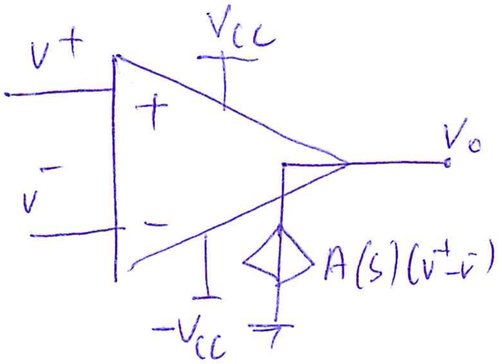
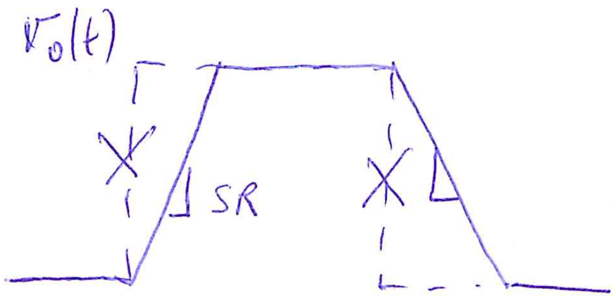
"SLEW RATE" NEGLI AMP. OPERAZIONALI

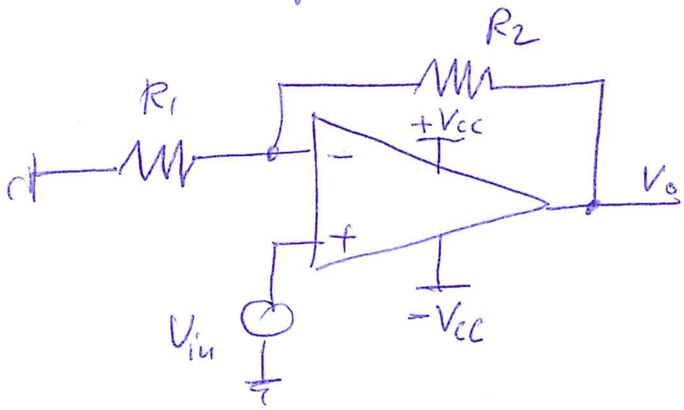


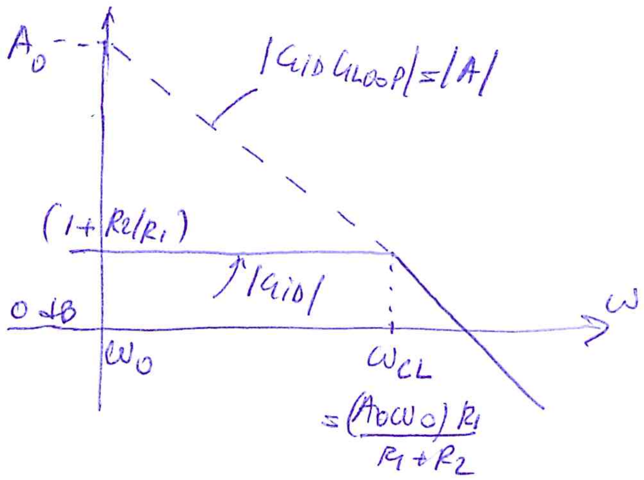


SLEW RATE (SR) = max velocità di variazione possibile di $V_o(t)$ =

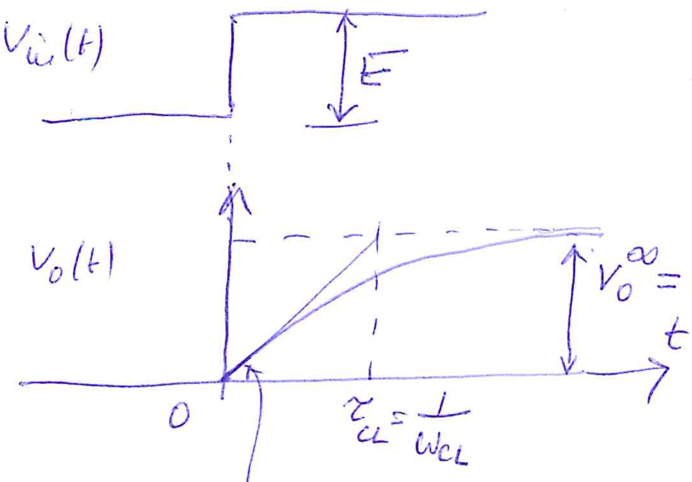
$$= \left|\frac{dV_o}{dt}\right|_{max} \qquad \left(\text{tipico SR} = 10 - 500\ V/\mu s\right)$$

ESEMPIO : Amplificatore NON. INVERTENTE





↳ Risposta al gradino

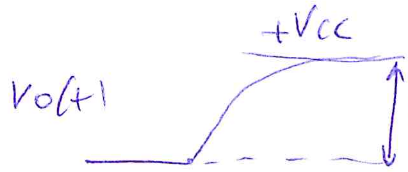


$$V_o^\infty = E\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \rightarrow \text{prop. a } E$$

$$\left.\frac{dV_o}{dt}\right|_{t=0^+} = \frac{V_o^\infty}{\tau_{CL}} = \frac{E}{\tau_{CL}}\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \rightarrow \text{prop. a } E$$

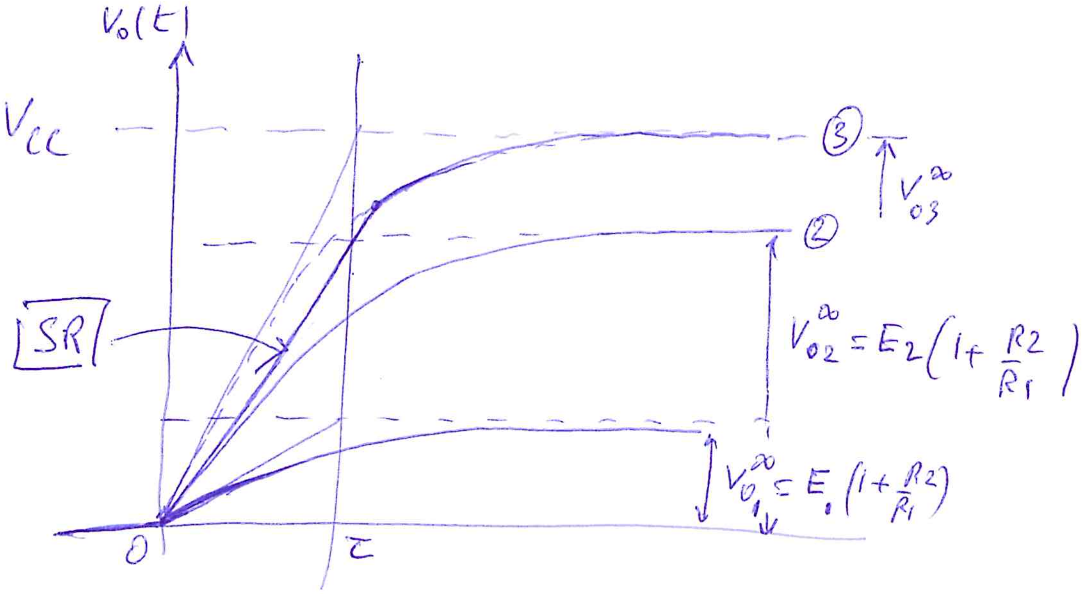
- Limite all'ampiezza del gradino in ingresso E?

  - Ampiezza in uscita entro le alimentazioni $\pm V_{CC}$



$V_0^\infty = V_{CC} \rightarrow \boxed{E\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) = V_{CC}} \rightarrow \boxed{E_{max}}$

  - Limitazione di SR:



caso ① $\begin{cases} V_{01}^\infty = E_1\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) < V_{CC} \\ \left.\frac{dV_{01}}{dt}\right|_{0^+} = \frac{E_1}{\tau}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) < SR \end{cases}$ } sistema lineare, risposta valida

caso ② $\begin{cases} V_{02}^\infty = E_2\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) < V_{CC} \\ \left.\frac{dV_{02}}{dt}\right|_{0^+} = \frac{E_2}{\tau}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) = SR \end{cases}$ ← $\boxed{E_{max} = \frac{SR \cdot \tau}{1+R_2/R_1}}$ V_0 ha raggiunto la derivata limite = SR! $V_0(t)$ è ancora valida.

caso ③ $\begin{cases} V_{03}^\infty = E_3\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) = V_{CC} \\ \left.\frac{dV_{03}}{dt}\right|_{0^+} = \frac{E_3}{\tau}\left(1+\frac{R_2}{R_1}\right) > SR \end{cases}$

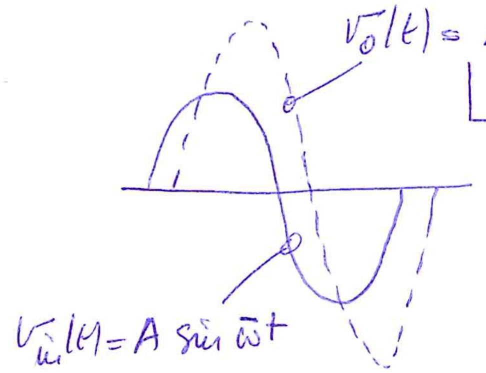
← è il caso in cui l'uscita satura alla tens. di al. V_{CC}.

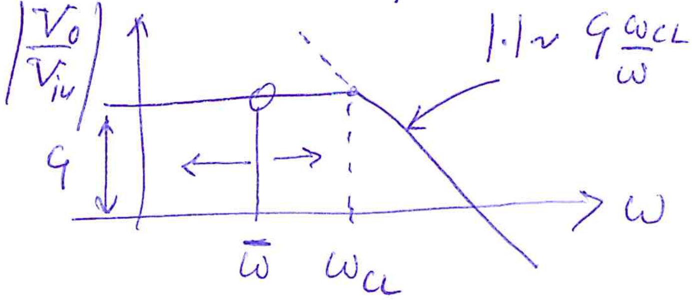
← $V_0(t)$ sarebbe ancora valida se non che viene superato il limite di SR!

↳ DISTORSIONE NON LINEARE DI $V_0(t)$!

□ Ingresso sinusoidale

$$v_o(t) = \underbrace{A \left|\frac{V_o}{V_{in}}(j\bar{\omega})\right|}_{V_o} \cdot \sin\left[\bar{\omega} t + \underbrace{\angle \frac{V_o}{V_{in}}(j\bar{\omega})}_{\varphi}\right] = V_o \sin(\bar{\omega} t + \varphi)$$





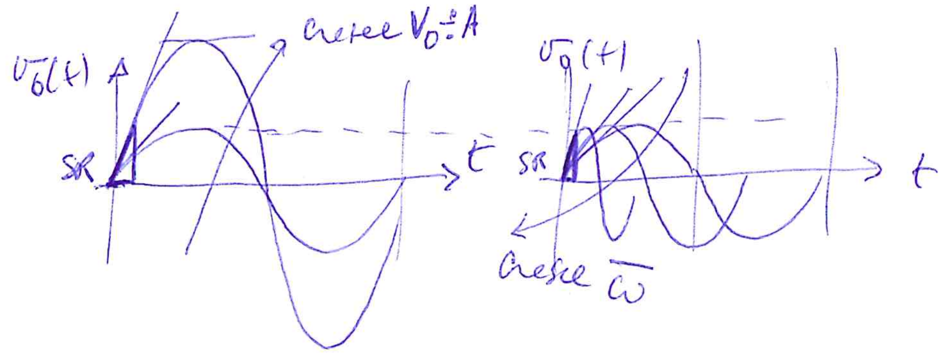
Calcolo $\left.\frac{dv_o}{dt}\right|_{max}$:

$$\frac{dv_o}{dt} = V_o \bar{\omega} \cos(\bar{\omega} t + \varphi)\Big|_{\substack{max \\ t=0}} = V_o \bar{\omega}$$

Impongo il limite di SR:

$$\left.\frac{dv_o}{dt}\right|_{max} \leq SR \rightarrow \boxed{V_o \bar{\omega} \leq SR}$$

← posso eccedere il limite di SR sia aumentando l'ampiezza V_o, sia la frequenza $\bar{\omega}$.



□ NEL CASO IN ESAME (V_o/V_{in} a singolo polo ω_{CL}) che condizione devo porre su A per non avere distorsioni da SR $\forall \bar{\omega}$ di v_{in}?

↳ la condizione $\left|\frac{dv_o}{dt}\right| < SR$ $\forall$ armonica $\bar{\omega}$ di v_{out}.

■ Se $\bar{\omega} \leq \omega_{CL}$: $V_o = A \cdot \left|\frac{V_o}{V_{in}}(j\bar{\omega})\right| \sim A \left|\frac{V_o}{V_{in}}(j0)\right| = A \cdot G$

↳ cond. SR: $V_o \bar{\omega} \leq SR \longleftrightarrow AG\bar{\omega} \leq SR \quad \forall \bar{\omega} \leq \omega_{CL}$

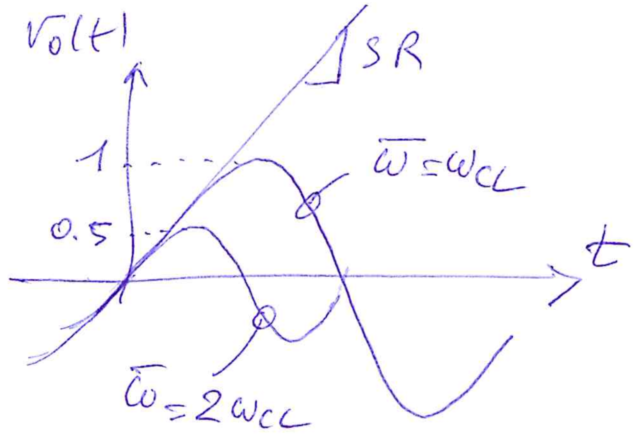
↳ caso peggiore per $\bar{\omega} = \omega_{CL} \rightarrow \boxed{AG\omega_{CL} \leq SR} \rightarrow \boxed{A_{max} = \frac{SR}{G\,\omega_{CL}}}$

Se $\bar{\omega} > \omega_{cl}$: $V_0 = A \underbrace{\left|\frac{V_o}{V_{in}}(j\omega)\right|}_{\sim G\frac{\omega_{cl}}{\bar{\omega}}} \sim A\,G\,\frac{\omega_{cl}}{\bar{\omega}}$

↳ Cond. SR: $V_0\bar{\omega} \leq SR \longleftrightarrow A\,G\,\frac{\omega_{cl}}{\cancel{\bar{\omega}}}\cdot\cancel{\bar{\omega}} \leq SR$

NON DIPENDE PIÙ DA $\bar{\omega}$! → $\boxed{A\,G\,\omega_{cl} \leq SR}$ $\forall\, \omega \geq \omega_{cl}$

la stessa condizione che vale per $\bar{\omega} = \omega_{cl}$



← nell tratto a -20dB/dec ($\bar{\omega} > \omega_{cl}$), un aumento di frequenza determina anche un abbattimento dell'ampiezza dello stesso fattore per cui il prodotto ($V_0\bar{\omega}$) non varia più!

→ Se la condizione di SR è verificata per $\boxed{\bar{\omega} = \omega_{cl}}$, è anche verificata per $\bar{\omega} \leq \omega_{cl}$ (ovviamente, avendo pari ampiezza una frequenza inferiore) e per $\bar{\omega} > \omega_{cl}$ (prodotto $V_0\bar{\omega} = V_0\,\omega_{cl}$)