2}{R_1} \qquad V_i = -\alpha t^*$$

$$V_u(t-t^*) = -a\frac{R_2}{R_1} - \left(-a\frac{R_2}{R_1} + \alpha t^*\right) e^{-\frac{(t-t^*)}{\tau}}$$

CHIAMO $t - t^* = t'$

$$V_u(t') = -a\frac{R_2}{R_1} + \left(a\frac{R_2}{R_1} - \alpha t^*\right) e^{-t'/\tau}$$

VERIFICO CONTINUITÀ DERIVATA IN $t = t^*$

METODO 1

$$\left.\frac{dV_u(t')}{dt'}\right|_{t'=0} = -\frac{1}{\tau}\left(a\frac{R_2}{R_1} - \alpha t^*\right)$$

DA TRATTO IN SLEW RATE RICAVO t^*

$$a\frac{R_2}{R_1+R_2} - \alpha t^* \frac{R_1}{R_1+R_2} = 4V_T \longrightarrow t^* = \frac{aR_2 - V_R(R_1+R_2)}{\alpha R_1}$$

SOSTITUISCO

acvin.it

$$\left.\frac{dV_u(t')}{dt'}\right|_{t'=\emptyset} = -\frac{1}{\tau}\left[\frac{R_2}{R_1}a - \cancel{\alpha}\,\frac{aR_2 - 4V_T(R_1+R_2)}{\cancel{\alpha}R_1}\right]$$

$$= -\frac{1}{\tau}\left[\frac{\cancel{R_2 a} - \cancel{aR_2} + 4V_T(R_1+R_2)}{R_1}\right] = -\frac{1}{\tau}\left[\frac{4V_T(R_1+R_2)}{R_1}\right]$$

$\tau = \frac{1}{2\pi f_p}$, DOVE f_p È POLO DEL SIST. CON RETROAZIONE

TROVATO LA LEZ. SCORSA

$\tau = \frac{R_1+R_2}{R_1\omega_g}$

$$= -\cancel{\frac{R_1\omega_g}{R_1+R_2}}\,V_R\cancel{\frac{(R_1+R_2)}{R_1}} = -\omega_g V_R = \underline{\underline{-4V_T\omega_g = -\alpha}}$$

CVD

acvin.it

METODO 2

$$V_u(t') = A + B e^{-t'/\tau}$$

$$\lim_{t' \to +\infty} V_u(t') = -\frac{R_2}{R_1}\alpha = A \longleftarrow$$ TROVO A

$$\frac{dV_u(t')}{dt'} = -\frac{1}{\tau} B e^{-t'/\tau}$$

PER CONTINUITÀ

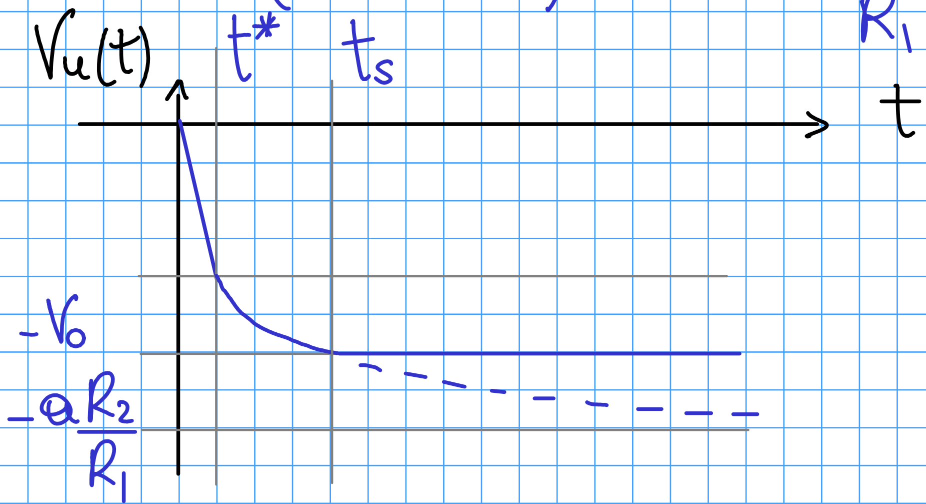
$$\left.\frac{dV_u(t')}{dt'}\right|_{t'=0} = -\frac{1}{\tau} B = -\alpha \longrightarrow B = \tau \alpha$$

$$\Longrightarrow V_u(t') = -\frac{R_2}{R_1}\alpha + \tau \alpha e^{-t'/\tau}$$

RITROVO ESPONENZIALE

CASO C – USCITA DA SLEW RATE, ESPONENZIALE TRONCATO A V_0

SE $V_u(t' \to \infty) = -a\dfrac{R_2}{R_1} > V_0$



slew rate fino a t^*, poi esponenziale fino a t'_s

CALCOLO t_s DA ANDAMENTO ESPONENZIALE, BLOCCATO IN V_0

$$t_s = \tau \ln\left[\frac{\alpha\tau}{\frac{R_2}{R_1}a - V_0}\right]$$