

## RELAZIONE SULLA SIMULAZIONE CON SPICE

Prova scritta del 6 Novembre 2007 - codice 0497588225

### 1. Testo dell'esercizio d'esame

Il circuito illustrato in figura 1 ha due amplificatori operazionali ideali, tre resistenze,  $R_1=120\Omega$ ,  $R_2=100\Omega$  e  $R_3=150\Omega$  ed una capacità  $C=4.7\text{ nF}$ .

- Si calcoli la tensione di uscita  $v_{\text{OUT}}(t)$  quando la tensione di ingresso è  $v_{\text{IN}}(t)=V_0 \sin 2\pi f_0 t$ , con  $V_0=1\text{ V}$  e  $f_0=50\text{ kHz}$ .
- Ricavare la risposta in frequenza del circuito, con il guadagno espresso in decibel.

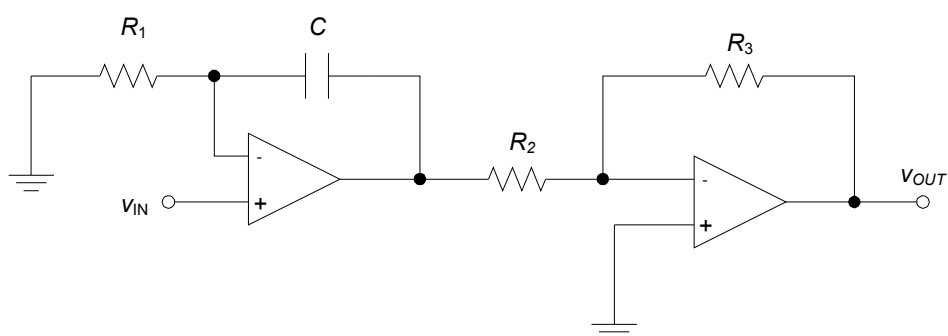


Figura 1 - Schema del circuito in esame.

### 2. Codifica del circuito in SPICE

Il circuito riportato in figura 1 è stato tradotto nello schema circuitale in figura 2, realizzato con SPICE.

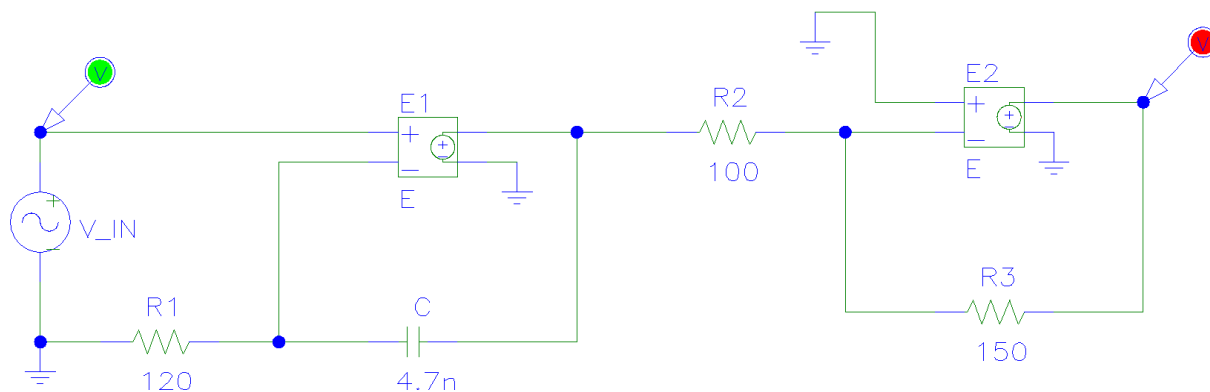


Figura 2 - Traduzione in SPICE del circuito in esame, raffigurato in figura 1.

Per simulare il generatore di tensione  $V\_IN$ , sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- ✓ DC=0
- ✓ AC=1                      Per l'analisi in frequenza;
- ✓ VOFF=0
- ✓ VAMPL=1                  Per l'analisi nel tempo;
- ✓ FREQ=50k                Corrisponde al parametro  $f_0=50\text{ kHz}$  fornito dal testo dell'esercizio;
- ✓ PHASE=0                È la fase espressa in gradi che realizza la funzione seno.

I due amplificatori operazionali  $E1$  ed  $E2$  hanno un guadagno elevato, codificato nel parametro GAIN, pari a  $10^4=10000$ .

Le resistenze  $R1$ ,  $R2$  ed  $R3$ , sono codificate con i rispettivi valori, tramite il parametro VALUE:

- ✓ Per  $R1$ , VALUE=120;
- ✓ Per  $R2$ , VALUE=100;
- ✓ Per  $R3$ , VALUE=150.

Infine il condensatore, è stato parametrizzato attraverso il valore VALUE=4.7n.

Il seguente listato consiste nella Netlist, la quale riassume i parametri impiegati per la simulazione del circuito in figura 1.

```
E_E1      $N_0003 0 $N_0001 $N_0002 10000
E_E2      $N_0005 0 0 $N_0004 10000
V_V_IN    $N_0001 0 DC 0 AC 1
+SIN 0 1 50k 0 0 0
C_C       $N_0002 $N_0003 4.7n
R_R3      $N_0004 $N_0005 150
R_R1      0 $N_0002 120
R_R2      $N_0003 $N_0004 100
```

### 3. Risoluzione del quesito A

Per ottenere l'andamento della tensione in uscita  $v_{OUT}(t)$  in funzione della tensione di ingresso  $v_{IN}(t)=V_0\sin 2\pi f_0t$ , è necessario inserire due marcatori di tensione evidenziati in figura 2: in verde è marcata la tensione di ingresso, ed in rosso la tensione in uscita.

Successivamente si effettua un'analisi nel tempo, tramite il comando "Transient" posto nel menù "Analysis setup", generando così i due grafici riportati in figura 3.

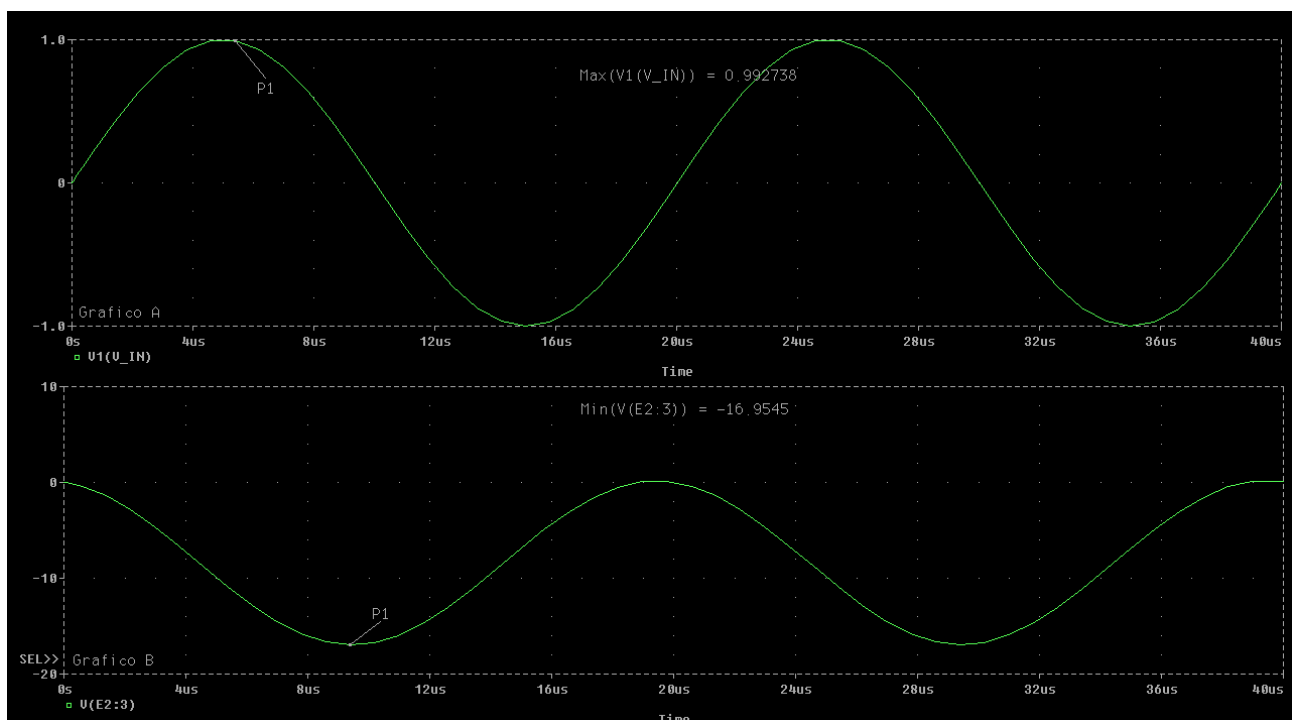


Figura 3 - Grafici generati tramite l'analisi nel tempo: il grafico A, raffigura  $v_{IN}(t)$ ; il grafico B, raffigura  $v_{OUT}(t)$ .

Per la simulazione si è utilizzato un passo di campionamento di  $0.02\mu s$ , ed una durata di  $40\mu s$ .

Tramite il grafico A riportato in figura 3, possiamo osservare che la tensione di ingresso genera una curva sinusoidale con ampiezza che varia tra  $0.99V$  e  $-0.99V$ .

Tramite il grafico B riportato anch'esso in figura 3, osserviamo che la tensione di uscita genera una curva sinusoidale, la cui ampiezza varia tra 0.13V e -16.95V.

Nei calcoli teorici si è ottenuta la tensione di uscita in funzione della tensione di ingresso, tramite la seguente formula:

$$v_{OUT}(t) = -\frac{R_3}{R_2} \cdot \left( v_{IN} + \frac{1}{R_1 \cdot C} \cdot \int_0^t v_{IN} dt \right).$$

Sostituendo a  $v_{IN}(t)$  la formula  $V_0 \sin 2\pi f_0 t$  e risolvendo l'integrale, otteniamo:

$$v_{OUT}(t) = -\frac{R_3}{R_2} \cdot V_0 \sin 2\pi f_0 t + \frac{R_3}{R_1 \cdot R_2 \cdot C} \cdot 2\pi f_0 V_0 \cos 2\pi f_0 t.$$

#### 4. Risoluzione del quesito B

Il secondo quesito è risolvibile effettuando un'analisi in frequenza del circuito (figura 4).

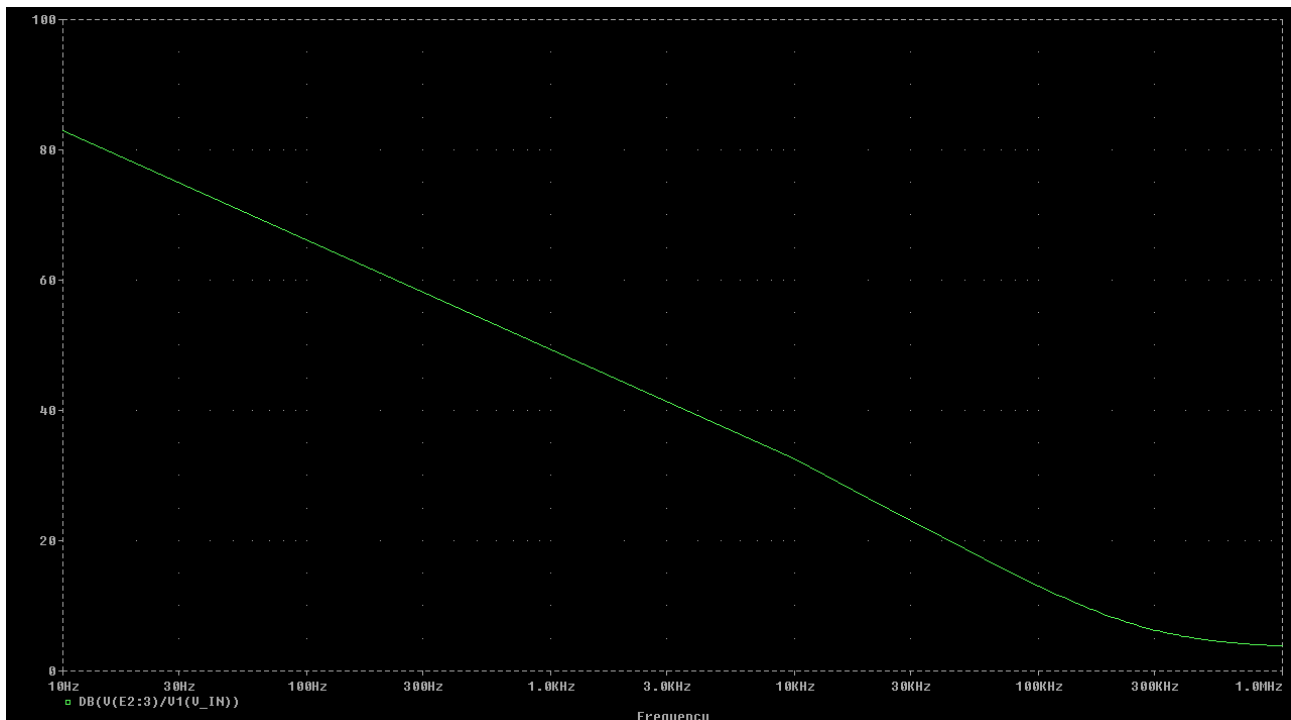


Figura 4 - Risposta in frequenza del circuito, col guadagno espresso in decibel.

Per conseguire tale risultato è sufficiente effettuare l'analisi in frequenza tramite il comando "AC Sweep...", presente nel menù "Analysis setup". L'intervallo di frequenza è compreso tra 10Hz e 1MHz.

Qualitativamente, il guadagno è il rapporto tra le ampiezze della cosinusoide di uscita e la sinusoide di ingresso:

$$G_{dB} = 20 \log_{10} \left| \frac{v_{OUT}}{v_{IN}} \right|.$$