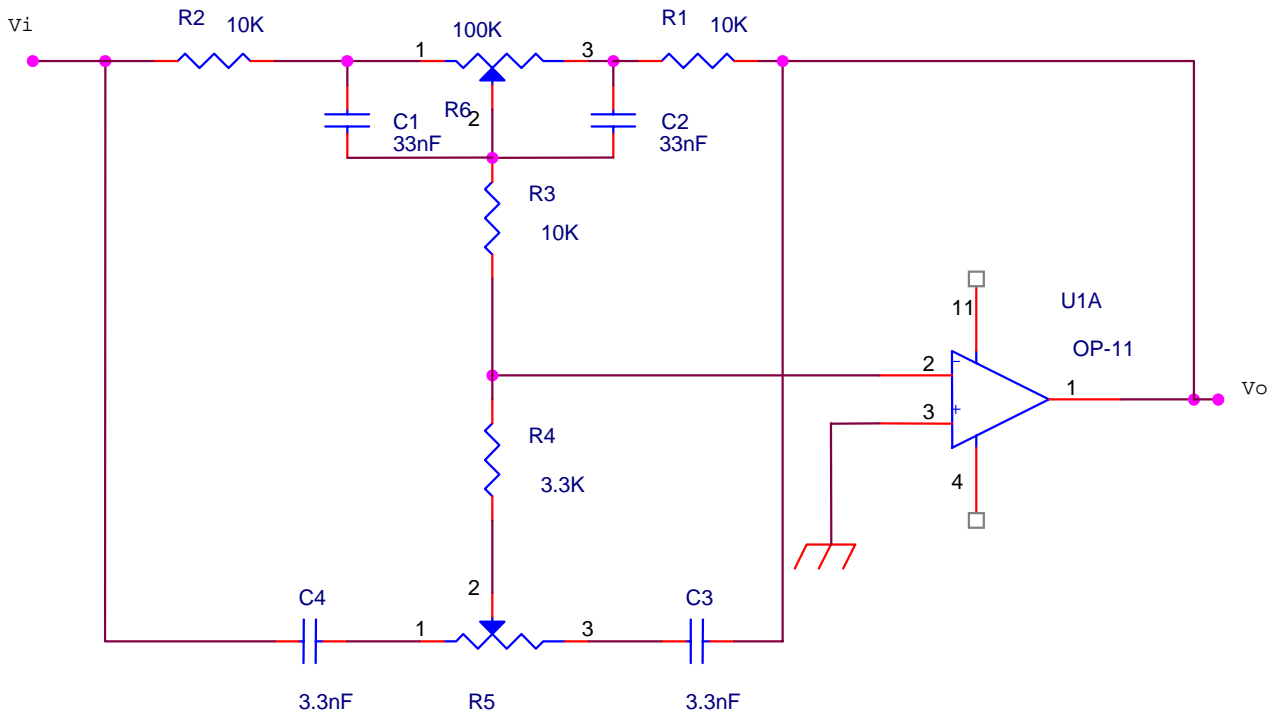


Circuito di controllo dei toni

In figura 1 è rappresentato lo schema completo del circuito che vogliamo analizzare.

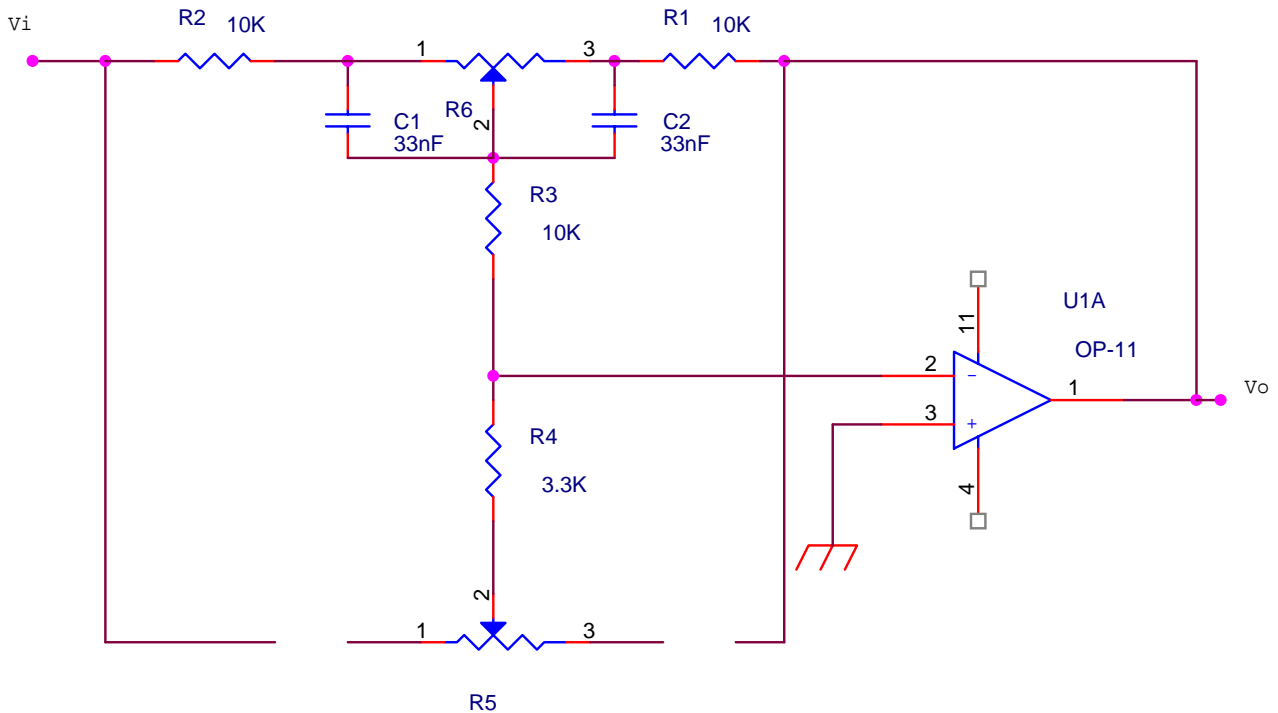


Vogliamo dimostrare che i due potenziometri visibili nel circuito consentono di amplificare o attenuare selettivamente i segnali a bassa frequenza (i bassi) ed i segnali ad alta frequenza (gli acuti). In particolare il potenziometro posizionato nella parte superiore del circuito amplifica al massimo le basse frequenze se il cursore è posizionato all'estrema sinistra, mentre li taglia se il cursore è posizionato all'estrema destra. Il potenziometro posizionato nella parte inferiore del circuito, invece, amplifica gli alti se è posizionato all'estrema sinistra, mentre se è posizionato all'estrema destra li attenua.

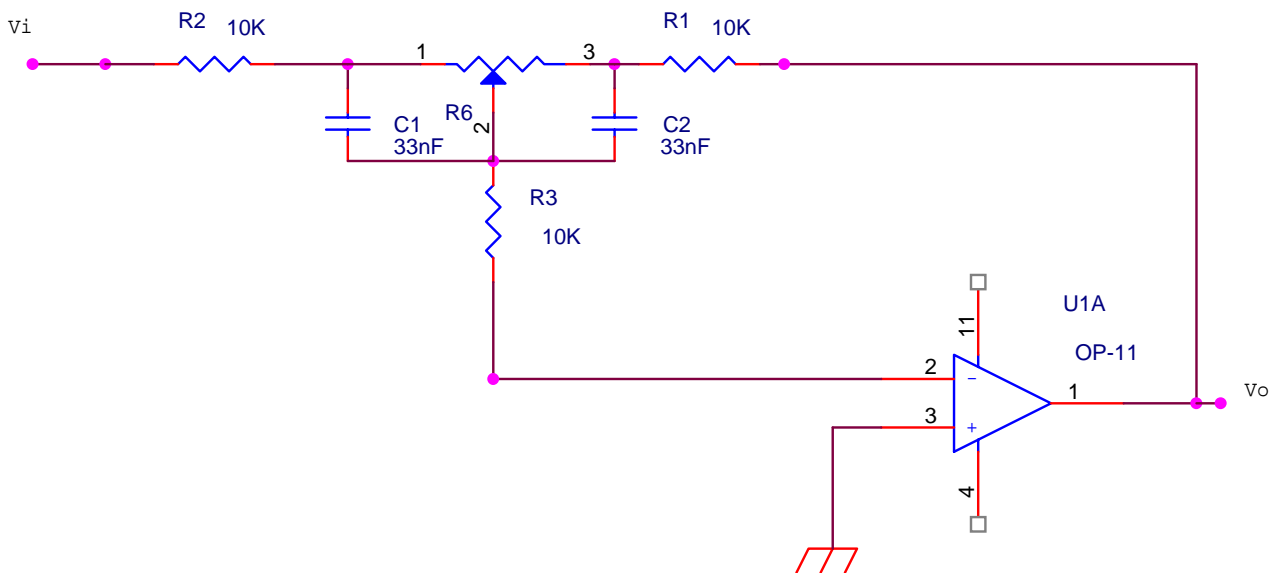
Controllo dei bassi

Cominciamo con l'analizzare il comportamento del circuito nei confronti dei bassi. Poiché i condensatori che sono posizionati nella parte superiore del circuito presentano una capacità molto più alta di quella dei condensatori posizionati nella parte inferiore del circuito, essi offrono una reattanza molto più bassa. Un confronto lo potete fare usando il [foglio excel reattanze](#). Ad esempio, ad una frequenza di 100 Hz, mentre i condensatori superiori offrono una reattanza di 48 Kohm circa, i condensatori inferiori offrono una reattanza di quasi mezzo Megaohm. Possiamo allora effettuare un'approssimazione

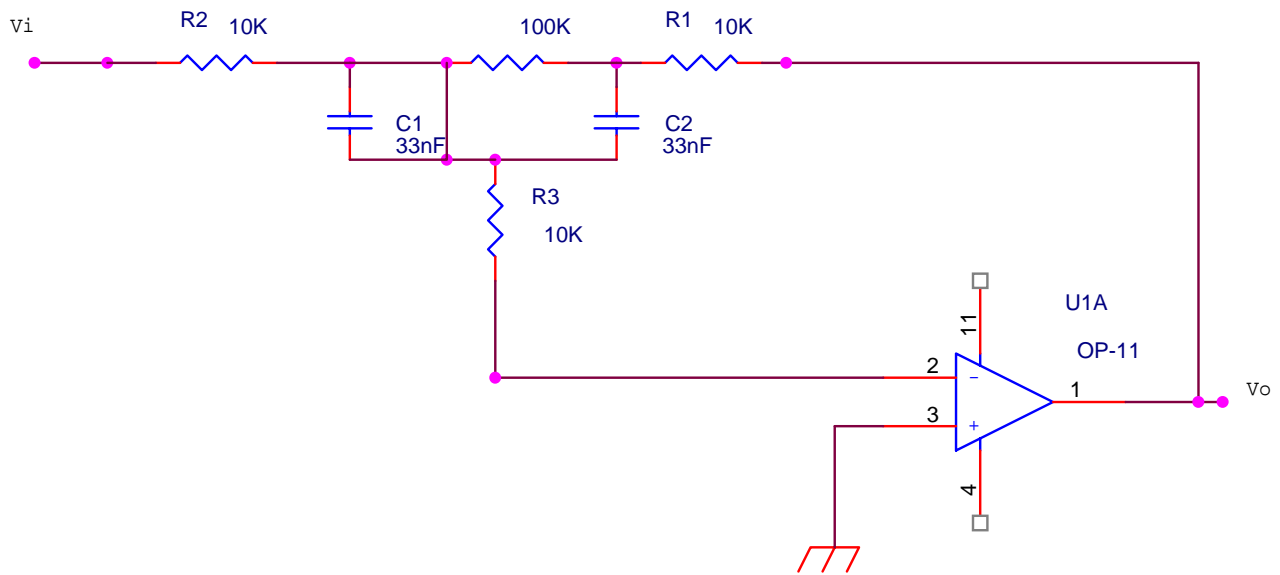
considerando la reattanza dei condensatori inferiori infinita, considerando cioè i condensatori della parte inferiore del circuito dei circuiti aperti (vedi figura 2).



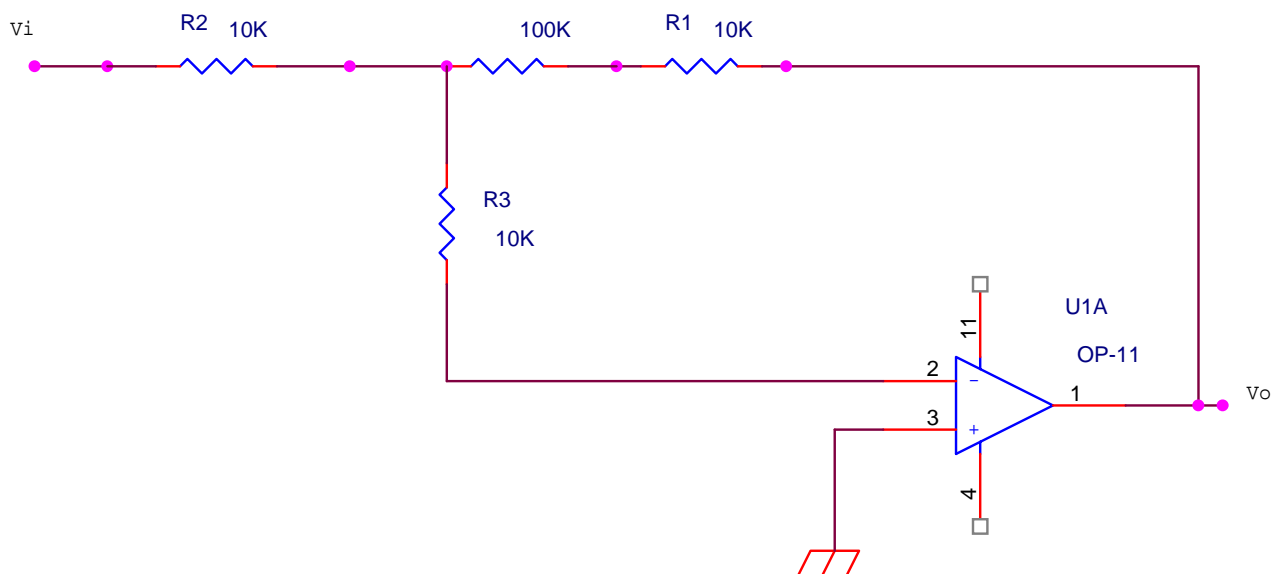
Eliminando tutte le parti del circuito che non risultano più collegate abbiamo il circuito di figura 3.



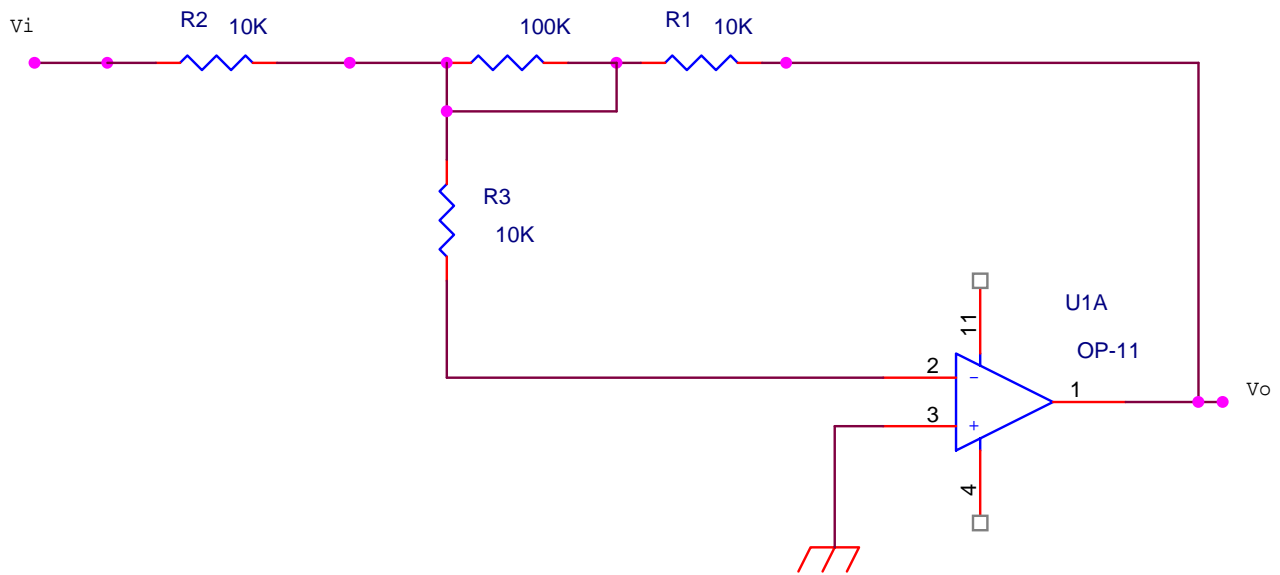
Si noti che la resistenza da 10 Kohm che va in ingresso al morsetto invertente del circuito risulta in serie con la resistenza d'ingresso dell'operazionale, idealmente infinita, per cui essa non svolge alcun ruolo funzionale e può essere eliminata. Posizioniamo ora il cursore del potenziometro superstite tutto a sinistra (figura 4).



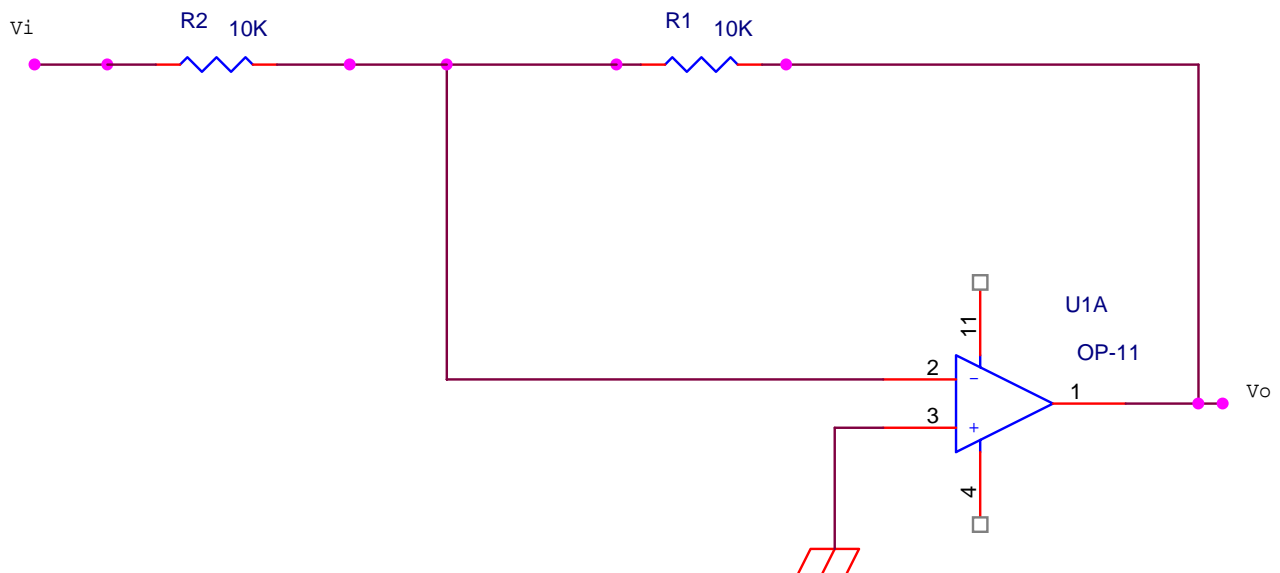
Il condensatore di sinistra viene cortocircuitato dal cursore del potenziometro, se la frequenza tende a zero anche il condensatore di destra offre una reattanza sempre più elevata per cui può essere considerato un circuito aperto (figura 5).



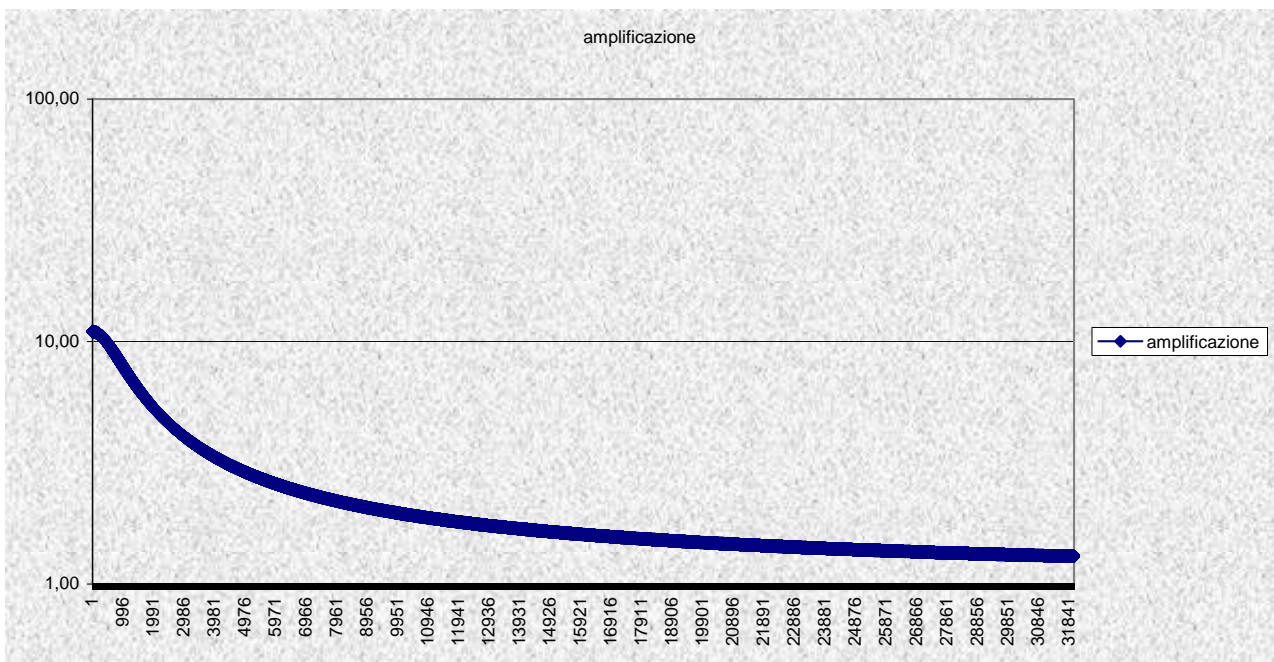
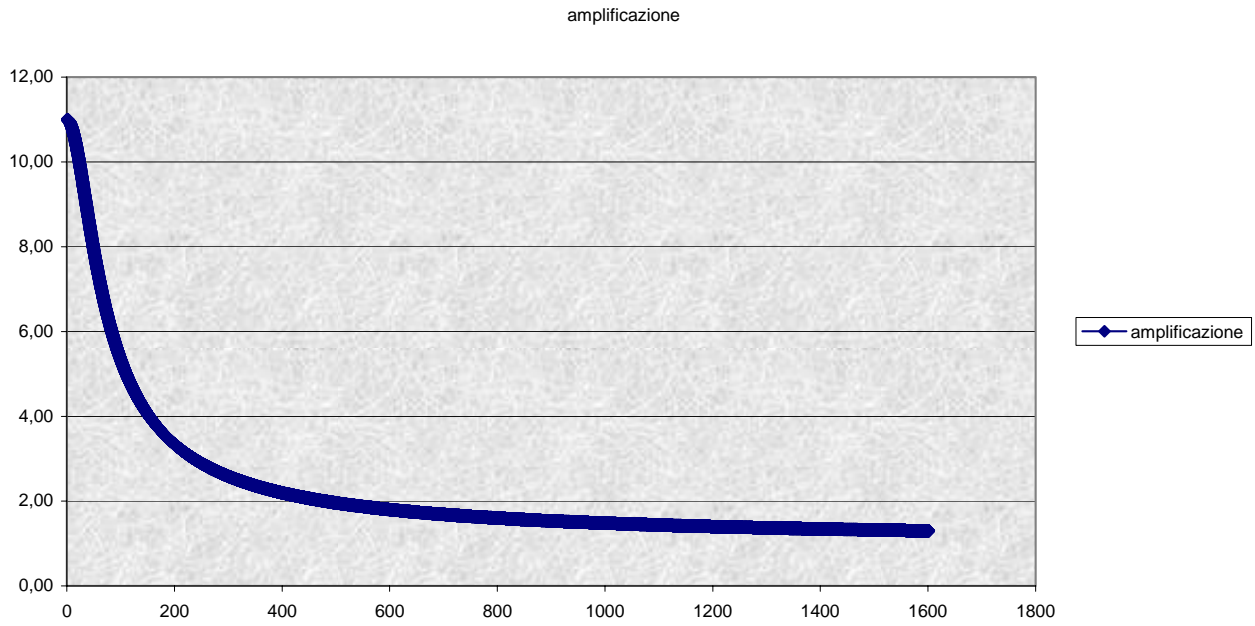
In tal caso il circuito si è ridotto ad un amplificatore in configurazione invertente in cui $A_v = R_2/R_1 = (100 \text{ Kohm} + 10 \text{ Kohm}) / 10 \text{ Kohm} = 110/10 = 11$. E' dimostrato che i segnali a bassa frequenza vengono amplificati. Naturalmente al crescere della frequenza, il condensatore di destra comincia ad offrire una reattanza sempre più bassa che va tenuta in conto in parallelo alla resistenza da 100 kohm. Teoricamente, per f che tende ad infinito il condensatore, trasformandosi in un cortocircuito (figura 6)



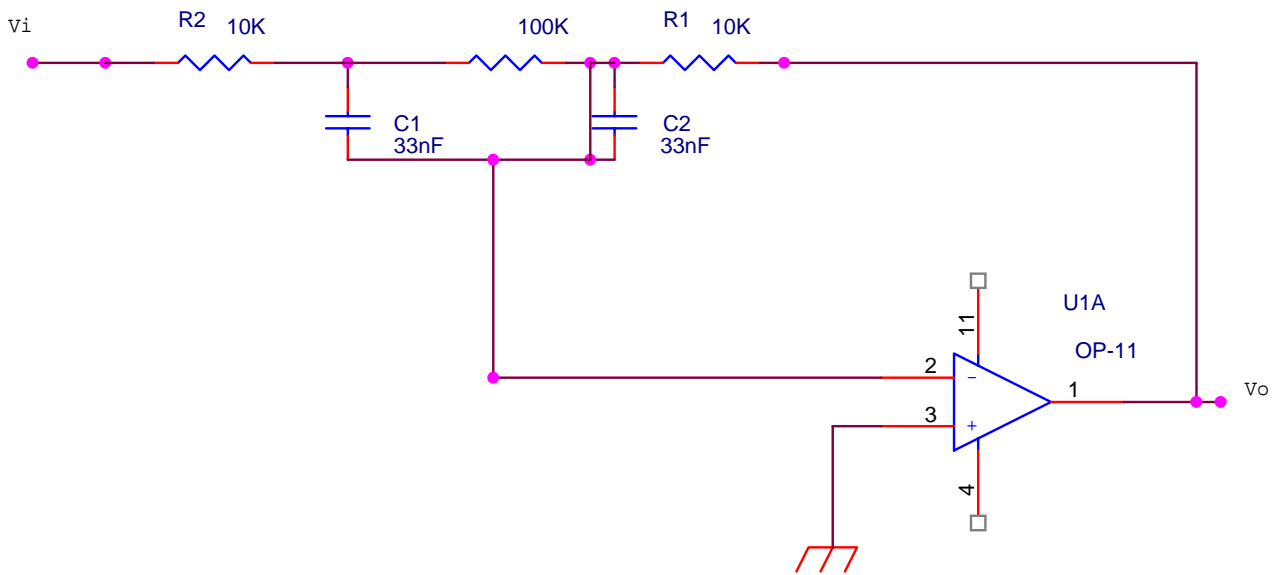
cortocircuiterebbe anche la resistenza da 100 Kohm, e l'amplificazione si ridurrebbe al rapporto fra le due resistenze da 10 kohm (figura 7)



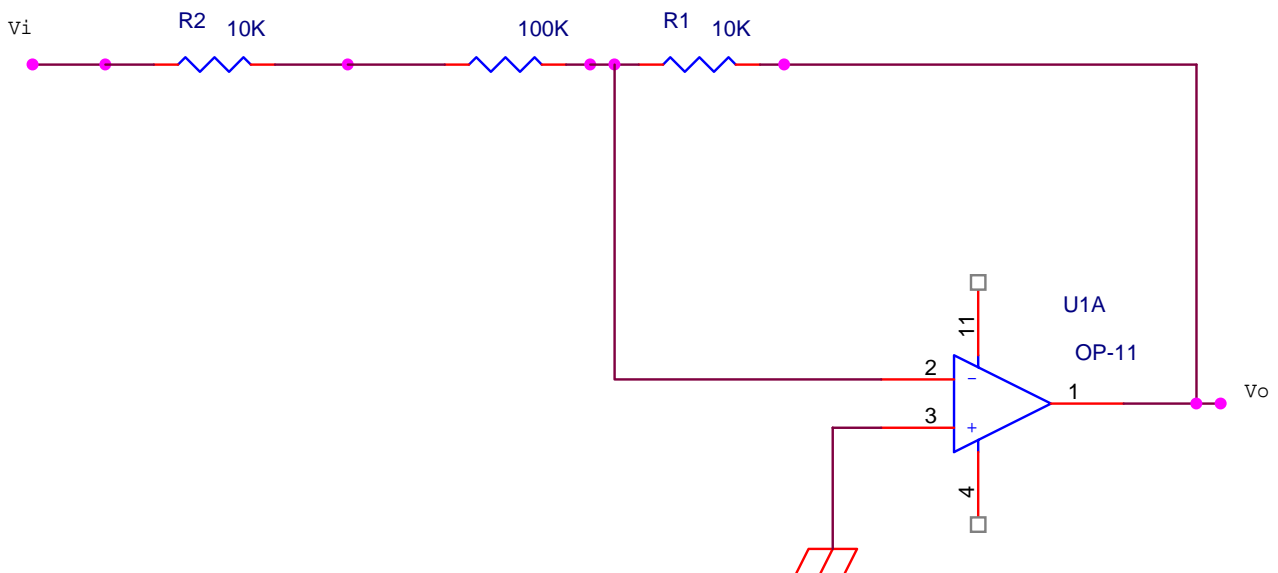
cioè si ridurrebbe ad 1 (vedi [documento allegato](http://www.teresaventrone.it/figura6.htm) [foglio excel figura6](http://www.teresaventrone.it/figura6.xls) in cui si è ricavata l'amplificazione con approssimazione).



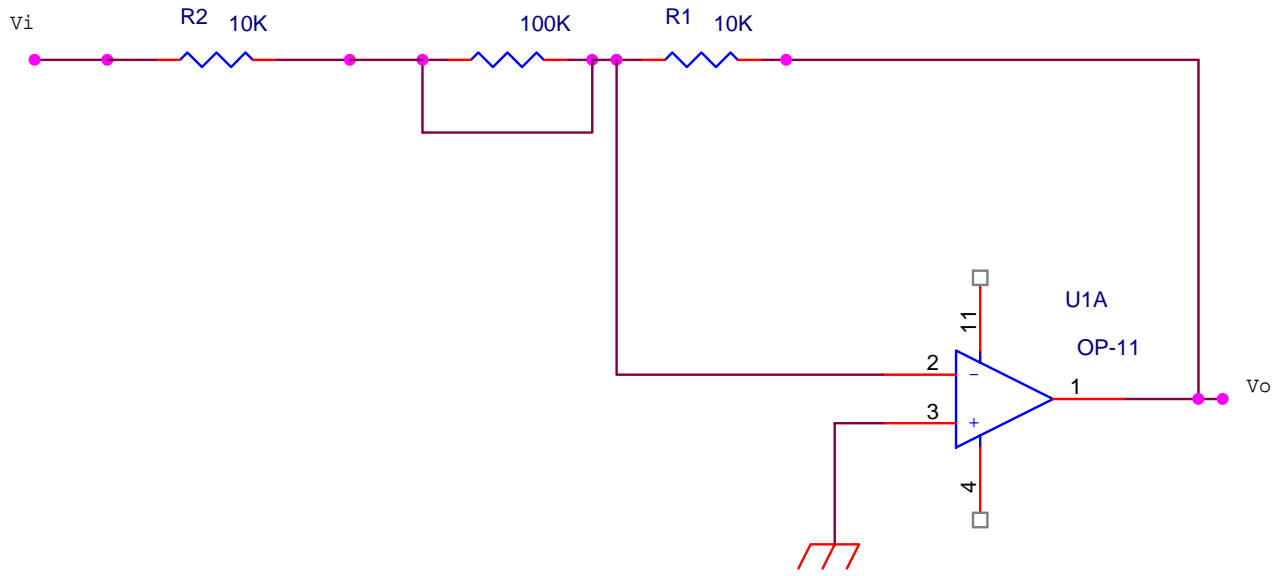
Spostiamo ora il cursore tutto a destra (figura 8).

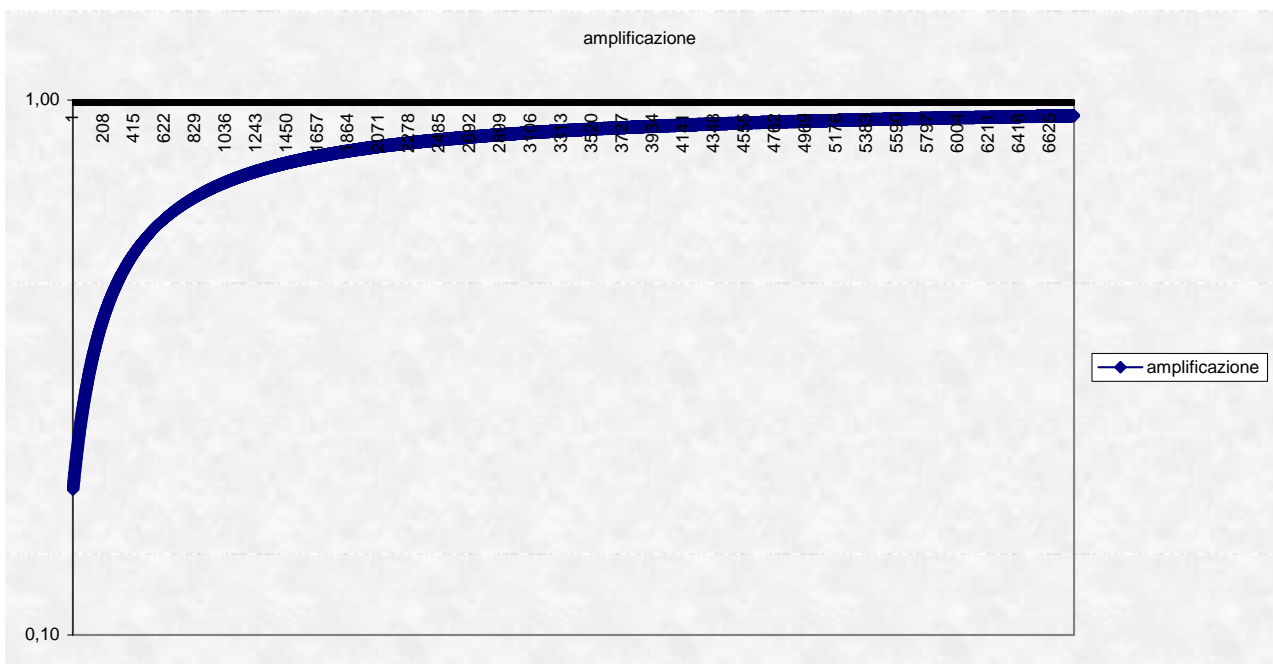
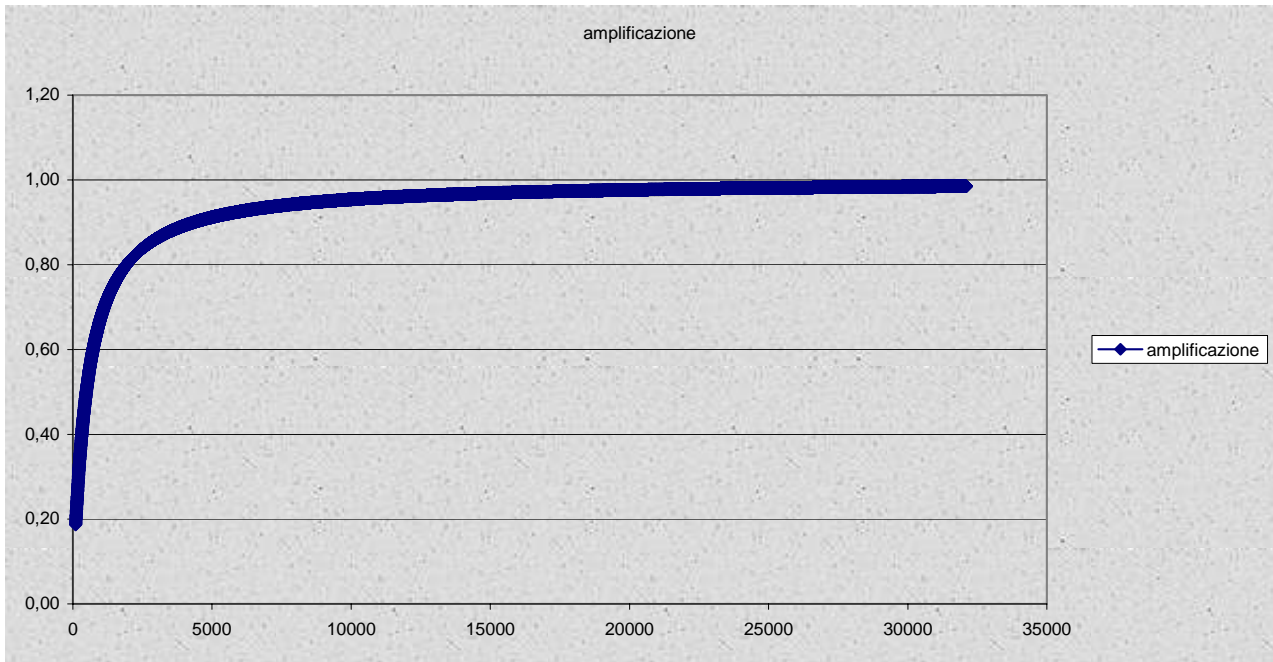


Il condensatore di destra viene cortocircuitato, quello di sinistra diventa un circuito aperto per la frequenza che tende a zero per cui si ha il circuito di figura 9.



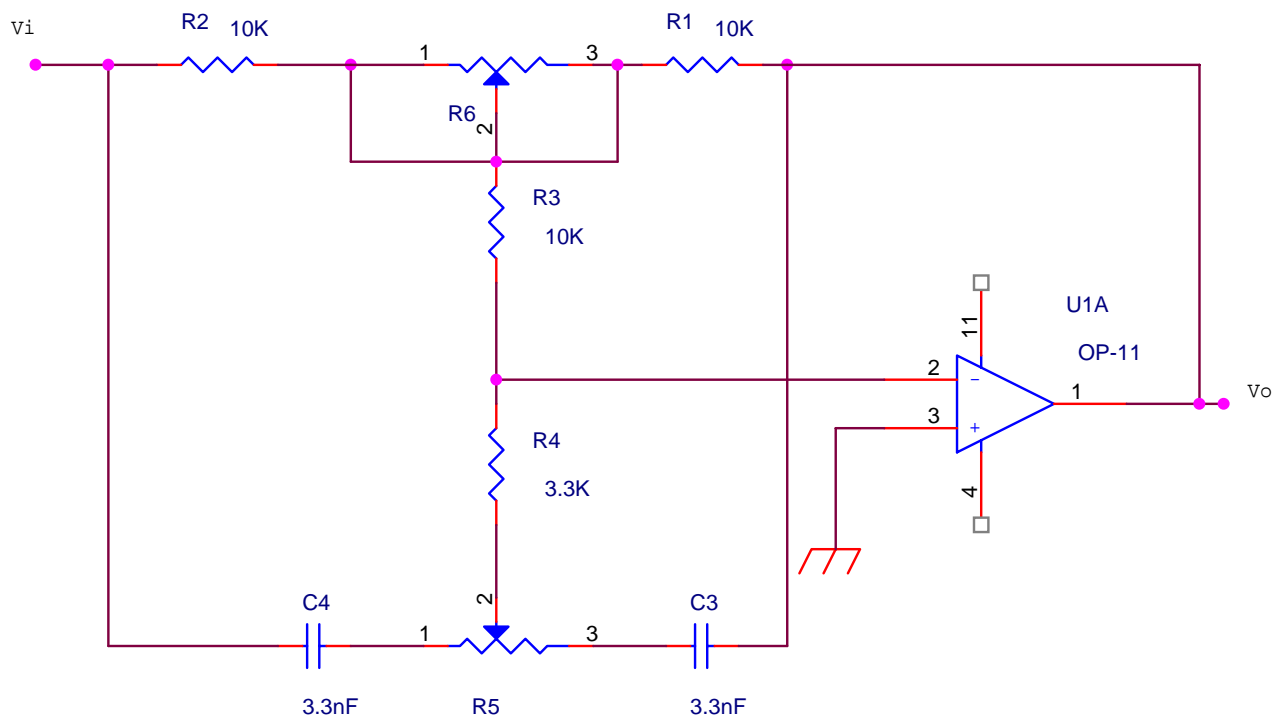
In tal caso l'amplificazione diventa $A_v = 10 \text{ kohm} / (10 + 100 \text{ kohm})$ pari a circa 0.1. i segnali vengono attenuati. Nella migliore delle ipotesi, quando la frequenza aumenta, il condensatore di sinistra tende a diventare un cortocircuito per cui la resistenza da 100 kohm viene cortocircuitata e l'amplificazione diventa 1 (figura 10, vedi [documento allegato http://www.teresaventrone.it/figura10.htm](http://www.teresaventrone.it/figura10.htm) e [foglio excel figura10 http://www.teresaventrone.it/figura10.xls](http://www.teresaventrone.it/figura10.xls)).



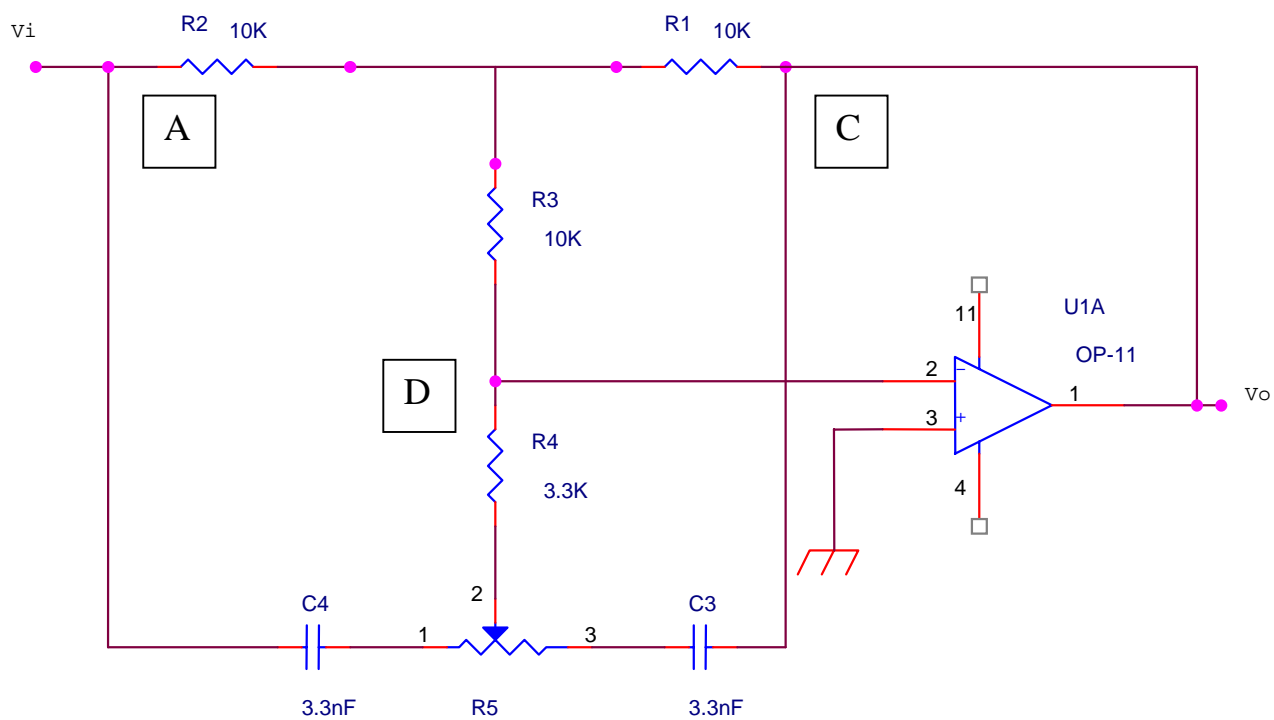


Controllo degli acuti

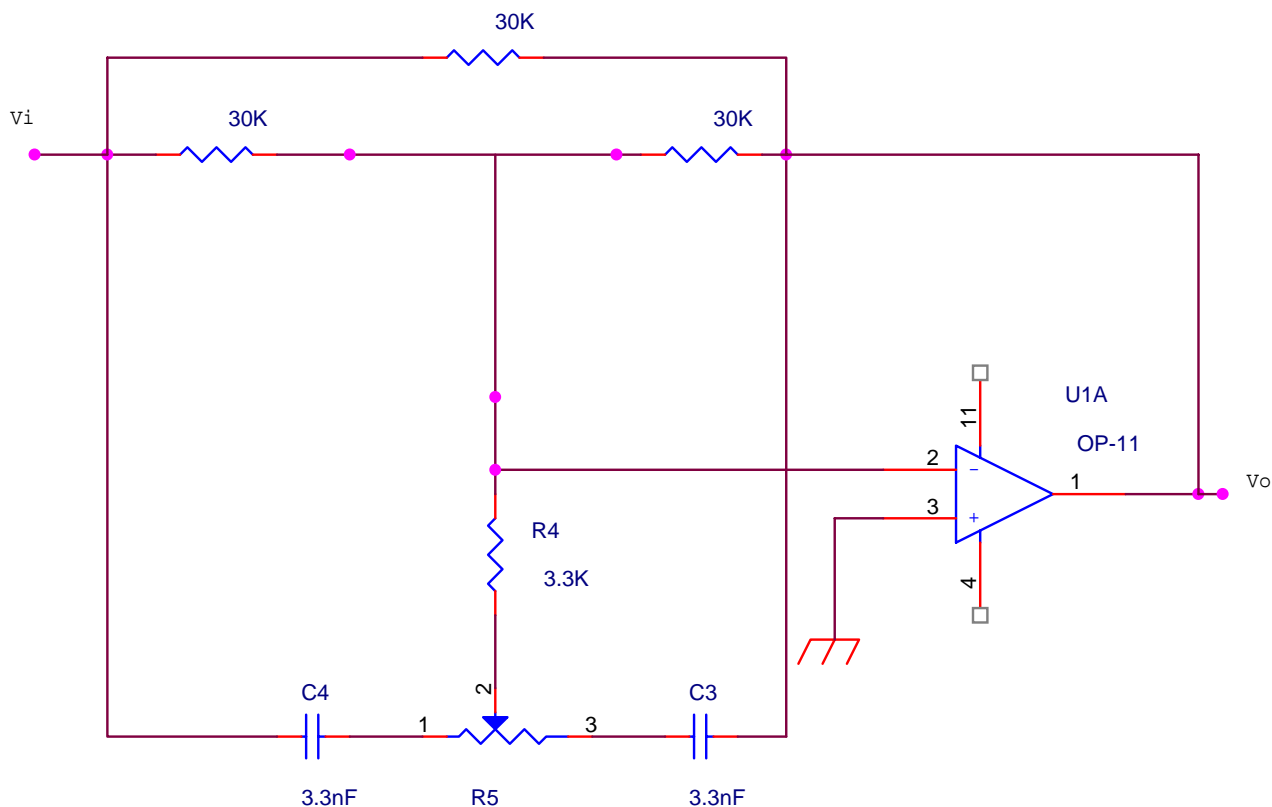
Passiamo ora alle alte frequenze. Utilizzando il foglio excel [rettanzeaf](http://www.teresaventrone.it/reattanzeaf.xls) <http://www.teresaventrone.it/reattanzeaf.xls> si nota come si può approssimare i condensatori della parte superiore del circuito come dei cortocircuiti (figura 11),



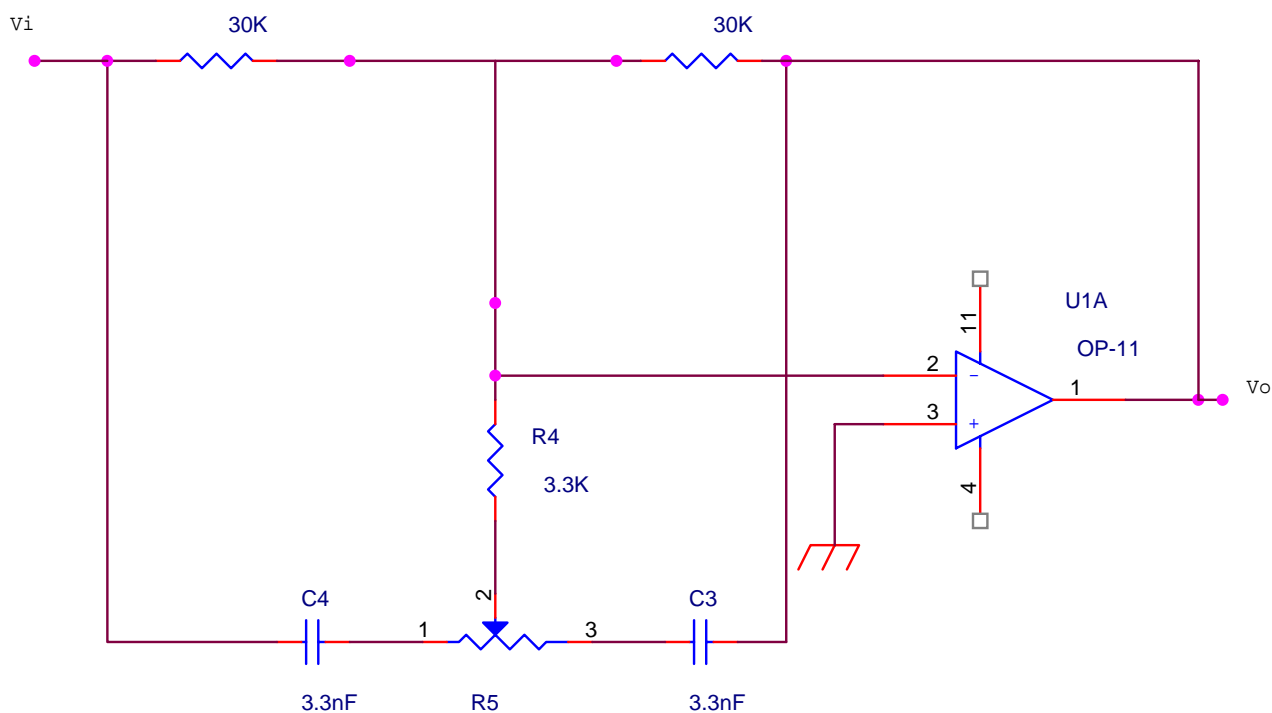
per cui il circuito diventa quello di figura 12.



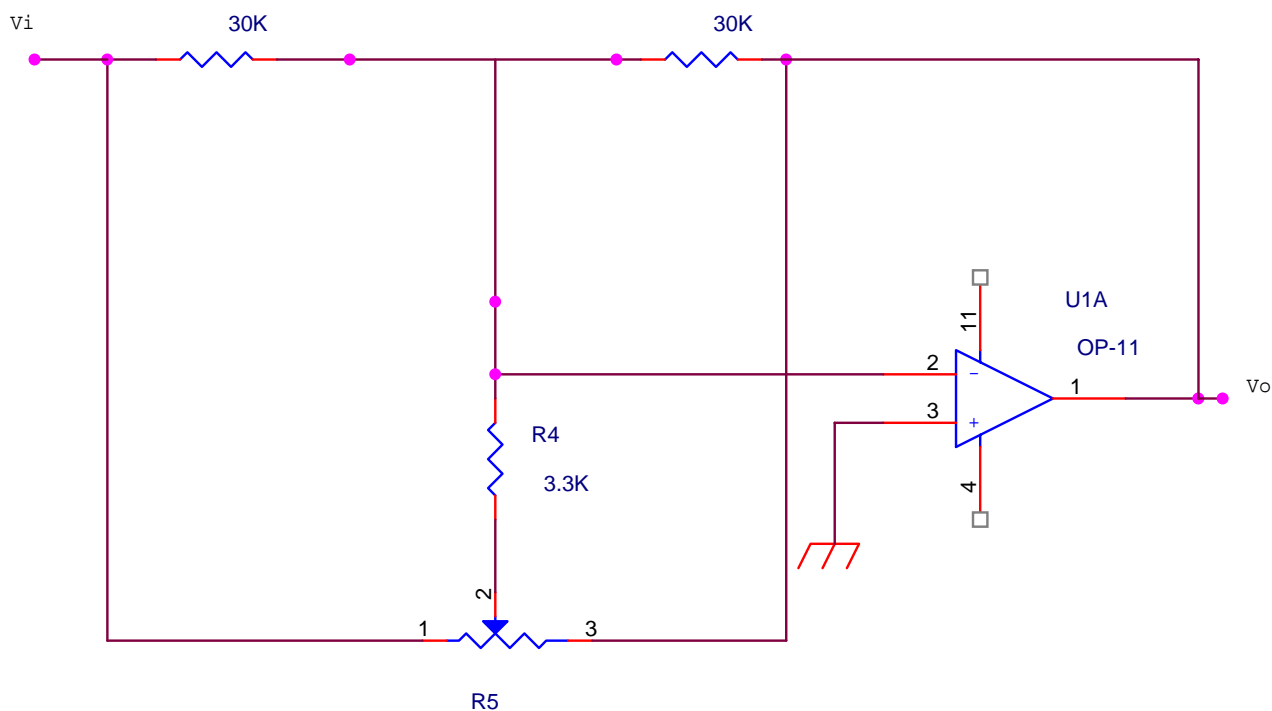
Per poter continuare nella trattazione trasformiamo la stella di resistenze compresa fra i morsetti A, B e C nel triangolo di figura 13.



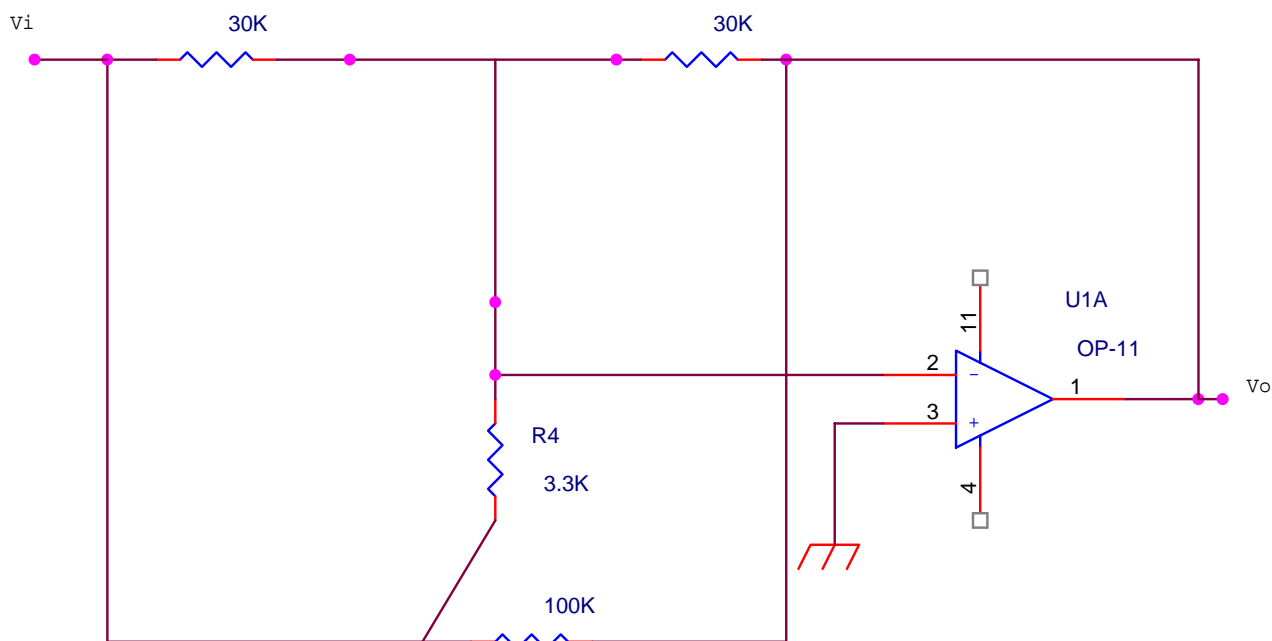
A questo punto facciamo la considerazione che la resistenza collegata direttamente fra i morsetti A e C, non ha alcuna funzione, nel senso che, bypassando il circuito non ne influenza il legame ingresso/uscita, per cui la eliminiamo dal disegno di figura 14.



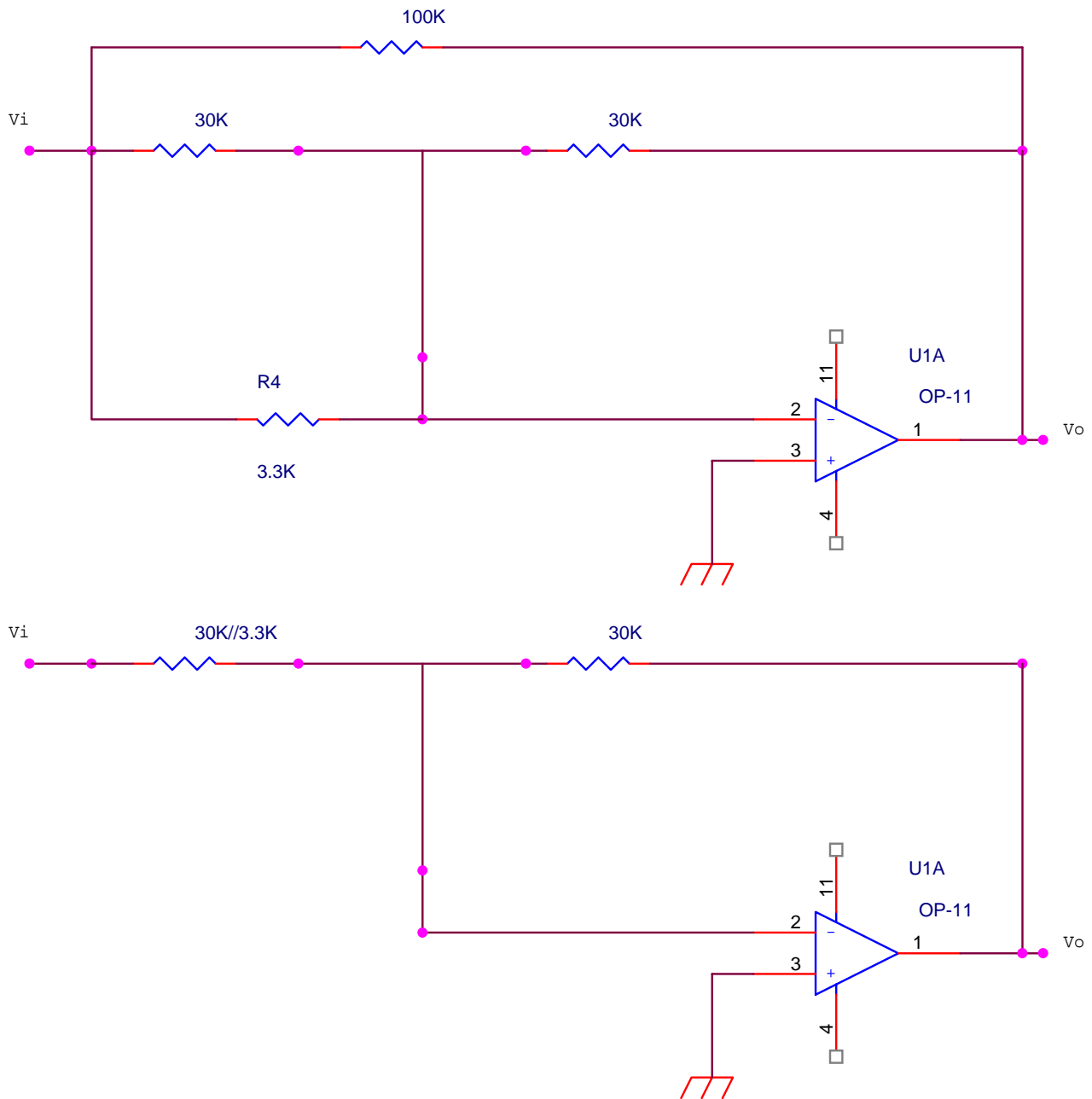
Se la frequenza tende a valori infiniti il circuito diventa quello di figura 15 poiché anche i condensatori della parte inferiore del circuito diventano dei cortocircuiti.



Spostiamo il cursore tutto a sinistra (figura 16).

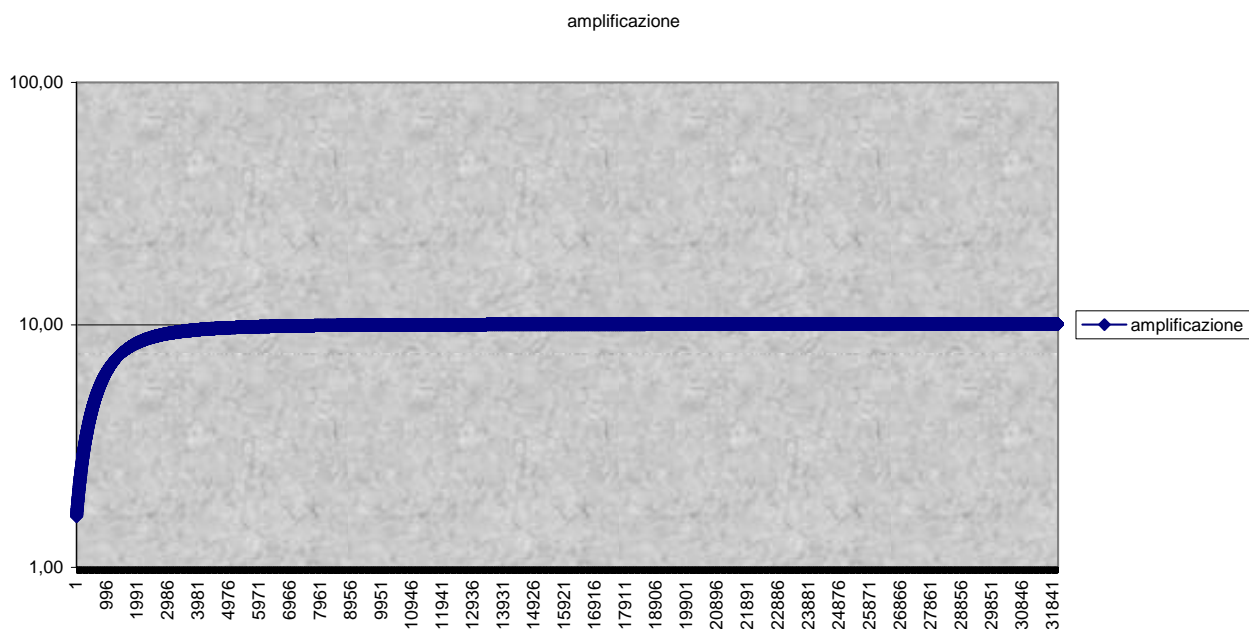
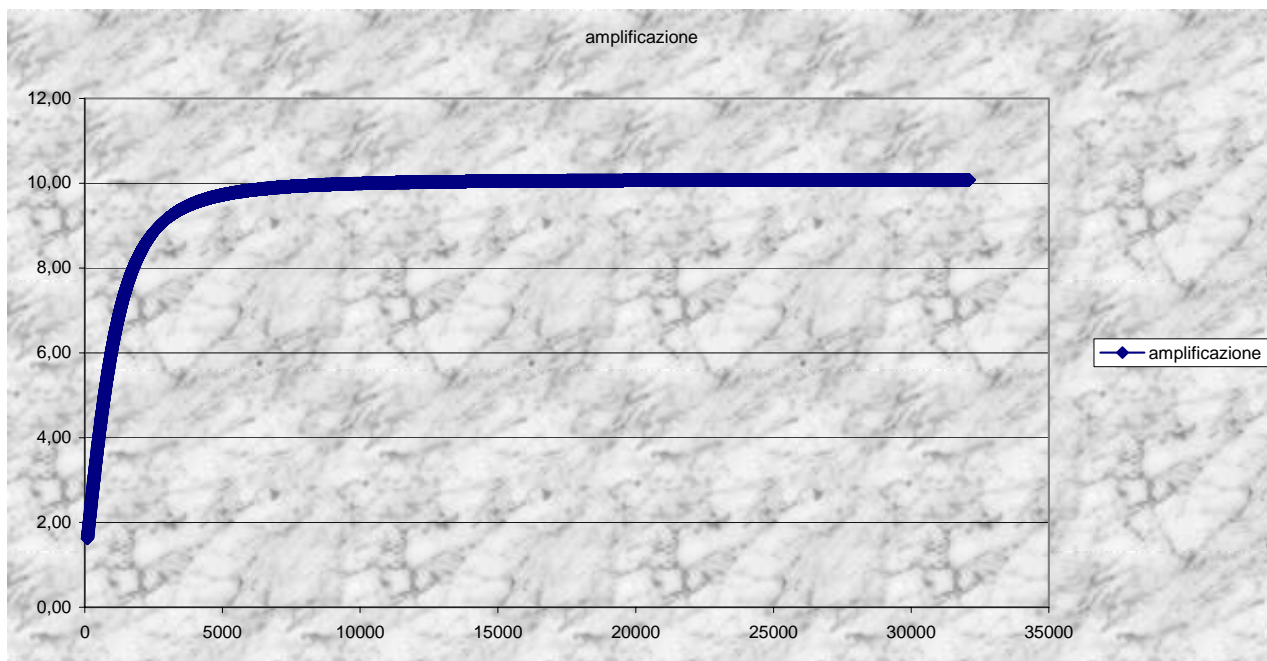


Ne discende che la resistenza da 3,3 kohm va in parallelo alla resistenza di ingresso da 10 kohm mentre la resistenza da 100 kohm risulta collegata diretta, mente tra ingresso e uscita per cui può essere eliminata per lo stesso ragionamento fatto prima (figure 17 e 18). Il circuito si riduce a quello di figura 18.

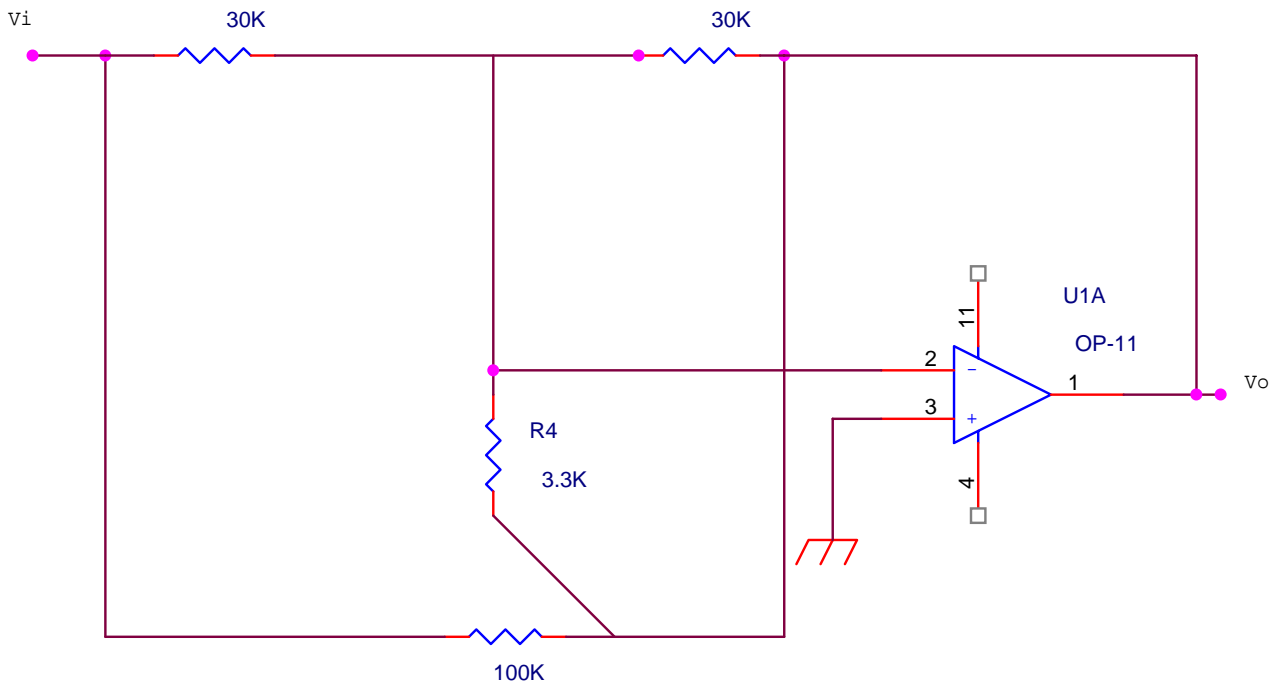


L'amplificazione sarà data dal rapporto fra la resistenza da 30 kohm sul lato destro ed il valore del parallelo delle due resistenze da 30 e 3.3 kohm sul lato sinistro per cui l'amplificazione è circa pari a 10 quindi anche in questo caso cursore tutto a sinistra significa amplificare. Se la frequenza scende si nota che la resistenza da 100 kohm è sempre fuori gioco perché, pur in serie al condensatore di destra che non è più un cortocircuito, è sempre collegata direttamente tra ingresso ed uscita bypassando il circuito. L'unica modifica sta nel fatto che a sinistra non abbiamo più il parallelo fra la resistenza di 30 Kohm ed una resistenza da 3.3 kohm bensì il parallelo fra una resistenza da 30 kohm e la serie di una resistenza da 3.3 kohm ed il condensatore da 3.3 nF che tende a far

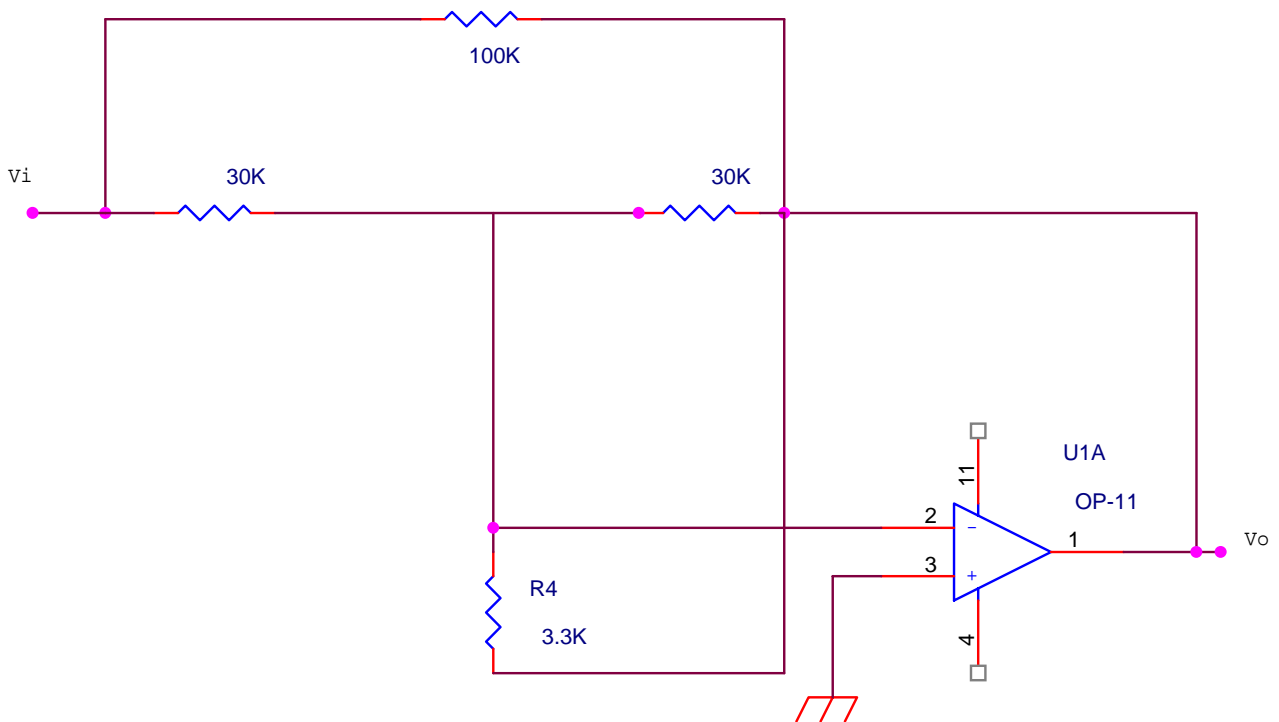
aumentare con la sua reattanza il valore complessivo del parallelo di sinistra, cioè il valore del denominatore del rapporto di amplificazione e quindi diminuire tale rapporto che tende a scendere ad 1 (vedi [documento allegato http://www.teresaventrone.it/figura16.htm](http://www.teresaventrone.it/figura16.htm) e [foglio excel figura16 http://www.teresaventrone.it/figura16.xls](http://www.teresaventrone.it/figura16.xls)).



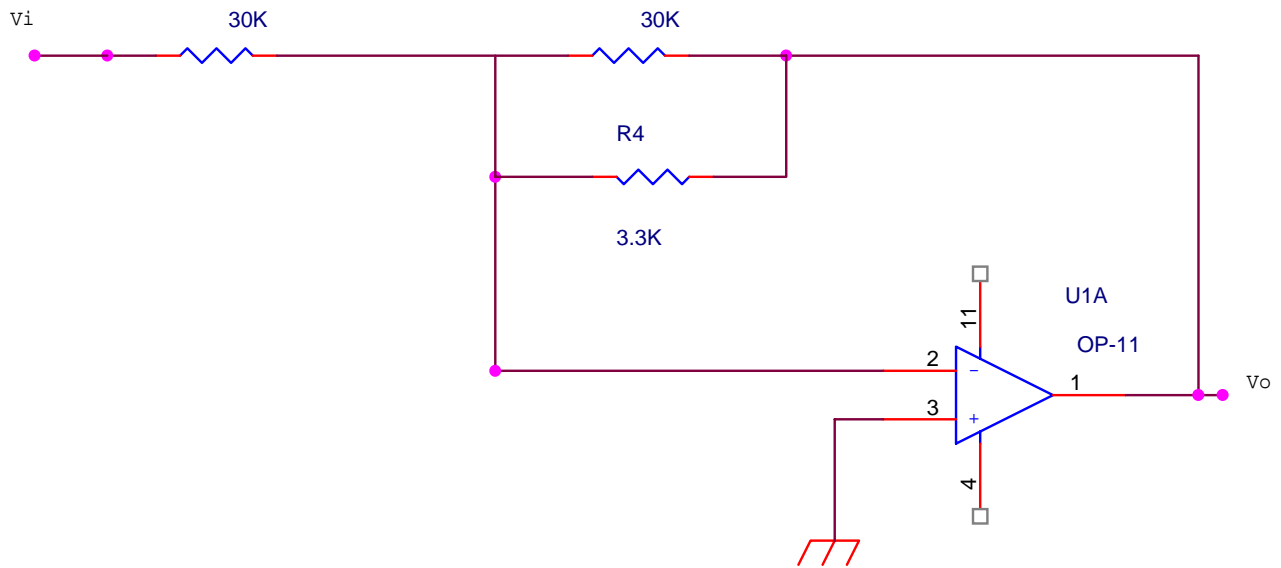
Se il cursore è spostato tutto a destra, si ha la situazione di figura 19



schematizzabile come in figura 20,



ed eliminando la resistenza da 100 kohm perché posta direttamente tra ingresso ed uscita, si ha il circuito di figura 21, dove l'amplificazione è data dal rapporto fra il parallelo di destra e la resistenza di 30 kohm di sinistra per cui è un numero inferiore ad 1.



E' dimostrato allora che con il cursore tutto a destra gli alti sono tagliati. Per l'effetto dei condensatori vedi [documento allegato http://www.teresaventrone.it/figura20.htm](http://www.teresaventrone.it/figura20.htm) e [foglio excel figura20 http://www.teresaventrone.it/figura20.xls](http://www.teresaventrone.it/figura20.xls).

amplificazione

