



Relazione stage estivo 2003

Stagista: Adriano Cerocchi

Prima parte 9/6/2003 - 13/6/2003

La presente relazione riassume in breve il lavoro svolto ed i concetti acquisiti nella prima settimana di stage all'Ist. Nazionale di Fisica Nucleare di Frascati, per ogni argomento trattato si allegano gli schemi elettrici ed i diagrammi sviluppati.

Primi cenni ed uso di OrCad

Il primo argomento trattato è stato il simulatore di circuiti che verrà utilizzato per tutto il corso dello stage per la verifica a computer di alcuni circuiti elementari per comprenderne concetti base (per circuiti elementari si intendono reti RC, CR, LR, RL).

Il simulatore fornisce buona parte di tutti i componenti elettronici presenti sul mercato in formato "digitale", l'utente può utilizzarne in quantità "illimitata" sul suo foglio di progetto OrCad includendone prima le librerie associate che ne contengono le caratteristiche. Una volta disegnato il circuito sarà possibile creare una simulazione tramite le utilità Pspice che permettono diversi tipi di analisi possibili: il circuito può essere studiato in funzione della frequenza, del tempo, e di altri fattori che non sono stati trattati nel corso, è possibile applicare disturbi per rendere la simulazione il più possibile attinente alla realtà.

Dalla simulazione è possibile controllare il voltaggio tra un nodo e la massa, la corrente nel ramo, la differenza di potenziale tra due nodi a scelta del circuito. Il simulatore permette anche di effettuare analisi parametriche, ovvero, è possibile impostare un parametro (resistenze, condensatori, induttanze, ecc...) e farlo variare in un intervallo impostabile dall'utente, in questo modo verranno (una volta lanciata la simulazione) visualizzate tutti i segnali distinti da colori diversi, una per ogni valore del parametro.

La giunzione PN

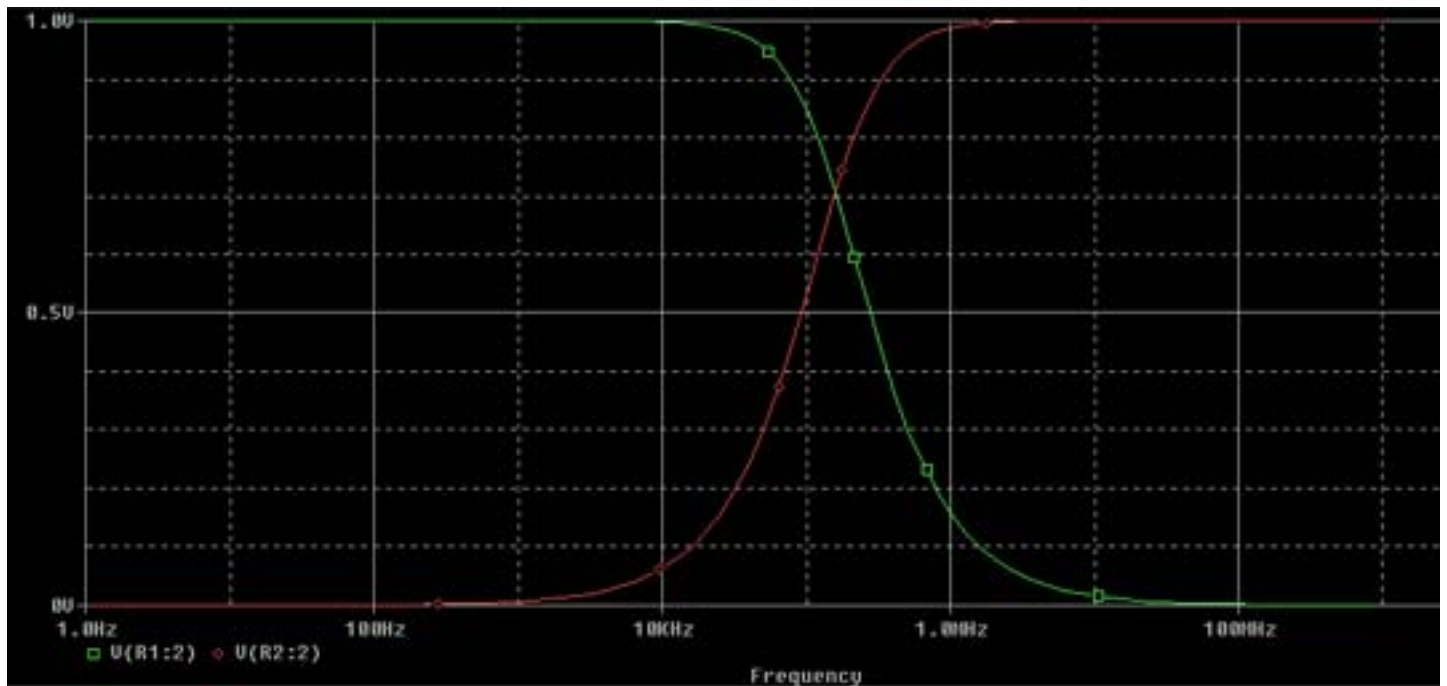
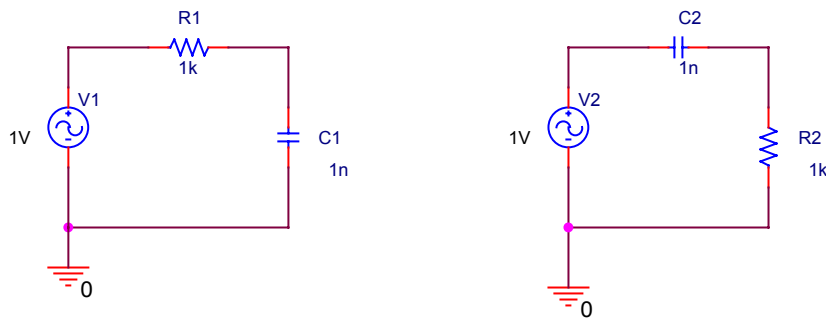
Riepilogo delle caratteristiche generali della comune giunzione PN, presente in diodi, transistor ed altro, la sua tensione di soglia pari a 0,65V, le capacità di trasduzione della giunzione PN (2,2 mV/C°). Osservando nello specifico il diodo, si può notare che, se polarizzato direttamente, questo si comporta come un generatore di tensione, può cambiare la corrente e la tensione nel circuito ma la differenza di potenziale ai suoi capi rimane sempre vicina agli 0,6-0,7V.

Tra le cose riepilogate ricordiamo anche l'espressione che determina la pendenza della funzione del diodo che è $I_S * e^{V_{ak}/V_t}$.

Le reti RC/CR

Dopo i cenni fondamentali sul simulatore OrCad si è passati alla simulazione dei circuiti RC e CR, una volta realizzati i due circuiti al simulatore si è creata una simulazione in funzione della frequenza e ci si è posti con i probe all'uscita del circuito per misurarne l'uscita.

Da sinistra verso destra: RC, CR



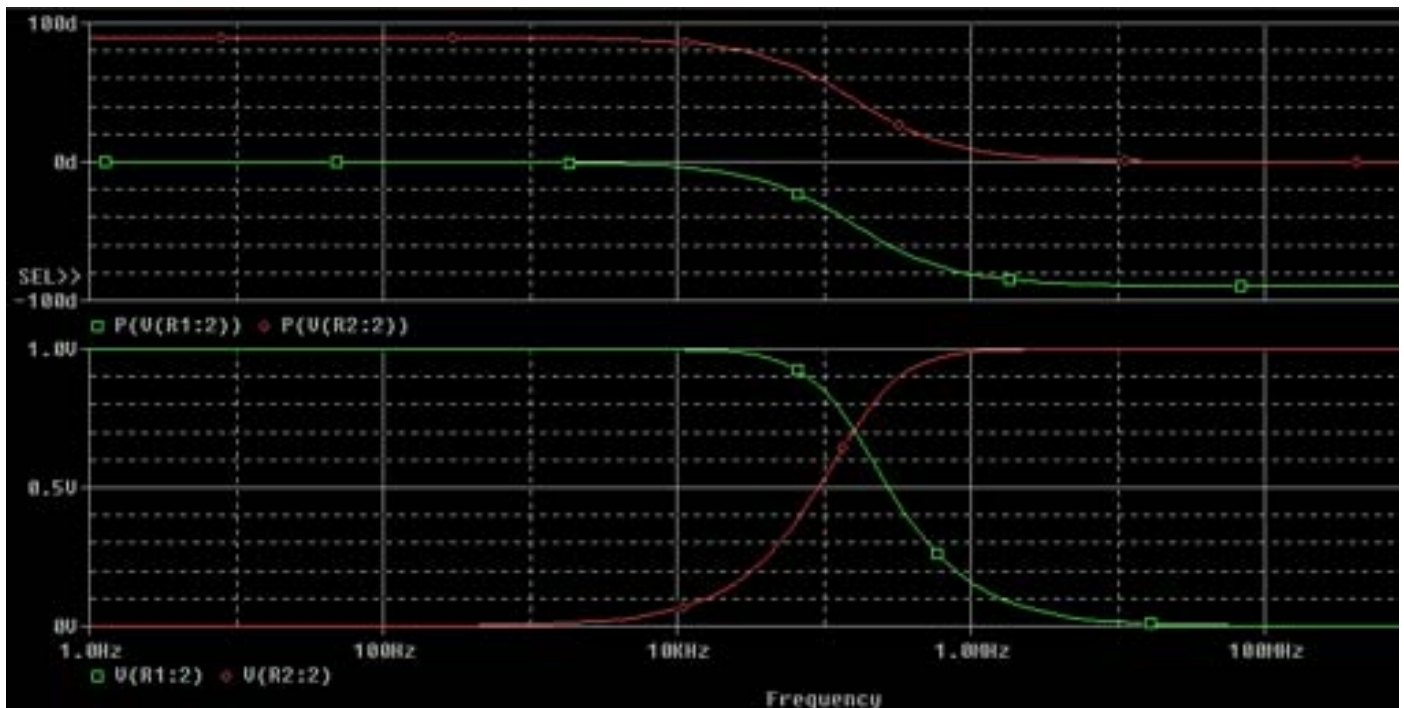
Il grafico che si può osservare qui sopra rappresenta le uscite dei due circuiti misurate (in tensione) ai capi di C1 nel primo schema ed ai capi di R2 nel secondo. Osservando il grafico sono state dedotte la frequenza di taglio e le attenuazioni standard.

Il punto di incontro tra il grafico rosso e quello verde indica la frequenza di taglio uguale nei due circuiti: il circuito RC non è altro che un filtro LP (low pass), e come tale non fa passare segnali con frequenze superiori ad un certo valore, tale valore si calcola con la relazione $F_t = 1/2\pi RC$. La relazione è valida anche per l'altro circuito CR: un HP (high pass) che fa passare solo segnali con una frequenza superiore ad essa.

Con frequenza di taglio si intende appunto la frequenza a cui il segnale diminuisce in tensione del 30% ca. non a caso osservando il grafico, si noti infatti che il punto di incontro dei due grafici è proprio a 0.7 V, per precisamente la F_t non è perfettamente al 30% ma bensì a $-1/\sqrt{2}$ del suo valore massimo in scala logaritmica; che è largamente usata nel campo delle misurazioni di frequenza vista la comodità della sua compressione, corrisponde esattamente a -3dB, questo è un concetto fondamentale: ad una attenuazione di -3dB si trova esattamente la frequenza di taglio, altri valori fondamentali sono -6dB a cui il segnale è perfettamente la metà dell'ingresso e -10 dB a cui il segnale è ridotto esattamente di 10 volte confronto all'ingresso.

Ora, degli stessi circuiti si intende calcolare la fase per scoprire di quanto sarà in ritardo il segnale in uscita rispetto all'ingresso.

Sempre nel dominio delle frequenze si applica la funzione $P()$ che calcola la fase e si ottiene il grafico di pagina successiva

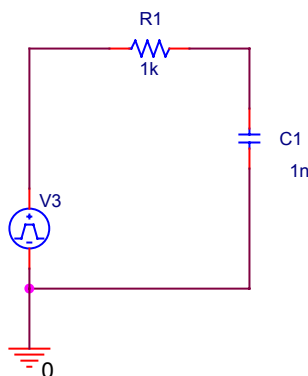


La fase graficata nell'immagine sopra mette in evidenza come per tutto il periodo in cui la F_{trasf} è pari ad 1 la fase è pari a 0, per questo quello che si ha in ingresso arriva contemporaneamente (con un ritardo della velocità della luce) all'uscita. Il segnale comincia ad attenuarsi a cominciare da 1 o 2 decadi prima della F_t , e mano a mano che ci si avvicina, si ha contemporaneamente all'attenuazione una modifica della fase, negativa per l'LP e positiva per l'HP, alla frequenza di taglio lo sfasamento è di 45° per l'HP e -45° per l'LP.

La costante di tempo del condensatore

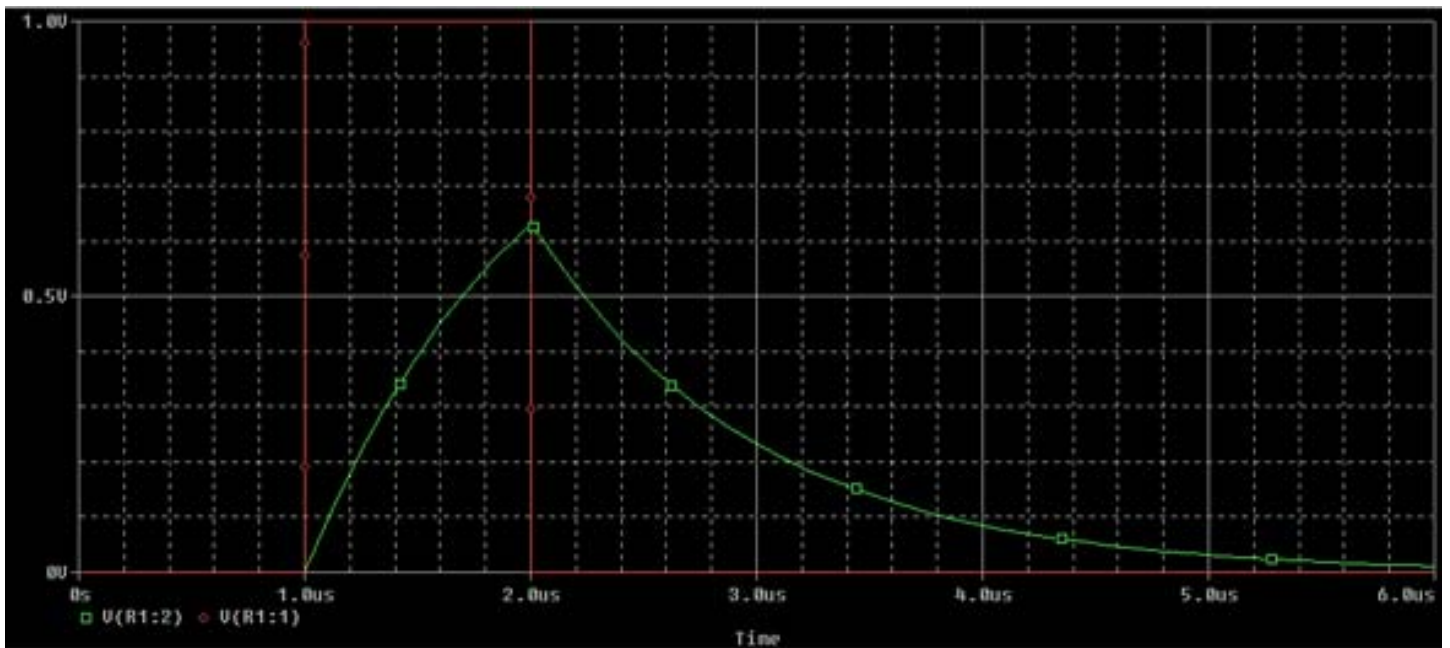
Esaminiamo ora la risposta di un LP a cui applichiamo in ingresso un gradino.

Il circuito risultante sarà il seguente:



Si ipotizza un gradino con un tempo di ritardo 1us durata 1us ed ampiezza 1V.

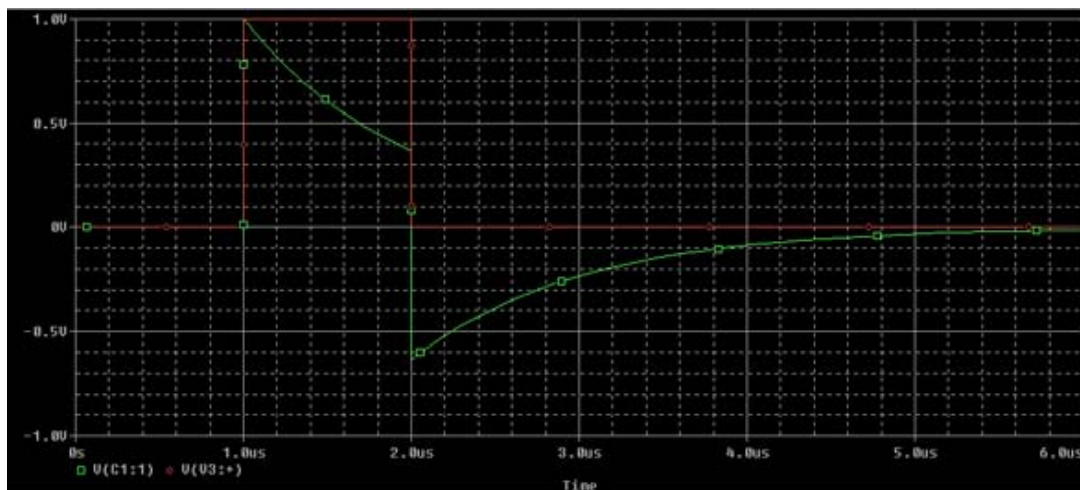
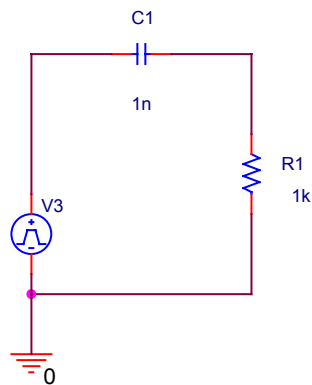
Si può notare dal disegno che la curva di carica e di scarica del condensatore, è ovvio che questo non ha raggiunto il regime di 1V, questo perché il tempo necessario alla carica del condensatore è superiore alla durata del gradino, facendo durare di più l'impulso è possibile far caricare completamente il condensatore, ma esiste anche un altro metodo che è quello della costante di tempo τ che indica il



tempo che impiega il componente a raggiungere una carica del 68%. Per calcolare la durata dell'impulso bisogna dimensionare correttamente la costante di tempo.

Sapendo che $\tau=R*C$ e sapendo che il tempo che impiega il condensatore a raggiungere il regime è pari a 5τ bisogna calcolare RC tale da avere $RC < 1\mu s/\tau$ per far si che questo raggiunga il regime nel tempo stabilito, nel nostro caso $1\mu s$.

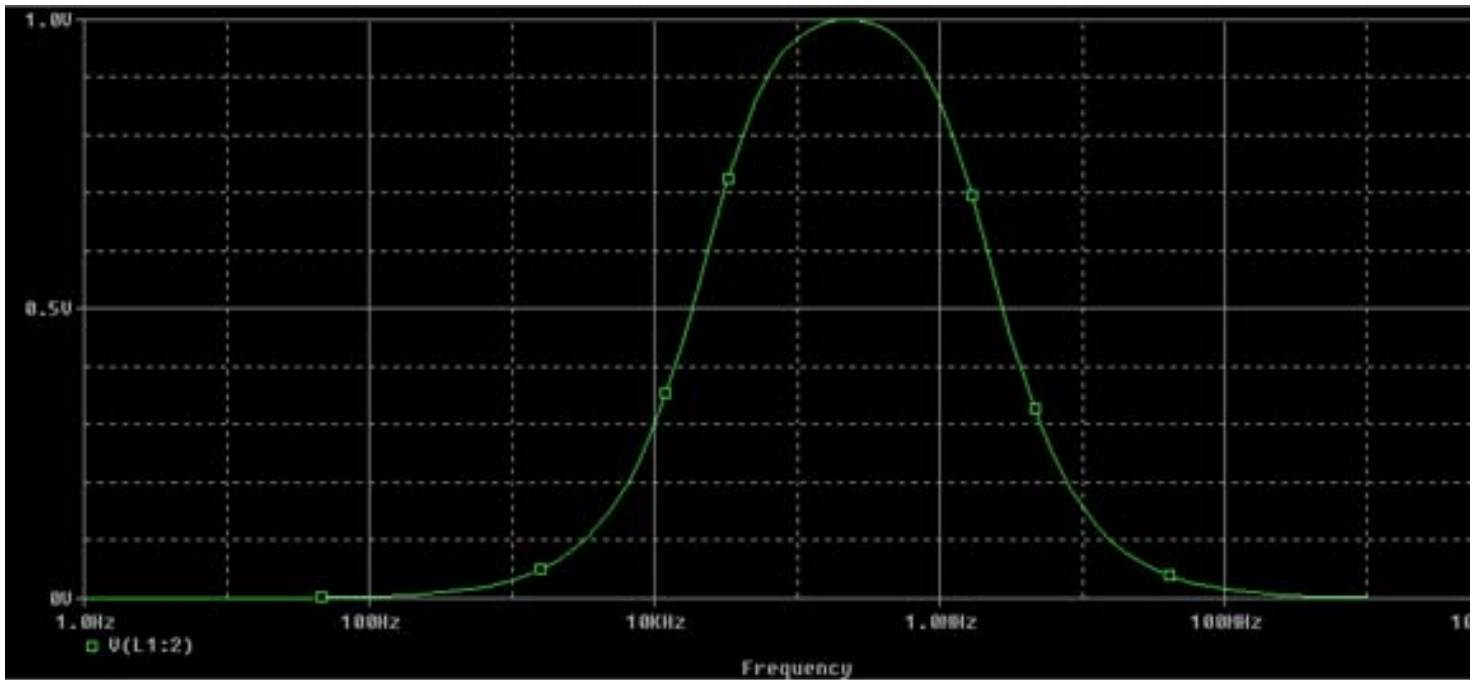
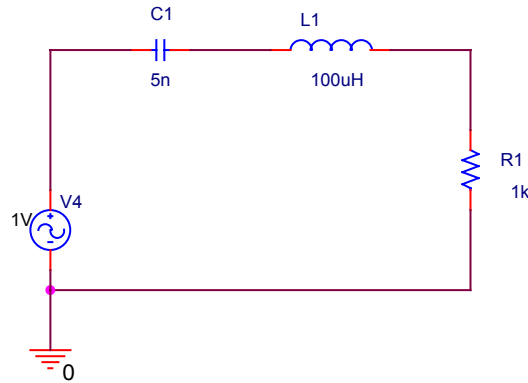
Tutta l'operazione appena descritta è stata effettuata in egual modo con il filtro CR , se ne allegano schema e grafico.



La risonanza

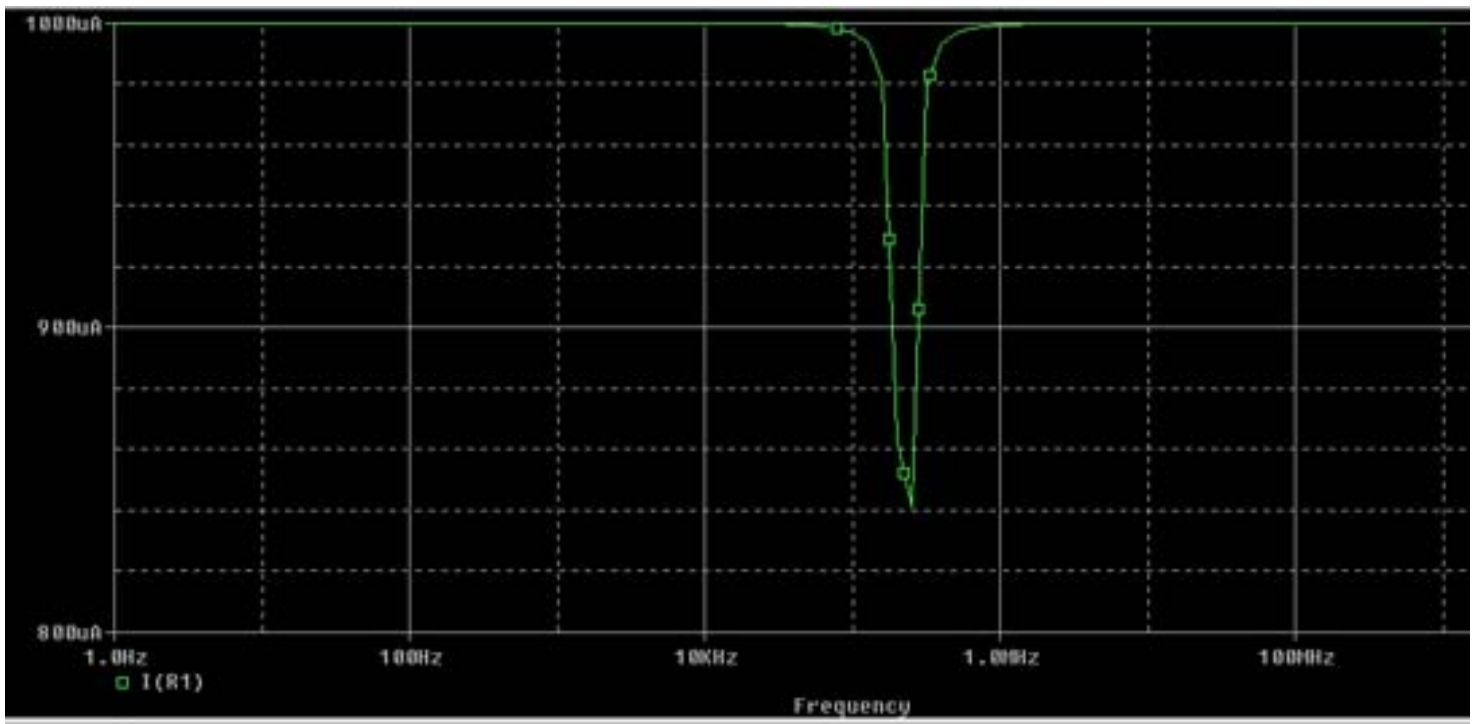
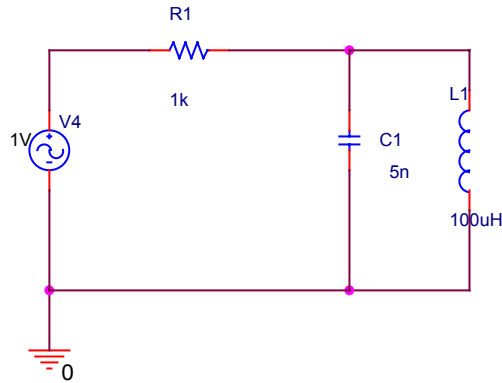
La risonanza è un fenomeno che si verifica in circuiti con componenti RLC, il condensatore fa passare segnali con frequenza molto alta, l'induttanza si comporta esattamente all'opposto, sia l'uno che l'altro aumentano la loro impedenza in funzione della frequenza, per questo ce ne sarà una particolare per la quale i valori di impedenza dei due componenti sono uguali e quindi si annullano, quella frequenza è della frequenza di risonanza.

Si realizzi un circuito RLC e lo simuliamo nel dominio delle frequenze.



Il grafico che si otterrà è una campana (sull'asse x si ha la frequenza, sull'y la tensione di uscita del circuito) e la frequenza di centro è quella a cui si verifica il fenomeno della risonanza, in quel punto i valori induttivi di condensatore ed induttanza hanno lo stesso valore in modulo ma opposto in segno, quindi si annullano facendo rimanere la resistenza "l'unico componente induttivo nel circuito". Osservando sempre il grafico si può notare come il circuito RLC si comporti da passa banda. La formula per calcolare la frequenza di risonanza si ricava mettendo eguagliando le espressioni delle cadute di potenziale di condensatore e induttanza, alla fine si ricava che $f_r = 1/2\pi\sqrt{CL}$, il coefficiente di risonanza che detta la tensione su induttanza e condensatore al momento della risonanza che può risultare anche più grande di quella di alimentazione, si calcola con la formula $1/R\sqrt{CL}$.

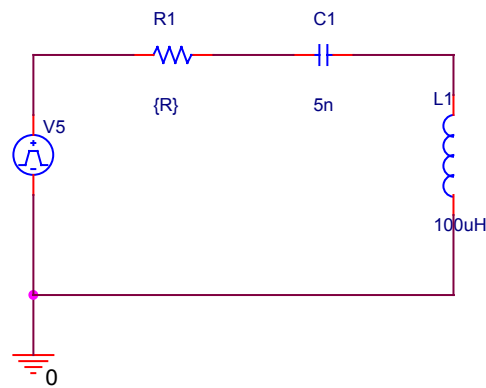
Il fenomeno di risonanza può presentarsi anche in circuiti in cui C ed L siano in parallelo, ma in maniera opposta alla serie: se L e C in serie creano un passa banda, messe in parallelo formano un notch. Per provare ciò tramite l'uso del simulatore si potrà vedere il grafico di uscita:



Come è possibile vedere, la corrente nel circuito rimane costante ed ha un calo in prossimità della frequenza di risonanza, questo vuol dire che per tutte le frequenze tranne quella di risonanza si ha una situazione di equilibrio all'interno del circuito, è proprio come nel notch.

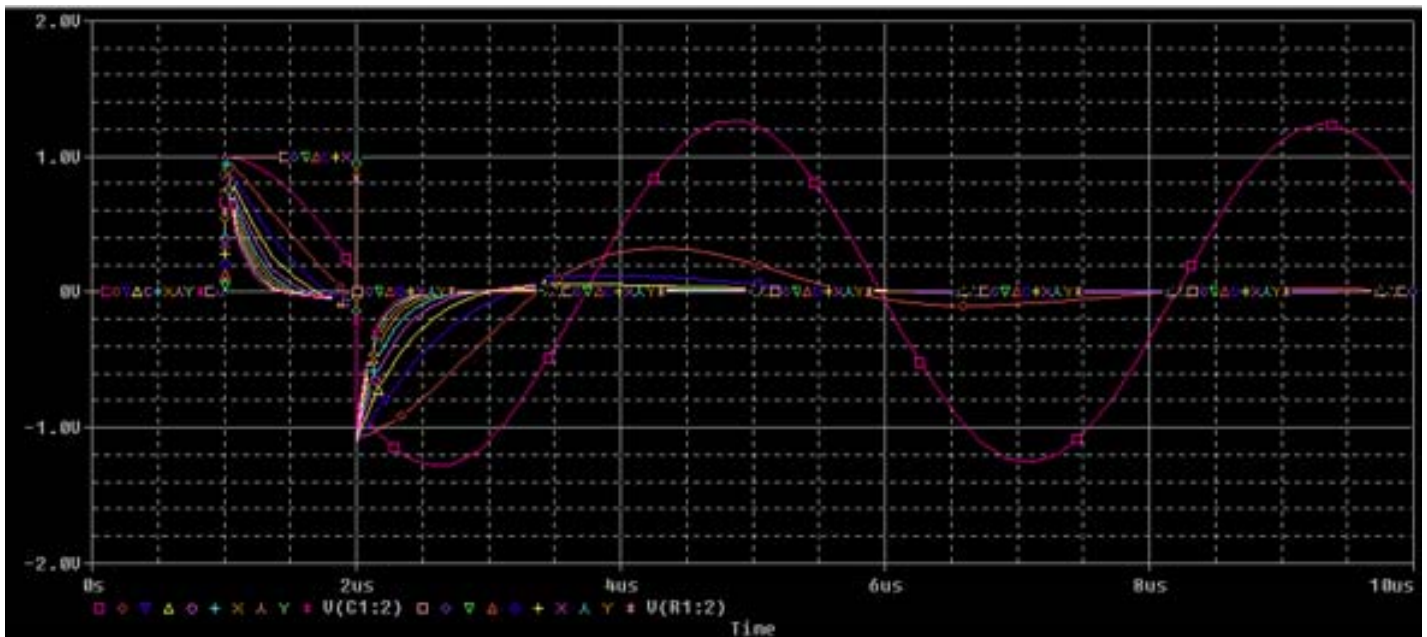
L'analisi parametrica di OrCad

Come già detto in precedenza tramite orcad è possibile analizzare le uscite di un circuito al variare di un parametro, si applichi tale funzionalità al circuito RLC, si intendono vedere nel dominio del tempo i disturbi dovuti ad una induttanza, si ripristini dunque il circuito RLC e vi si applichi un gradino, a tal punto si potrà far partire la simulazione. Segue a pagina successiva...



PARAMETERS:

=



Come si può ben vedere al diminuire di R il segnale impiega sempre più tempo a tornare a regime, tale disturbo è dovuto all'induttanza presente nel circuito, nel caso in cui questa non ci fosse allora il grafico ideale d'uscita sarebbe stato come quello del CR.

Il problema è questo: spesso e volentieri si vengono a creare induttanze all'interno dei fili e ciò non si può prevedere in fase di progetto, sapendo però che più è grande il carico, nel nostro caso R e più il circuito è rapido a tornare a regime evitando tutte le interferenze che si possono notare nel grafico qui sopra, quindi nel caso in cui si verifici basterà aumentare il carico di qualche decina di ohm per evitare eventuali interferenze dovute all'induttanza.

Analizzando la stessa cosa nel dominio delle frequenze si scopre che tale induttanza imprevista può provocare (per il fenomeno della risonanza) picchi di corrente che potrebbero danneggiare i componenti, visto che anche ciò è dipendente dal carico vale lo stesso discorso del periodo precedente.

Come mantenere energia all'interno di condensatori o induttanze

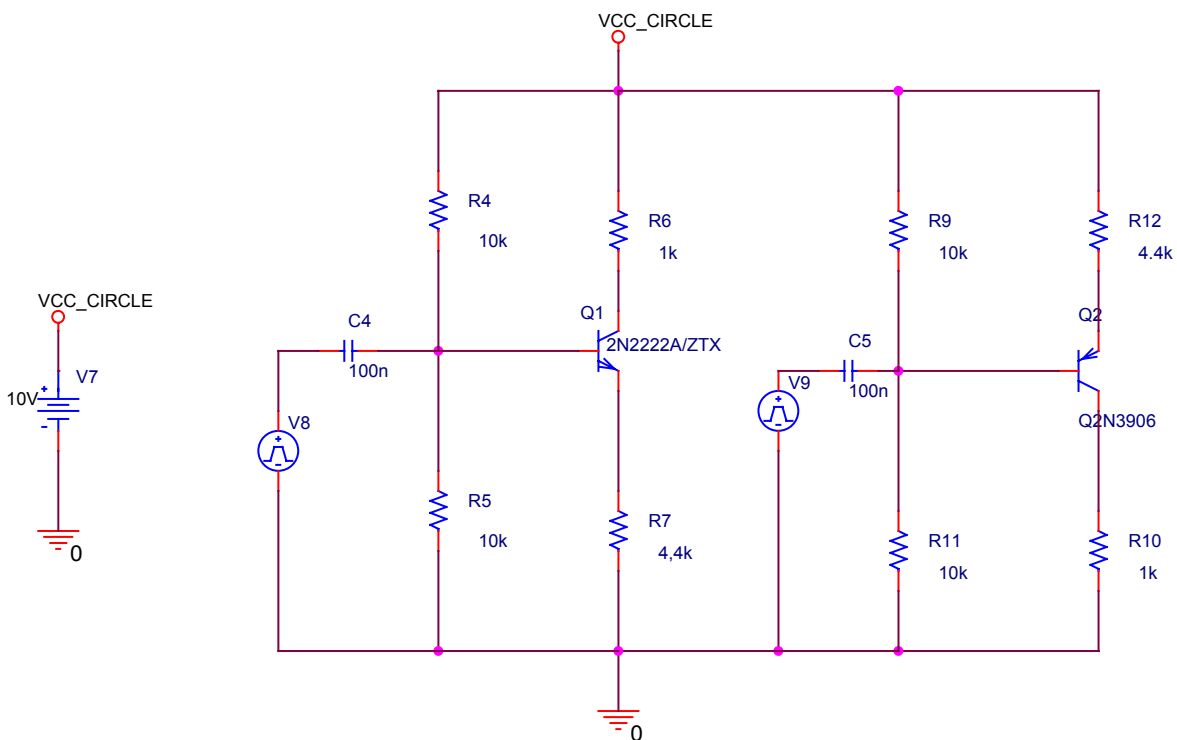
Supponendo di avere dei componenti ideali, non è difficile farlo, il condensatore deve avere un'impedenza infinita tra i due poli, l'induttanza l'opposto: deve essere cortocircuitata, ovviamente si ricordi che tale principio è valido solo per componenti ideali: nella realtà la carica è sempre mantenuta per un tempo finito, perchè la carica tende a disperdersi nel tempo.

Il transistor

Sul transistor è stato effettuato un rapido ripasso sulla polarizzazione statica. Il transistor può lavorare come amplificatore oppure come interruttore, la funzionalità è strettamente dipendente dalla caduta di potenziale ai capi di V_{ce} .

Ci sono svariati modi per polarizzare un transistor, per dimensionare le reti basti ricordare alcuni concetti fondamentali: la giunzione PN tra base ed emettitore mantiene le caratteristiche precedentemente esplicitate, quindi la tensione ai capi dell'emettitore si discosta da quella della base per soli 0,6-0,7V, conoscendone una è automatico conoscere l'altra; si deve sempre cercare di far scorrere nel partitore di base una corrente molto maggiore di quella che entra nella base. Altro parametro importante è la corrente di collettore: più è alta e più il transistor tende a diventare ideale, il guadagno infatti è dato dalla funzione $G(m) = I_c / K_t$ dove K_t si può approssimare a 25 mV sapendo ciò si tenga a mente anche che l'impedenza sull'emettitore è $1/G(m)$, ecco perché più è grande I_c e più il componente tende a diventare ideale: aumenta l'impedenza sull'emettitore ed aumenta anche l'amplificazione $G(m)$.

È stato simulato inoltre il seguente circuito:

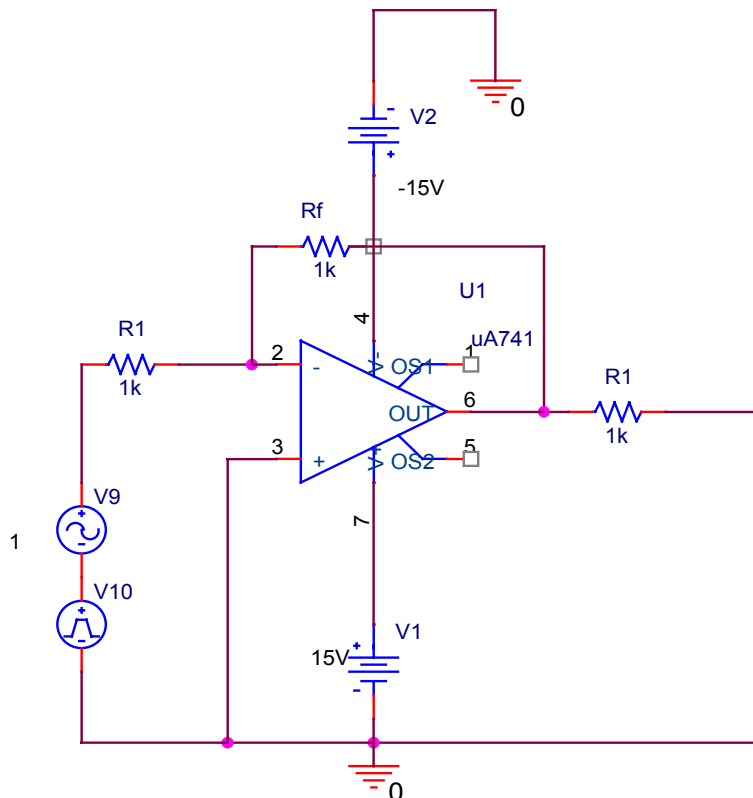


Tramite una versione più recente di OrCad (la 9.2) si è verificato che non vi è differenza tra un transistor NPN ed uno PNP, infatti con gli stessi valori resistivi le tensioni nei vari nodi del circuito erano pressoché identiche. Da questo si può dedurre che tutte le caratteristiche appena elencate vanno bene per tutti i transistor e che di conseguenza l'unica cosa che li contraddistingue ma che, non cambia il metodo di calcolo, è la banda passante.

L'amplificatore operazionale

L'amplificatore operazionale è un componente elettronico in grado di sostituire il transistor in alcune sue applicazioni a bassa corrente e basse tensioni. L'operazionale fornisce una amplificazione in uscita pari al rapporto che esiste tra le due resistenze di feedback e di ingresso, non a caso infatti l'operazionale può presetare svariate configurazioni tra cui l'amp. Invertente e non invertente, il buffer, ecc...

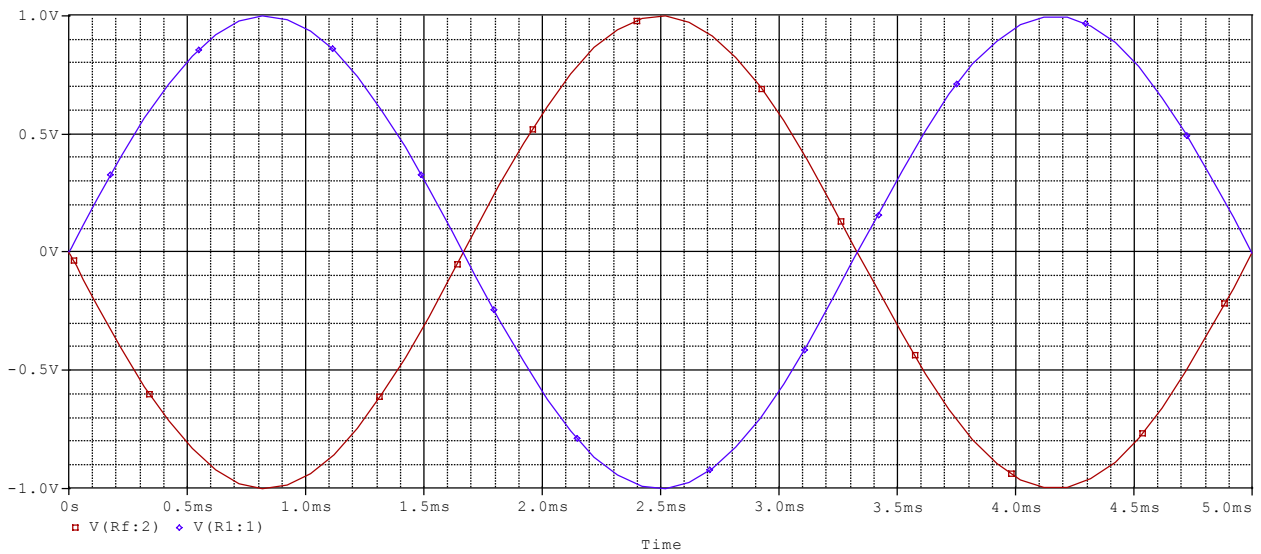
Le configurazioni da noi esaminate sono state l'amp. Invertente e non.



Qui nella figura si può notare l'amplificatore invertente, invertente perché il segnale (posto in ingresso su V-) viene sfasato di π rad ossia invertito in uscita, oltre a ciò va tenuto conto anche del rapporto di amplificazione tra uscita ed ingressi che nell'invertente è pari a $-R_f/R_1$, il rapporto uscita-ingressi sarà $V_{out}=V_{in}*(-R_f/R_1)$.

Ora per provare quanto appena detto sull'amp. Invertente della figura soprastante si procederà alla simulazione tramite Pspice nel dominio del tempo per visualizzare la relazione tra ingressi ed uscita, facendo riferimento al circuito qui sopra ci si aspetterà un'onda sfasata rispetto all'ingresso di π rad ed amplificata di un fattore 1.

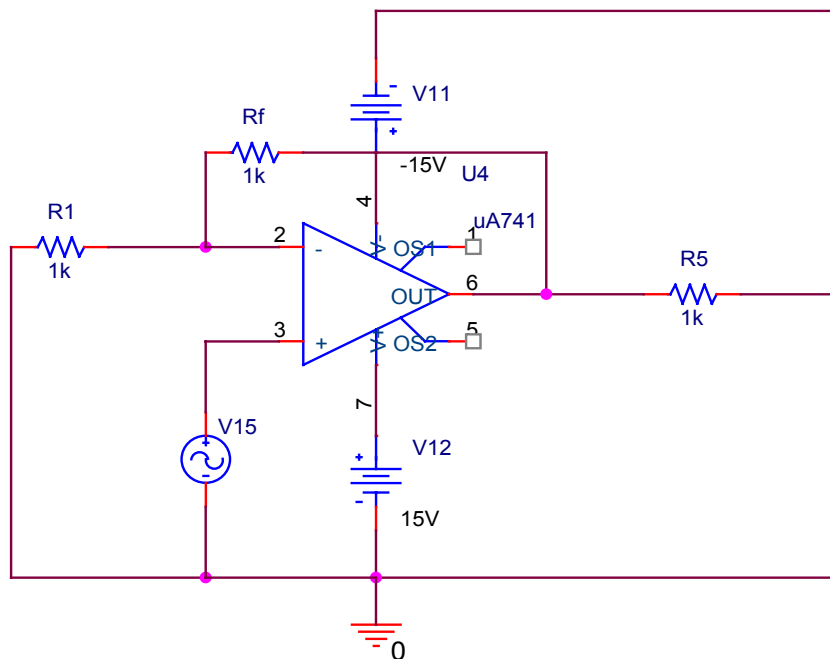
Ecco il grafico d'uscita

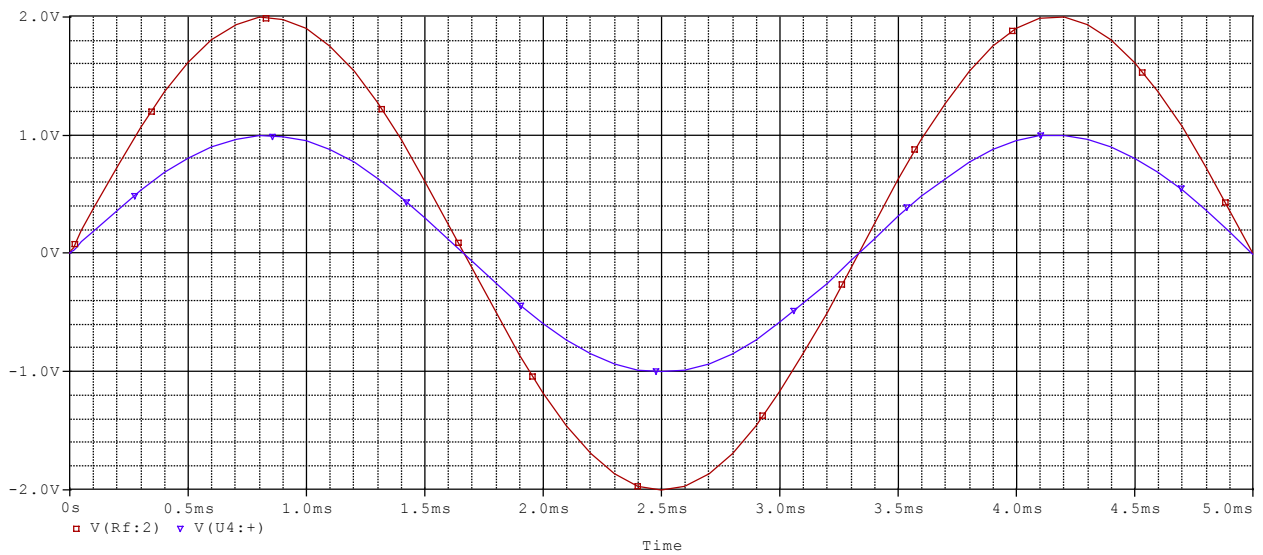


La sinusoide blu rappresenta l'ingresso, quella rossa l'uscita, come si puo' ben constatare l'uscita e' quella attesa.

L'amp. non invertente, ha come rapporto uscita ingressi $V_{out}=V_{in}*(1+R_f/R_1)$ dalla formula si puo' dedurre come l'amplificatore non sfasi il segnale e che la sua minima amplificazione e' pari ad 1.

Si svolge la stessa prova appena svolta per l'invertente con gli stessi valori resisitivi, se la relazione I/O e' esatta si avranno due sinusoidi non sfasate ma quella d'uscita doppia rispetto all'entrata.





L'uscita rispecchia a pieno le attese.

In ultimo vanno ricordate alcune proprieta' fondamentali dell'operazionale ideale, ovvero: impedenza d'ingresso infinita, impedenza d'uscita pari a 0, amplificazione ad anello aperto infinita.

Queste che sono relativamente vicine a quelle reali, vengono sfruttate per molte applicazioni come il buffer.