

1. Elenca e definisci alcuni parametri ideali e reali dell' A.O.

R1) CARATTERISTICHE IDEALI

- 1- **Ad** : guadagno differenziale ad anello aperto tendente all'infinito
- 2- **Rin** : resistenza d'ingresso che tende a infinito
- 3- **Rout** : resistenza d'uscita che tende a zero
- 4- **Bw** : banda passante da frequenza zero a infinito
- 5- **SR** ; Slew rate , cioè max velocità di variazione di V_{out} , tendente a infinito

Inoltre vi sono i parametri : **Acm** , **CMRR**, V_{offset} , I_{offset} , I_{bias}

CARATTERISTICHE REALI

- 1- guadagno A_d molto alto [$>10^5$]
- 2- R_{in} molto grande qualche [M Ω]
- 3- R_{out} molto piccola pochi [Ω]
- 4- Banda molto larga pochi [MHz]
- 5- SR grande , tipicamente 30 [V / μ s]

2. In quali configurazioni l' A.O. lavora in zona lineare / non lineare ?

R2) Zona lineare : con Reazione negativa (es: Ampli inv. /non inv. di tensione, sommatore inv/non inv, differenziale, buffer, convertitore I/V inv/non inv,...)

Zona Non lineare : ad Anello Aperto (comparatori) - con Reazione Positiva (comparatore con isteresi, Trigger di Schmitt, generatore di Onda Quadra,...)

3. Perché, ad anello aperto, l' A.O. va in saturazione ?

R3) Per il fatto che il guadagno è elevatissimo, succede che ad anello aperto l'operazionale va subito in saturazione, anche se la tensione differenziale tra i due IN è di pochi **mV**.

Infatti, essendo $V_{out} = A_d V_d = A_d (V^+ - V^-)$, se $V^+ > V^- \ggggg V_{out}$ dovrebbe essere una tensione positiva grandissima, ma non potendo l' A.O. dare in uscita una tensione superiore a quella di alimentazione, dà il massimo possibile, cioè $+V_{sat}$, che è circa il **90% V_{cc}** .

Se $V^+ < V^- \ggggg V_{out} = -V_{sat} \approx -90\% V_{cc}$

Perciò **ad anello aperto l'operazionale è un comparatore** : fa il confronto tra V^+ e V^- e dice chi dei due è maggiore:

se $V_{out} = +V_{sat} \gggg V^+ > V^-$
 se $V_{out} = -V_{sat} \gggg V^+ < V^-$

4. Cosa significa “ massa virtuale” e in quale configurazione circuitale si verifica ?

R4) Significa punto al potenziale di massa, pur **non** essendo direttamente collegato a massa : discende dalla equipotenzialità degli IN ; si verifica nella configurazione di Ampli inv. e Sommatore inv.

5. Ricava, con i vari passaggi e ipotesi iniziali, l'espressione di A_f per l' amplificatore **invertente** di tensione.

A è massa virtuale.

La corrente i_{in} in R_1 è data da v_{in} / R_1 e, arrivata in A, va tutta in R_f , dato che la $R(IN^-)$ è elevatissima.

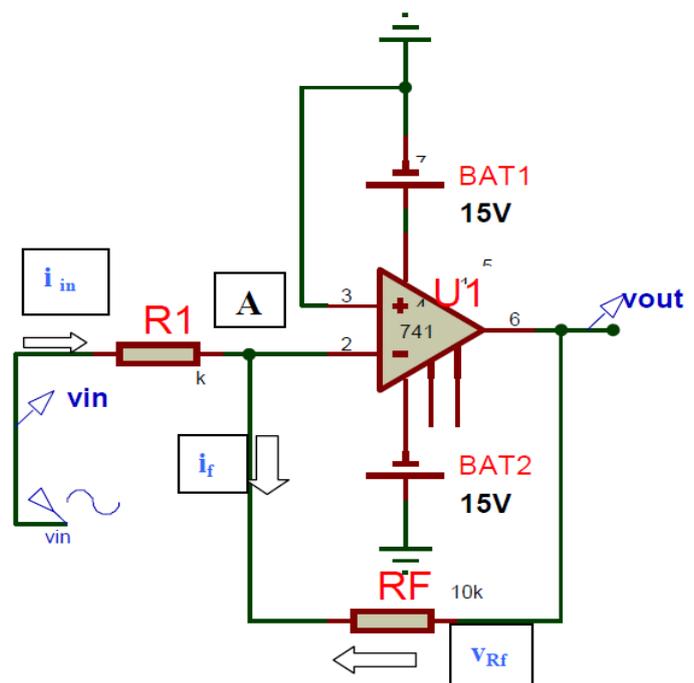
La tensione su R_f , data da $i_f * R_f$, coincide come valore con la v_{out} , ma ha segno opposto , infatti v_{out} è diretta da massa (reale)

al pin 6 (OUT) , mentre la v_{Rf} è diretta dal pin 6 alla massa virtuale (A) .

Perciò

$$v_{out} = -v_{Rf} = -i_f * R_f = - (v_{in} / R_1) * R_f$$

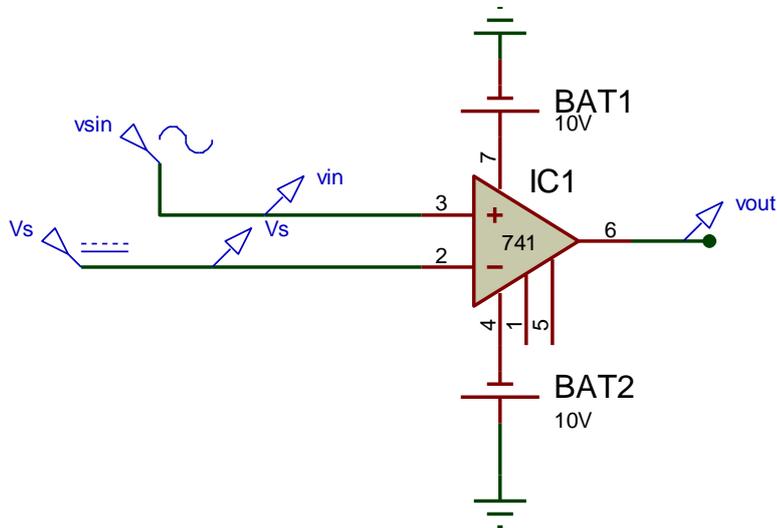
$$A_f = v_{out} / v_{in} = - R_f / R_1$$



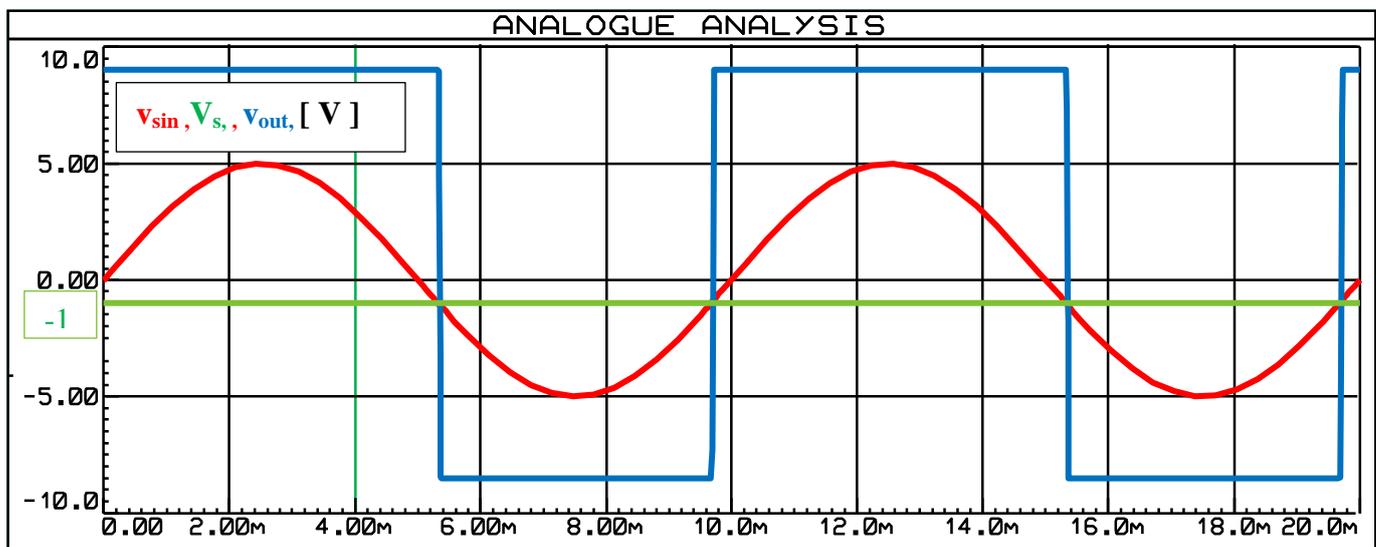
6. Comparatore **non** invertente, con tensione di soglia $V_s = -1$ [V]dc , $v_{in}(t) = 5 \sin (2\pi f * t)$ [V] ,
 $T = 10$ [ms] :

- Disegna lo schema circuitale
- Disegna i grafici di v_{in} e v_{out}
- calcola il duty cycle D.C. dell'onda rettangolare in OUT

a)



b) $T = 10$ [ms] >>>> $f = 100$ [Hz]



c) Il **D.C.** è chiaramente $> 50\%$; per ricavarlo, basta determinare l'istante di tempo t_x per cui $v_{in}(t_x) = -1$ [V]

$$5 \sin (2\pi 100 * t) = -1 \quad \gg \gg \gg \quad \sin (2\pi 100 * t) = -0,2 \quad \gg \gg \gg \quad \text{con la funzione inversa :}$$

$$(2\pi 100 * t) = \arcsin (-0,2) = -11^{\circ},54 \quad \text{per la periodicit\`a di } 180^{\circ} \text{ della funzione, dal grafico si vede come}$$

$$\text{l'intervallo per cui c'\`e il livello alto di } v_{out} \text{ sia, in gradi, } 180^{\circ} + 11^{\circ},54 = 191^{\circ},54$$

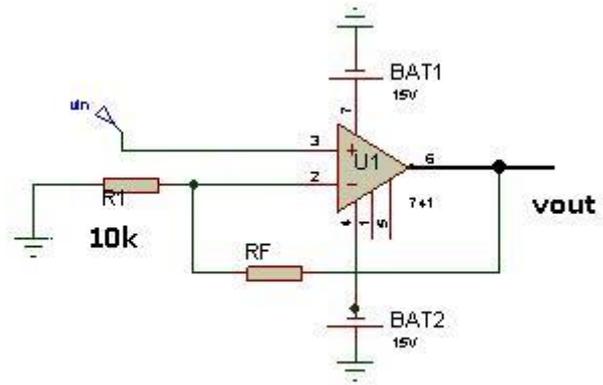
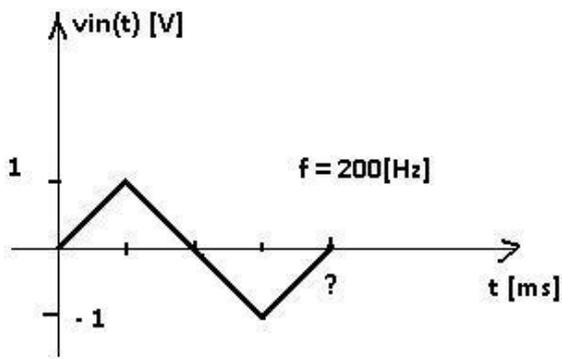
Ora con una proporzione passiamo dai gradi ai ms :

$$191^{\circ},54 : 360^{\circ} = t_x : 10 \text{ ms} \quad \gg \gg \gg \quad t_x = 191^{\circ},54 * 10 / 360^{\circ} = 5,32 \text{ [ms]} \quad \gg \gg \gg \gg \text{ PER CUI :}$$

$$\text{D.C.} = T_h / T = 5,32 / 10 = 0,53 = 53\%$$

7. a) determina R_f per avere $A_f = 5$

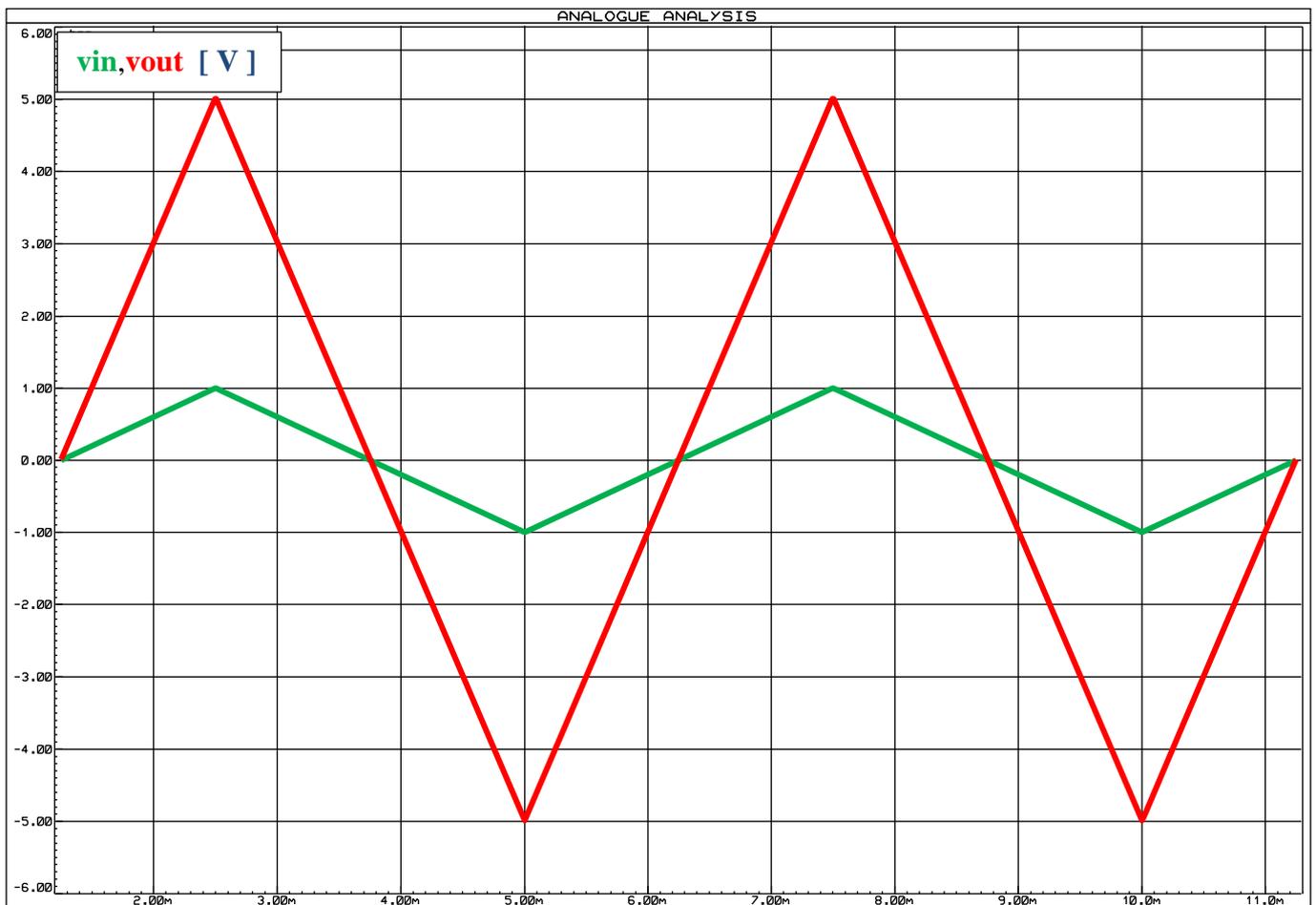
b) disegna grafico di v_{out} ,
 completa grafico di v_{in}



a) Essendo lo schema dell' Ampli non invertente di tensione, $A_f = 1 + R_f / R_1 = 5 \gggg R_f / R_1 = 4$

$$R_f = R_1 = 4 * 10 = 40 \text{ [K}\Omega\text{]}$$

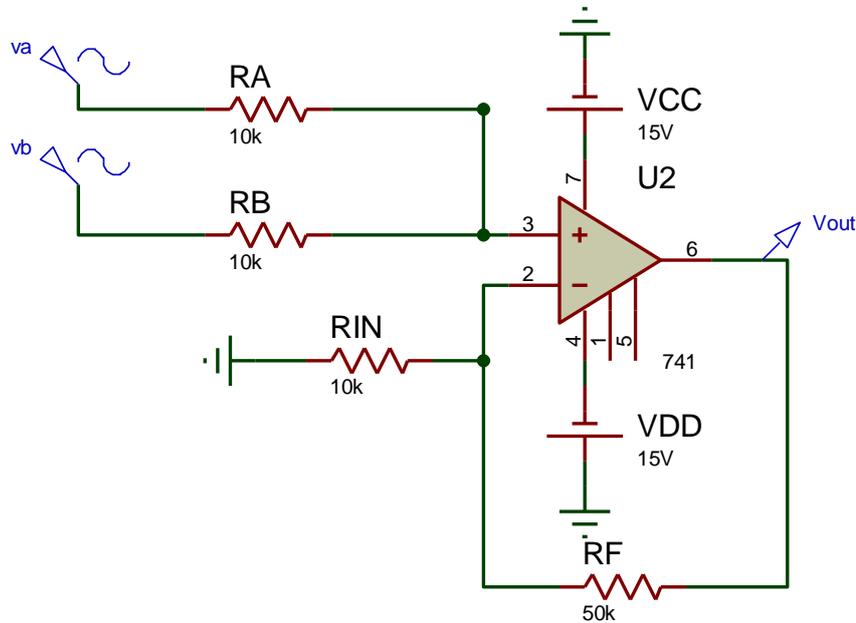
b) $T = 5 \text{ [ms]}$ v_{in} e v_{out} sono in fase :



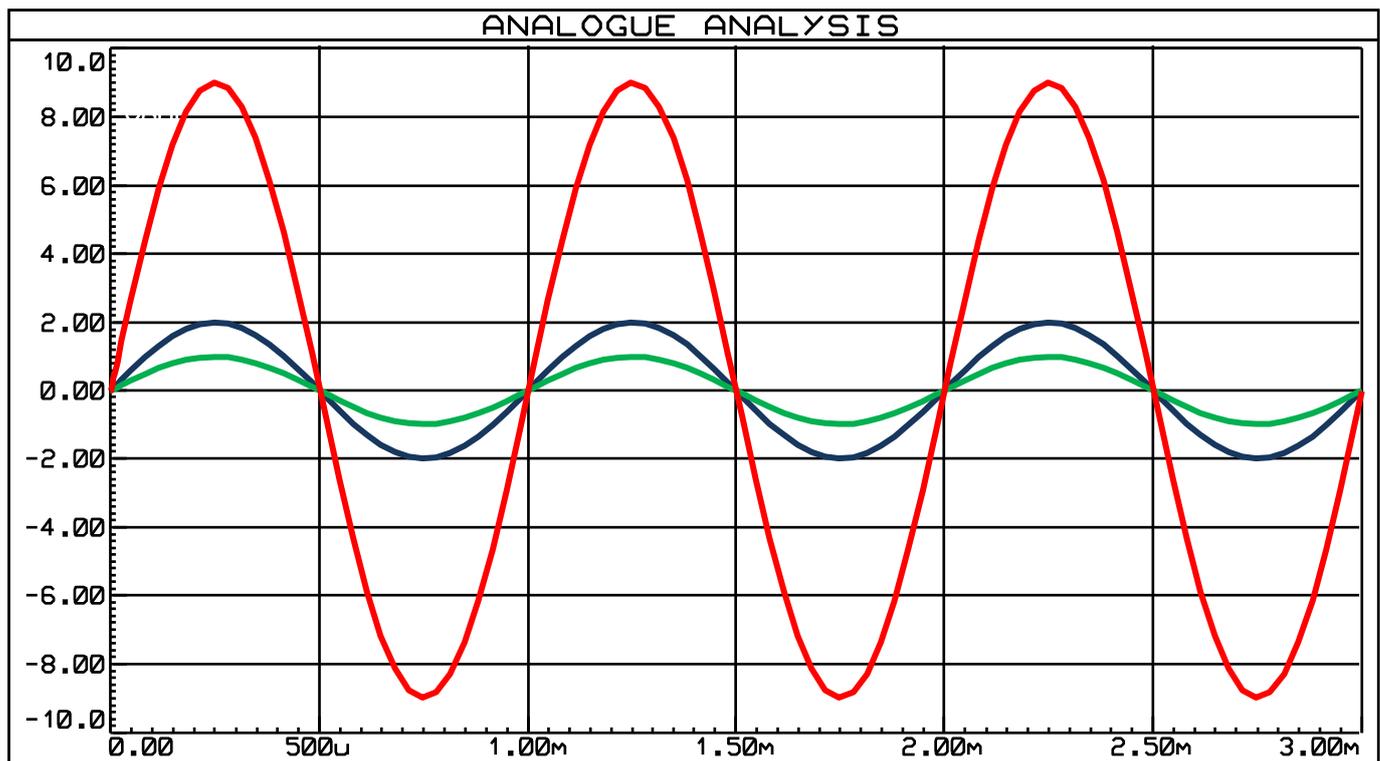
8. Disegna lo schema del **sommatore non invertente** (con 2 IN) e dimensiona le R in modo da avere $v_{out} = 3 (v_A + v_B)$

Avendo scelto $R_A = R_B = 10 [K\Omega]$, si avrà un'attenuazione in IN pari a $\frac{1}{2}$ per entrambi i segnali, per cui il guadagno $A_f = v_{out} / v_+ = 1 + R_f / R_{IN}$ dovrà valere **6**, per compensare l'attenuazione e fornire un guadagno $A_{tot} = \frac{1}{2} * 6 = 3$ **Quindi :**

$$6 = 1 + R_f / R_{IN} \gggg R_f / R_{IN} = 5 \gggggg \text{pongo } R_{IN} = 10 [K\Omega], \text{ ricavo } R_f = 50 [K\Omega]$$



Es : $v_a(t) = 2 \sin (2\pi * 1000 t)$, $v_b(t) = 1 \sin (2\pi * 1000 t)$, $v_{out}(t) = 3 (v_a + v_b) = 9 \sin (2\pi * 1000 t) [V]$

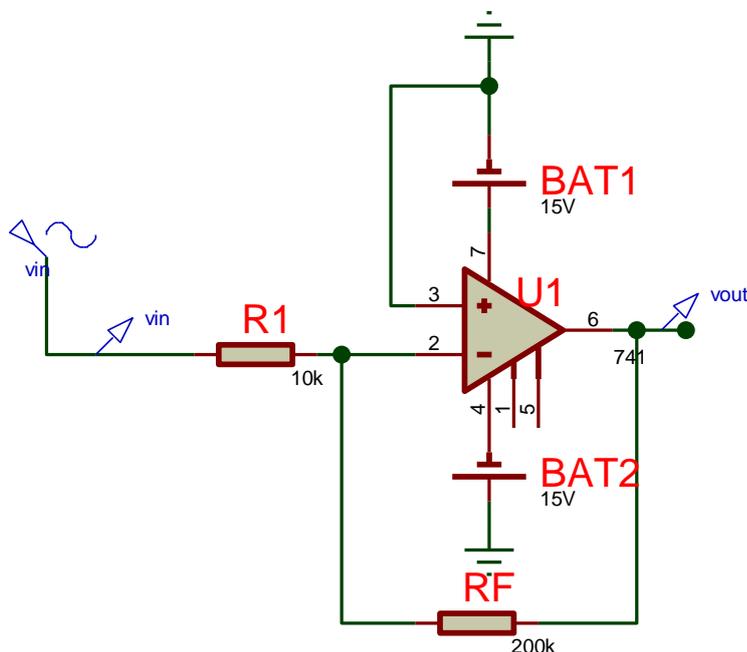


9. Amplificatore invertente di tensione con :

$|A_f| = 20$ $R_1 = 10 \text{ [K}\Omega\text{]}$ $V_{cc} = \pm 12 \text{ [V]}$ $v_{in}(t)$ sinusoidale con $V_{MAX} = 200 \text{ [mV]}$, $T = 10 \text{ [ms]}$

- a) Disegna lo schema b) determina R_f c) scrivi le espressioni di v_{in} e v_{out} d) grafici di v_{in} e v_{out}

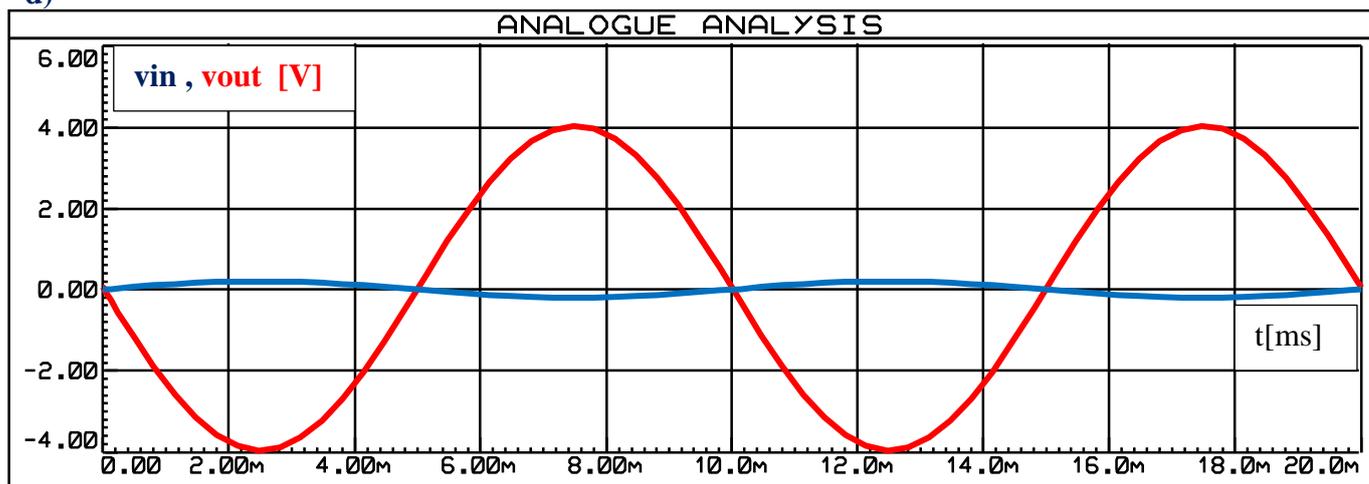
a)



b) $|A_f| = R_f / R_1 = 20$ essendo $R_1 = 10 \text{ [K}\Omega\text{]}$ \ggggg $R_f = 200 \text{ [K}\Omega\text{]}$

c) $f = 1 / T = 100 \text{ [Hz]}$ $v_a(t) = 200 \sin(2\pi \cdot 100 t) \text{ [mV]}$ $v_{out}(t) = 4 \sin(2\pi \cdot 1000 t) \text{ [V]}$

d)



VALUTAZIONE COGNOME NOME

	BASE	1	2	3	4	5	6a	6b	6c	7a	7b	8	9a	9b	9c	9d	TOT	VOTO
Pt max	20	5	5	5	5	5	4	6	8	4	5	8	5	5	5	5	100	10/10
Pt acq	20																	

Il voto si ottiene dividendo il punteggio per 10 e approssimando il risultato al voto o mezzo voto + vicino (es 57 = 5,5 ; 58 = 6)