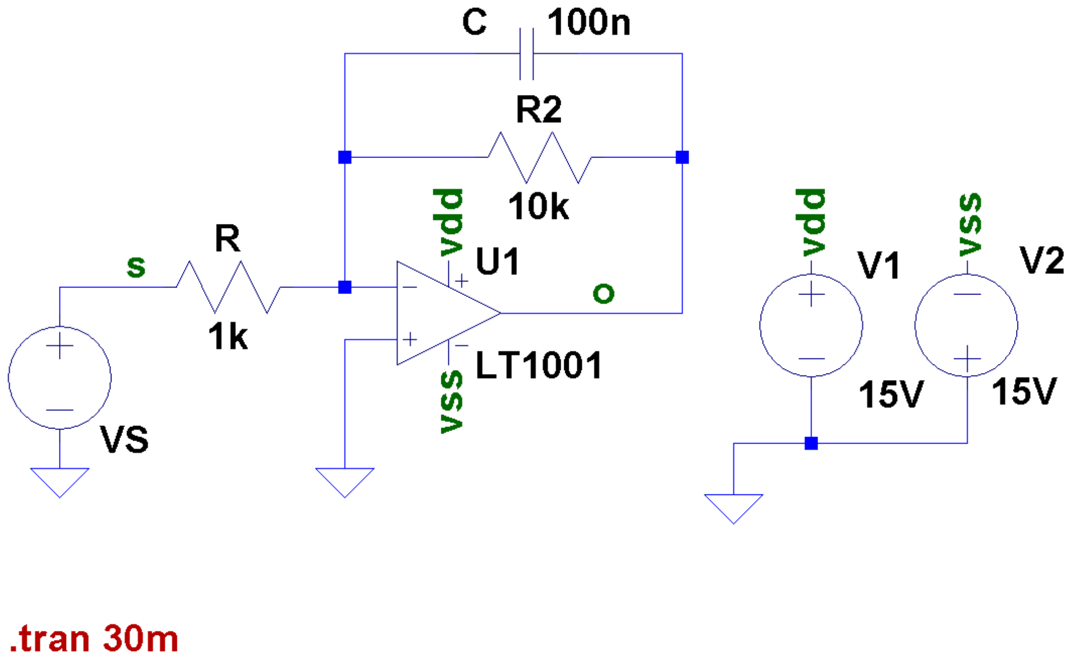
INTEGRATORE INVERTENTE CON OP. AMP.

(a cura di F.Parisi)



Il circuito si comporta come integratore solo per segnali di ingresso $v_S(t)$ aventi frequenza

$$f \gg \frac{1}{2\cdot\pi\cdot R_2\cdot C}$$

Per segnali avente frequenza inferiore, invece, la reattanza di C tende ad annullarsi e dunque il circuito si comporta come un amplificatore invertente avente guadagno $A_V=-\frac{R_2}{R}$

Si dimostra che il segnale di uscita $v_O(t)$ è legato a quello d'ingresso $v_S(t)$ dalla relazione:

$$v_O(t)=-\frac{1}{R\cdot C}\int^t v_s(t)\,dt$$

Applicando un **segnale sinusoidale** $v_S(t)=A\cdot\sin(\omega t)$ si ottiene un segnale d'uscita $v_O(t)=-B\cdot\cos(\omega t)$, ove $B=\left(\frac{A}{\omega\cdot R\cdot C}\right)$

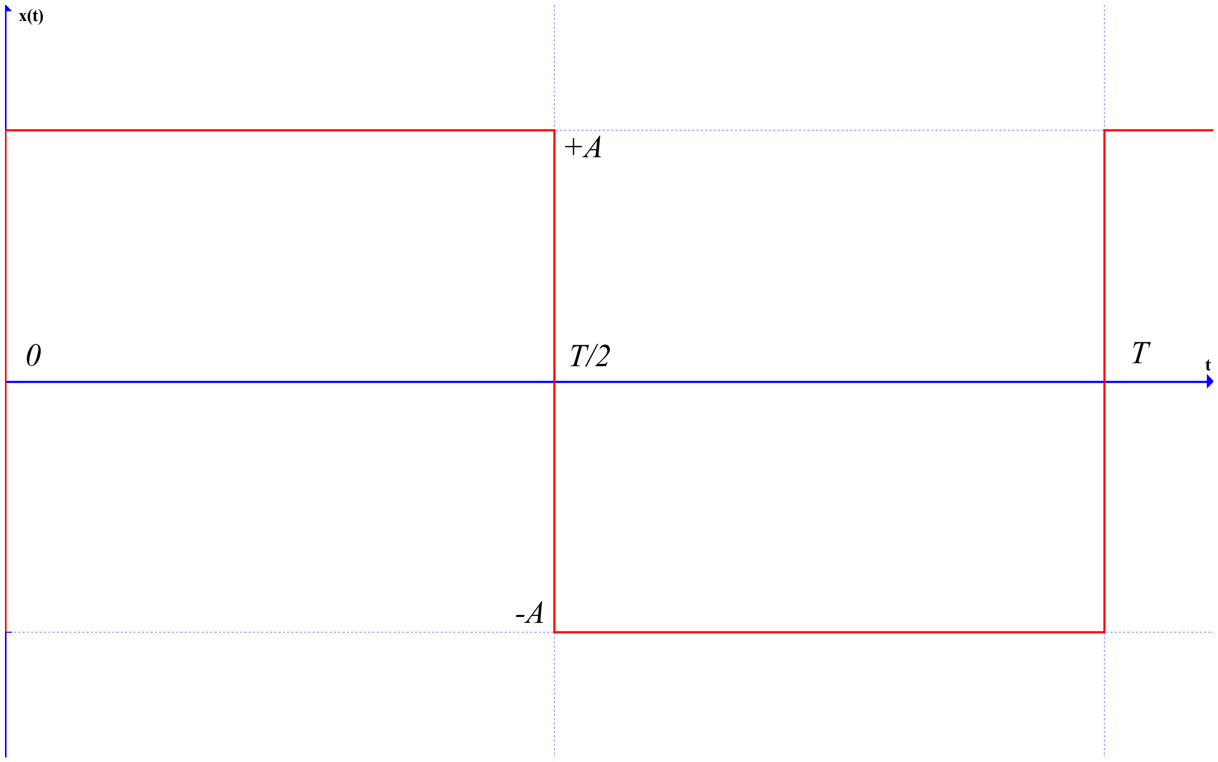
$$A\cdot\sin(\omega t) \Rightarrow \boxed{-\int(.)} \Rightarrow -B\cdot\cos(\omega t)$$

Fare l'integrale di un segnale sinusoidale significa sfasarlo di 90° in ritardo, ma nel caso dello integratore invertente, ovviamente, si ha uno sfasamento di 90° in anticipo.

Applicando, invece, un **segnale rettangolare** periodico e alternativo di ampiezza massima A e di periodo T , così definito:

$$x(t)=\begin{cases} A & se \quad kT \leqslant t < (2\mathrm{k}+1)\dfrac{T}{2} \\ -A & se \quad (2\mathrm{k}+1)\dfrac{T}{2} \leqslant t < (k+1)T \end{cases}$$

con $k=\{0,+1,+2,...\}$



si ricava che l'uscita è un segnale triangolare, di ampiezza *B* e pendenza *m*), ove $B=\dfrac{A\cdot T}{4\cdot R\cdot C}$ e $m=\dfrac{A}{R\cdot C}$

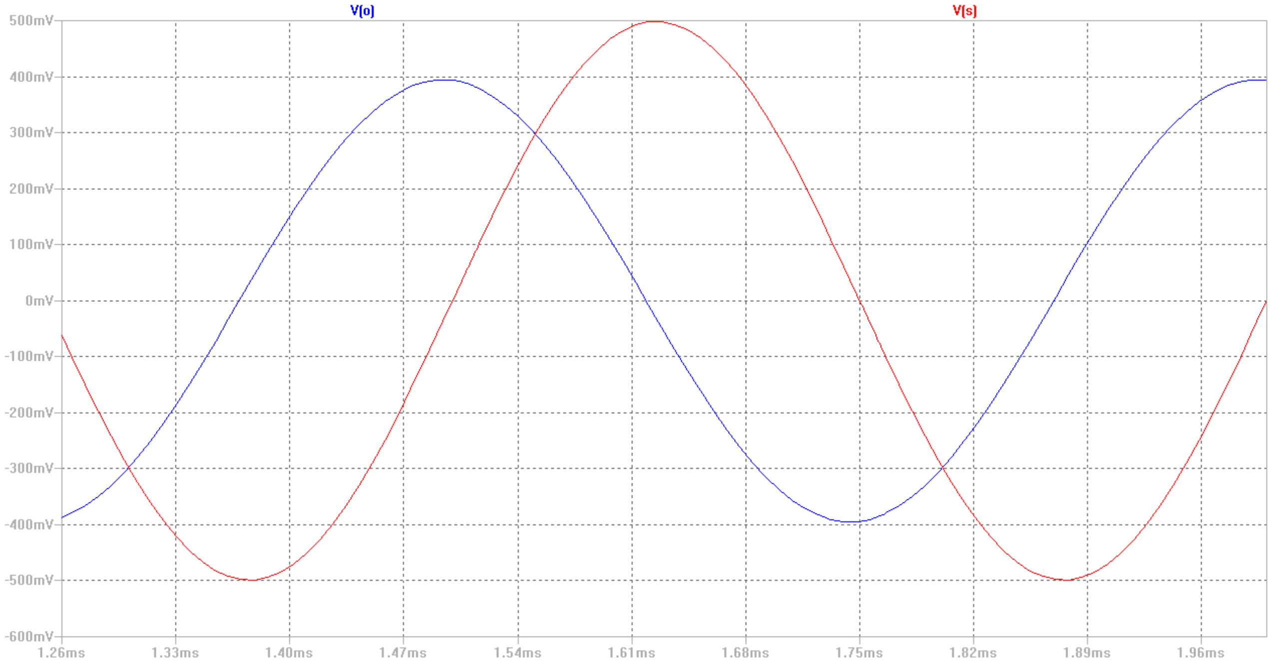
$$\left.\begin{matrix} A \\ -A \end{matrix}\right\} \Rightarrow \boxed{-\int(.)} \Rightarrow \left\{\begin{matrix} -mt+2\mathrm{B} \\ mt-B \end{matrix}\right.$$

L'integrale di un segnale rettangolare è dunque un segnale triangolare; nei semiperiodi durante i quali il segnale rettangolare è positivo (*A*) si ha in uscita una rampa decrescente (- *mt* + *2B*), mentre nei semiperiodi in cui il segnale rettangolare è negativo (-*A*) si ha in uscita una rampa crescente (*mt* - *B*).

L'inversione di segno è sempre dovuta alla caratteristica invertente del circuito.

SIMULAZIONE CON LTSPICE

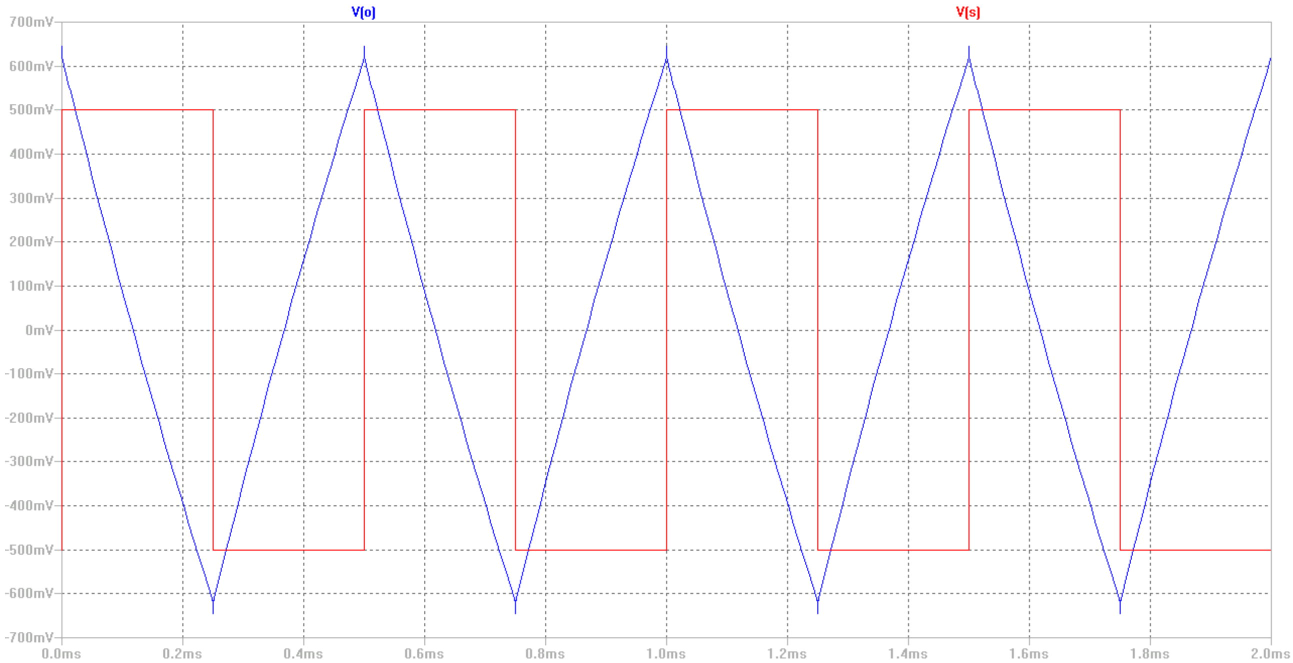
Applichiamo un segnale $v_s(t)$ **sinusoidale** di frequenza f=2kHz, di ampiezza massima A=0,5V e offset DC nullo. Il risultato della simulazione nel transitorio è il seguente:



La traccia **V(o)** è associata al segnale d'uscita $v_o(t)$, mentre la traccia **V(s)** è associata al segnale di ingresso $v_S(t)$

Si misura un'ampiezza massima B del segnale d'uscita di circa *394 m*V contro i *398m*V calcolati. Mediante i due cursori, si misura un tempo intercorrente fra i due segnali di circa 131 μs che, rapportato al periodo di 0,5 *m*s, corrisponde a uno sfasamento di circa 94°

Successivamente, applichiamo un segnale $v_s(t)$ **rettangolare** , alternativo, sempre di frequenza f=2kHz e ampiezza massima A=0,5V . Il risultato della simulazione nel transitorio è il seguente:



Viene misurata un'ampiezza del segnale di uscita B pari a $\pm$619mV circa contro un valore calcolato di $\pm$625mV

Ripetendo la misura per f=100Hz e f=1kHz, si verifica che il circuito non si comporta più come integratore ma invece tende a comportarsi come un amplificatore invertente.