

Esercitazioni SPICE

esercitazioni SPICE : istruzioni per l'uso

- a) scaricare la presentazione ppt di introduzione a LTSPICE e leggerla
- b) scaricare LTSpice usando il link nella presentazione stessa e il manuale
- c) leggere queste slide con i relativi esempi (la teoria è già stata presentata a lezione)
- d) provare la simulazione dell'amplificatore audio (i listati SPICE sulle slide vanno salvati come file testo con estensione .cir per poter essere elaborati da LTSPICE).

L' esercitazione ha due obiettivi

- * fornire un esempio di utilizzo pratico degli amplificatori operazionali:
conversione temperatura \square tensione
- * amplificatore audio
- * filtri analogici RC

Inoltre l'uso di SPICE consente la verifica dei risultati di altri esercizi, lo studio dell'influenza di parametri circuitali ecc.

Consegna : venerdì 27 novembre su elearning

Per richieste di chiarimenti : email con subject «FONDAMENTI ELETTRONICA DOMANDA SPICE»

Calendario esercitazioni SPICE e valutazione

entro il 4/12/2020 : pubblicazione testo 2da esercitazione SPICE :
circuiti a diodi, amplificatori a transistor MOSFET. Consegna entro il
20 dicembre

entro il 18/12/2020 : pubblicazione testo 3a e ultima esercitazione SPICE :
amplificatore differenziale a MOSFET, circuiti digitali CMOS. Consegna
entro il 15/1/2021

Una valutazione positiva delle esercitazioni SPICE (basata sulla relativa relazione) sostituisce la prova orale, con un incremento del voto dello scritto (purchè sufficiente) tra 0 e 3 punti, corrispondentemente alla qualità del lavoro svolto. E' necessario consegnare tutte e tre le esercitazioni SPICE entro i termini, salvo comprovati motivi eccezionali

I punti conseguiti con le esercitazioni SPICE NON possono essere utilizzati per superare l'esame se il voto finale dello scritto è insufficiente, ma rimangono validi fino alla sessione di febbraio 2019.

Relazione e file da consegnare

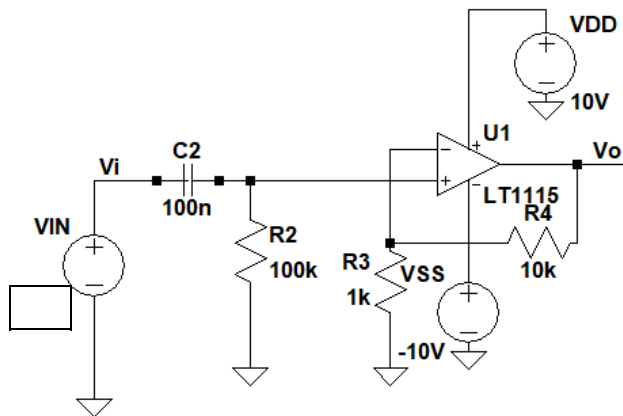
scrivete una *sintetica* relazione sui risultati ottenuti, con grafici (prendete ad esempio la correzione del primo compito pubblicata su elearning)

allegate o inserite nel testo il listato .cir che avete usato come input delle simulazioni e il grafico del circuito

allegate altri file che possono essere utili (con un commento nella relazione)

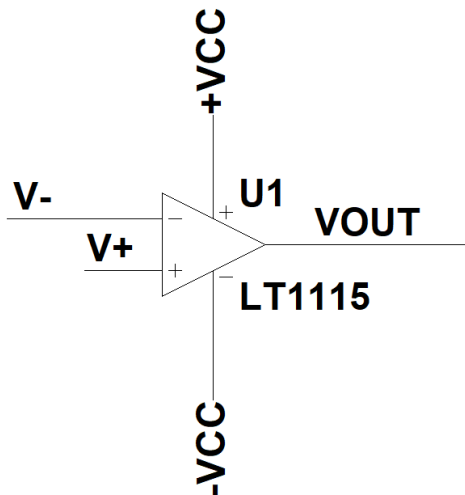
non allegate TUTTI i grafici delle simulazioni, ma solo quelli richiesti, più quelli che pensate siano significativi

1mo esercizio: amplificatore audio con opamp commerciale LT1115



1. calcolare analiticamente e simulate il guadagno in tensione e la frequenza di taglio inferiore dell'amplificatore. Per il calcolo analitico, considerare un amplificatore operazionale ideale; per la simulazione, utilizzate il modello LT1028 (o LT1115) della libreria di LTSpice, inserendo nel listato .cir
XU1 N003 N002 N001 N004 Vo LT1028
.lib LTC.lib

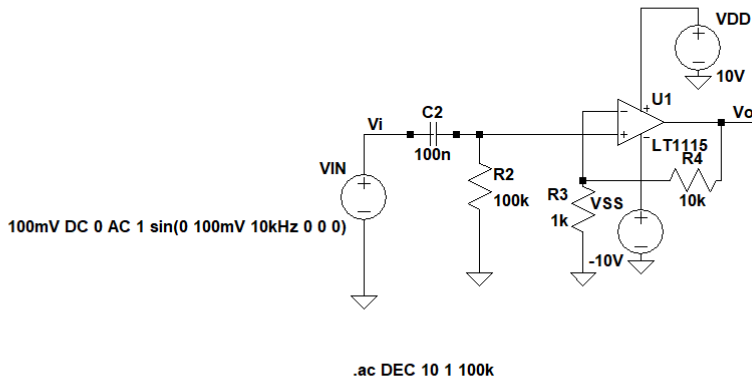
Connessioni all'amplificatore LT1115



Nel listato SPICE, i terminali dell'amplificatore operazionale sono identificati in questa sequenza:

```
* C:\Program Files
(x86)\LTC\LTspiceIV\Draft1.asc
XU1 V+ V- +VCC -VCC VOUT LT1115
.lib LTC.lib
.backanno
.end
```

Amplificatore audio - 2



1. simulare la forma d'onda di uscita per un segnale sinusoidale di ingresso di 10 mV, a 1 Hz, 10 Hz, 10kHz **(tre grafici separati)**
2. simulare il diagramma di Bode dell'ampiezza tra 1Hz e 100 kHz
3. a centro banda, per quale ampiezza del segnale di ingresso l'uscita satura?
simulare la forma d'onda di uscita per un segnale di ingresso di ampiezza pari a 2 volte il valore trovato.
4. ripetere il punto 2. sostituendo a $R2$ una resistenza di valore pari al vostro
5. numero di matricola diviso 100
6. valutare tramite la simulazione la potenza DC assorbita dall'alimentazione

IMPORTANTE !!!!!

Nelle simulazioni che utilizzano un modello dell'amplificatore operazionale «ideale»,
non usate il modello opamp.sub della libreria .lib ma sostituite direttamente l'operazionale con un generatore di tensione comandato in tensione VCVS, identificato da E2 in LTSpice.

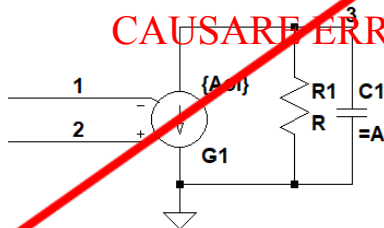
Per approssimare un guadagno infinito, attribuite al fattore di proporzionalità E un valore superiore a 10^6 V/V; segue esempio

Modello ideale dell'opamp in SPICE **NON USARE**

Il modello adottato per l'amplificatore operazionale ideale è quello di un generatore di corrente comandato dalla differenza di tensione $V_2 - V_1$, con un guadagno A_{ol} da definire (solitamente 100000 A/V); la corrente in uscita viene convertita in una tensione da una resistenza R da 1Ω . Il circuito RC di uscita definisce la costante di tempo di un circuito passa basso in modo da ottenere il prodotto guadagno x larghezza di banda GBW specificato dall'utente il relativo macromodello (opamp.sub nella

**IL CIRCUITO R1C1 DEL
SOTTOCIRCUITO PUO'
INTERFERIRE CON IL CIRCUITO DI
USCITA E**

CAUSARE ERRORI



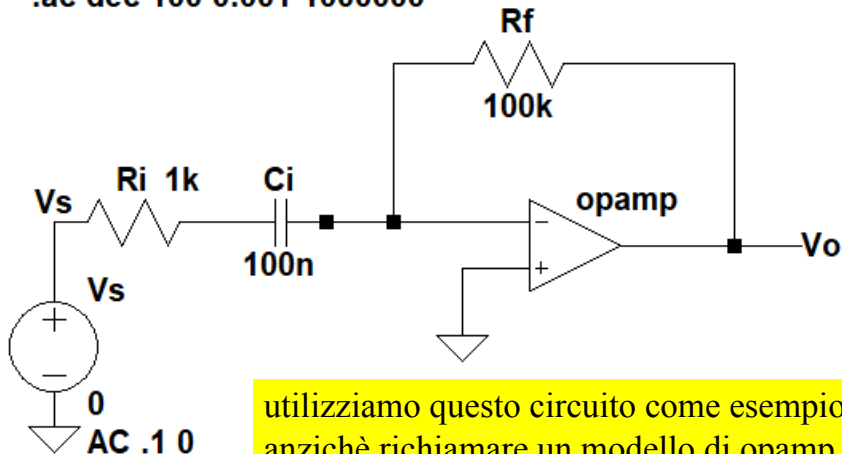
```
G1 0 3 2 1 {Aol}  
R1 3 0 1.  
C3 3 0 {Aol/GBW/6.28318530717959}  
.ends opamp
```

**Questo amplificatore operazionale ideale
non ha tensione di offset. Inoltre
l'alimentazione**

non è specificata, quindi NON SATURA MAI!

amplificatore passa alto

.ac dec 100 0.001 1000000

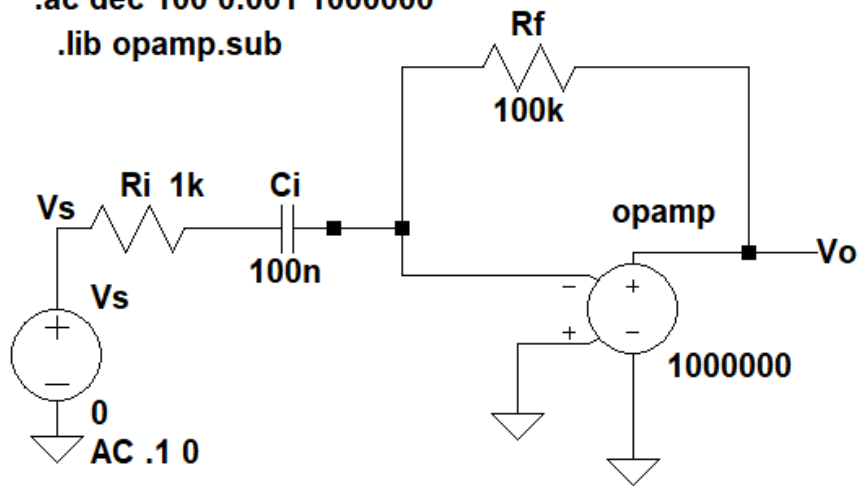


utilizziamo questo circuito come esempio;
anzichè richiamare un modello di opamp
dalla libreria, sostituiamo l'opamp con un
generatore di tensione comandato dalla
differenza di tensione tra V_+ e V_-
(slide successiva)

amplificatore passa alto con opamp modellato da VCVS

.ac dec 100 0.001 1000000

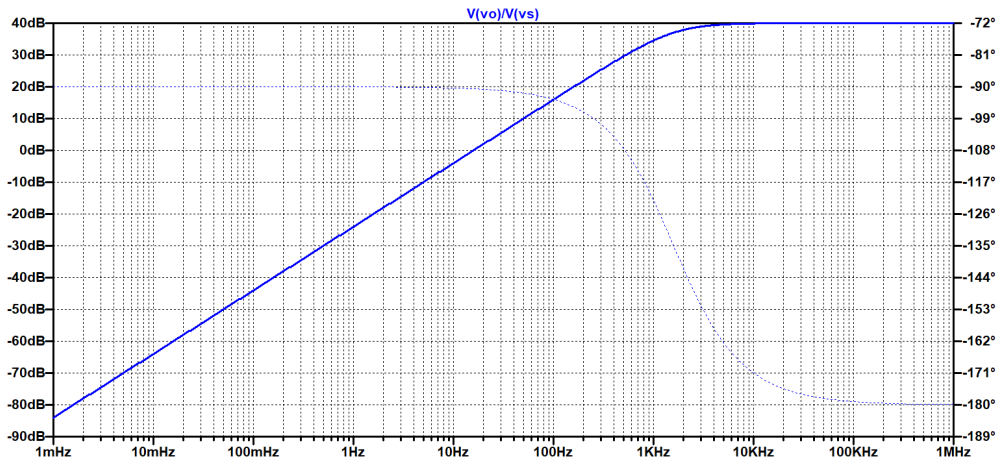
.lib opamp.sub



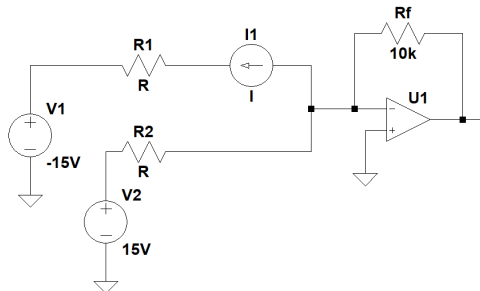
Listato .cir del circuito alla slide precedente

```
* passa alto con VCVS per opamp.asc
Ri Vs N002 1k
Ci N002 N001 100n
Rf N001 Vo 100k
Vs Vs 0 0 AC .1 0
Eopamp Vo 0 0 N001 1000000
.ac dec 100 0.001 1000000
.backanno
.end
```

Risultato: diagramma di Bode



2do esercizio: convertitore temperatura-tensione



Il generatore di corrente $I1$ è un elemento termosensibile (nome commerciale AD590) che genera una corrente pari a $1\mu\text{A}$ per grado Kelvin. Quindi a 0°C la corrente $I1 = 273\mu\text{A}$; a 100°C è $373\mu\text{A}$ **(non usate il componente commerciale AD590 nella simulazione, ma un generatore di corrente opportunamente comandato)**.

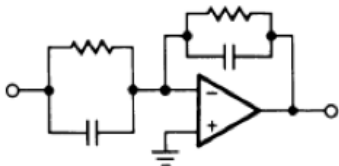
Si vuole realizzare con questo sensore un termometro (convertitore temperatura-tensione) che fornisca una tensione di uscita di $10\text{mV}/^\circ\text{C}$

2.1 sia $R1 = 10\text{ k}\Omega$. Trovare il valore di $R2$ che permette di ottenere il fattore di conversione desiderato.

2.2 sostituite a Rf il vostro numero di matricola diviso per 100 e modificare il circuito in modo da ottenere $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ in uscita

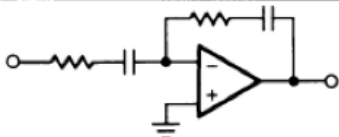
2.3 scrivere il listato SPICE .cir del circuito, commentarlo; definire $I1$ come generatore di corrente comandato da un parametro «temperatura». Graficare la tensione di uscita simulata da SPICE nell'intervallo da 0 a 100°C .

3o esercizio : filtro RC



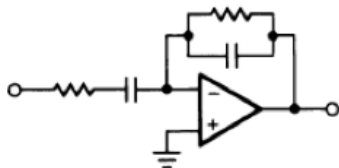
n. matricola che termina con 0,1,2

$$-\frac{R_F}{R_I} \left(\frac{1+s R_I C_I}{1+s R_F C_F} \right)$$



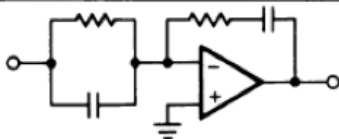
n. matricola che termina con 3,4,5

$$-\frac{C_I}{C_F} \left(\frac{1+s R_F C_F}{1+s R_I C_I} \right)$$



n. matricola che termina con 6,7

$$-\left[\frac{s R_F C_I}{(1+s R_I C_I)(1+s R_F C_F)} \right]$$



n. matricola che termina con 8,9

$$-\frac{1}{s R_I C_F} \left[(1+s R_I C_I)(1+s R_F C_F) \right]$$

3o esercizio: risposta in frequenza

Scegliere, in base al proprio numero di matricola, uno dei circuiti elencati nella tabella precedente

3.1 Dimostrare che la funzione di trasferimento del circuito è quella riportata nella tabella (C_i e R_i rappresentano la capacità e la resistenza del circuito di ingresso, C_f e R_f la capacità e la resistenza della rete di feedback)

3.2 Attribuire i seguenti valori alle capacità e resistenze:

$R_i = 1\text{k}\Omega$, $C_i = 100\text{nF}$; $R_f = 100\text{k}\Omega$, $C_f = 1\mu\text{F}$.

Simulare con SPICE il diagramma di Bode dell'ampiezza e della fase

3.3 Simulare con SPICE il segnale di uscita corrispondente ad un ingresso sinusoidale di ampiezza 100 mV con frequenza di 100Hz; 1kHz; 10kHz; 10MHz (**quattro grafici separati**)