

| | | |
|---|--|--|
|  | DIPARTIMENTO DI INFORMATICA | CLASSE 5° AI A.S. 2011/2012 |
| LABORATORIO DI ELETTRONICA | RELAZIONE N° 1 | GRUPPO: Barbu, Cardinale |
| | | DATA: 03/12/2011 |
| | | VOTO: |

TITOLO

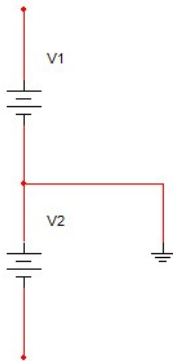
Configurazione invertente e non invertente di un amplificatore operazionale LM741

SCOPO DELL'ESPERIENZA

Verificare i diversi comportamenti reali di un amplificatore operazionale in configurazione invertente e non invertente

PRINCIPI TEORICI

Alimentazione duale



L'alimentazione duale consiste nell'utilizzare una tensione con un valore positivo e uno negativo simmetrici rispetto alla massa.

Amplificatore operazionale

L'amplificatore operazionale è un integrato analogico in grado di amplificare la differenza tra due segnali. E' caratterizzato da un guadagno di tensione idealmente infinito ed una resistenza d'ingresso idealmente infinita. Il suo nome, ovvero "operazionale", deriva dal fatto che in passato è stato usato per realizzare elaboratori analogici in grado di effettuare somme, differenze, integrazioni ed altre operazioni sui segnali analogici in ingresso.

L'amplificatore operazionale è costituito internamente da resistenze, transistor e condensatori e per poter funzionare ha bisogno di un'alimentazione duale.

L'amplificatore operazionale è caratterizzato dall'aver una uscita e due ingressi, che prendono il nome di

ingresso invertente e ingresso non invertente; il segnale d'uscita è legato agli ingressi dalla relazione $V^o = A \cdot (V^+ - V^-)$ dove V^o è la tensione in uscita, A è il guadagno e V^- e V^+ sono rispettivamente i due ingressi invertente e non invertente.

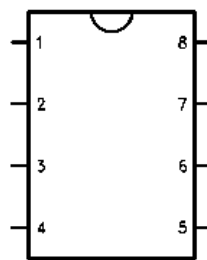
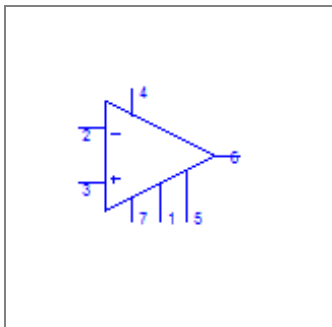
Un amplificatore operazionale ideale ha un guadagno di tensione (A) infinito, una resistenza di ingresso infinita e una resistenza di uscita nulla.

Invece, le caratteristiche degli amplificatori operazionali reali si discostano in parte da quelle degli amplificatori operazionali ideali, in generale la resistenza d'ingresso, pur se grandissima non è mai infinita ($1M\Omega$ o di più), la resistenza d'uscita pur se piccolissima non può essere nulla, il guadagno di tensione A non è infinito e V^o è comunque limitato dalla tensione di alimentazione ($V^o_{max} = V_{AL} - 1V$) \rightarrow tensione di saturazione.

Gli amplificatori operazionali hanno due possibili configurazioni:

-invertente

-non invertente



| NPIN | DESCRIZIONE |
|------|-------------------------|
| 1 | Compensazione OFFSET |
| 2 | Ingresso invertente |
| 3 | Ingresso non invertente |
| 4 | Alimentazione positiva |
| 5 | Compensazione OFFSET |
| 6 | Uscita |
| 7 | Alimentazione negativa |
| 8 | Non è utilizzato |

Configurazione invertente

Un amplificatore invertente cambia segno rispetto alla tensione. Può essere realizzato ponendo a massa l'ingresso non invertente, collegando l'uscita V^o con l'ingresso invertente V_i tramite una resistenza R2 e collegando all'ingresso invertente V_i la tensione di ingresso tramite la resistenza R1.

Il collegamento tra l'ingresso invertente e l'uscita realizza una retroazione negativa. Si dice retroazione perché collega l'uscita con l'ingresso, quindi porta "indietro" le variazioni dell'uscita sull'ingresso. Ed è negativa perché un aumento dell'uscita agisce sull'ingresso aumentando V^- diminuendo così l'uscita dato che $V^o = A(V^+ - V^-)$.

Grazie alla retroazione negativa la differenza tra le tensioni presenti agli ingressi dell'amplificatore è nulla,

cioè $V^+ = V^-$ perché si forma un cortocircuito virtuale; i due ingressi si comportano come se fossero cortocircuitati.

La sua funzione di trasferimento si trova partendo dalle seguenti uguaglianze: $I^- = I^+ = 0$ (a causa delle resistenze idealmente infinite agli ingressi non transita corrente negli ingressi) e $V^+ = V^-$. Siccome

$V^+ = 0$, allora anche $V^- = 0$. Sapendo anche che $V_{R1} = V_i$ si può subito dedurre che $I_1 = V_i / R_1$. Poiché I^- è nulla, la corrente I_1 passerà tutta in R_2 , quindi

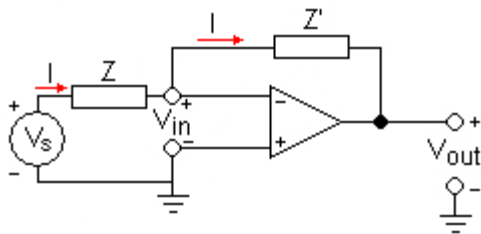
$$V_2 = R_2 \cdot I_1 = \frac{R_2}{R_1} \cdot V_i.$$

E infine si trova $V_o = V^- + (-V_2) = -V_2 = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_i$

Quindi, la funzione di trasferimento dell'amplificatore operazionale invertente è $V_o = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_i$

Il guadagno di questo amplificatore può essere maggiore di 1 se $R_2 > R_1$ o minore di 1 (attenuatore) se $R_2 < R_1$.

Amplificatore operazionale invertente



Configurazione non invertente

Nell'amplificatore non invertente la tensione in ingresso V_i si applica sull'ingresso non invertente e l'ingresso invertente è messo a massa.

Anche in questo caso si trova la retroazione negativa provocata dal collegamento tra l'uscita e l'ingresso invertente e si avrà quindi $V^+ = V^-$.

Ovviamente a causa delle resistenze di ingresso infinite si avrà $I^- = I^+ = 0$

L'ingresso non invertente varrà $V^+ = V_i$, quindi anche $V^- = V_i$. La corrente che passa in R_1 sarà $I_1 = V_i / R_1$ e per lo stesso motivo della configurazione invertente $V_2 = R_2 \cdot I_1 = \frac{R_2}{R_1} \cdot V_i$.

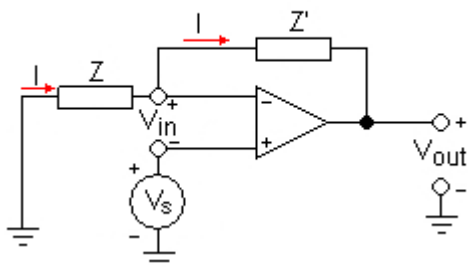
A questo punto si trova $V_o = V^- + V_2 = V_i + \frac{R_2}{R_1} V_i$

In conclusione, la funzione di trasferimento dell'amplificatore operazionale non invertente è

$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_i$$

Il guadagno quindi è sempre maggiore di uno

Amplificatore operazionale non invertente



Concetto di saturazione

Un operazionale reale amplifica solo fino ad una tensione di uscita determinata, detta tensione di soglia. Questa tensione è solitamente uguale alla tensione di alimentazione dell'operazionale meno la tensione dispersa da i componenti interni (come i diodi), la quale è solitamente pari a circa 1V. Quindi in questo caso, dato che il nostro è alimentato con una tensione duale pari a -12:12V, la tensione di soglia sarà uguale a circa -11:11V

ELENCO MATERIALE

| N | DESCRIZIONE | PRODUTTORE | MODELLO/ VALORE | QUANTITÀ |
|---|------------------------|-----------------------|--------------------|-----------|
| 1 | Multimetro digitale | Amprobe | 5XP-A | 1 |
| 2 | Resistenze | ----- | ¼ W | variabile |
| 3 | cavi banna-filo | ----- | ----- | 5 |
| 4 | Cavi BNC | ----- | ----- | 3 |
| 5 | Integrato operazionale | Operazionale National | 741 | 1 |
| 6 | breadboard | KandH | SD-12f | 1 |
| 7 | alimentatore duale | ready made | mod.ALF50 | 1 |
| 8 | generatore di funzioni | hameg | HM8030-6 | 1 |
| 9 | oscilloscopio | hameg | HM203-5 | 1 |

DRESCRIZIONE ESPERIENZA

L'esperienza è strutturata i due macro prove. Ogni macro prova contiene tre sotto prove simili tra le due macro prove, infatti l'unica cosa che cambia tra le macro prove è che in una utilizza l'amplificatore operazione con configurazione invertente e l'altra con configurazione non invertente.

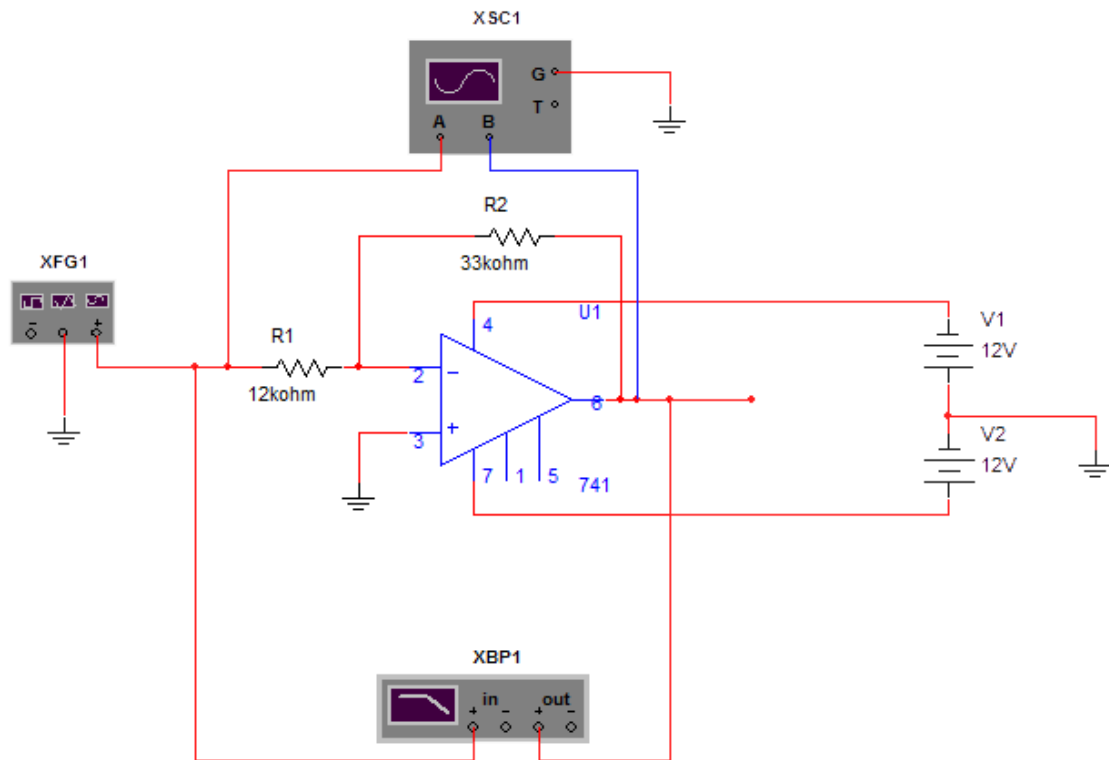
CONFUGURAZIONE INVERTENTE

PROVA N.1

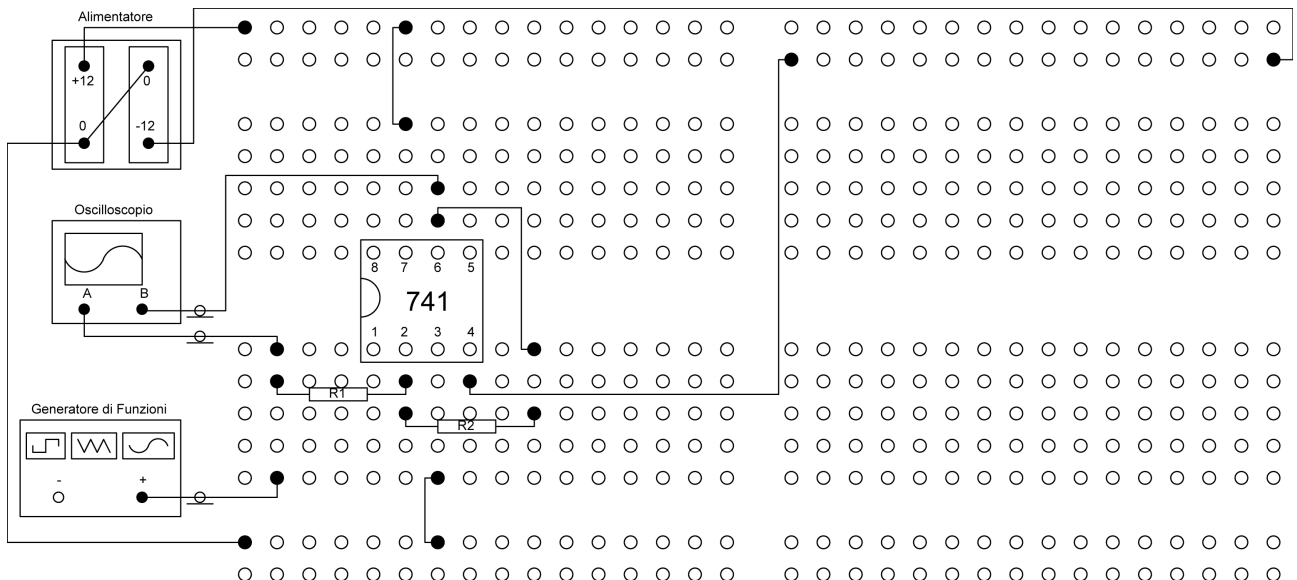
Scopo della prova

verificare che aumentando l'amplificazione, aumentando quindi in questo caso R2, si arrivi alla saturazione dell'amplificatore operazionale e quindi l'uscita sarà uguale alla tensione di saturazione

Schema elettrico



Schema di montaggio

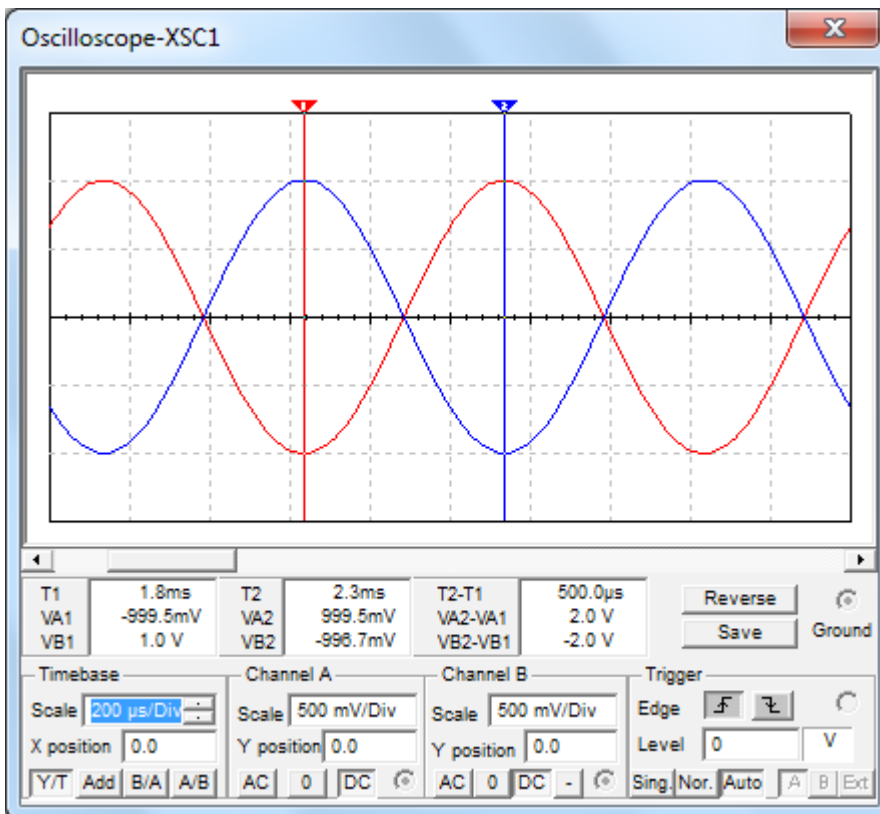


Procedimento

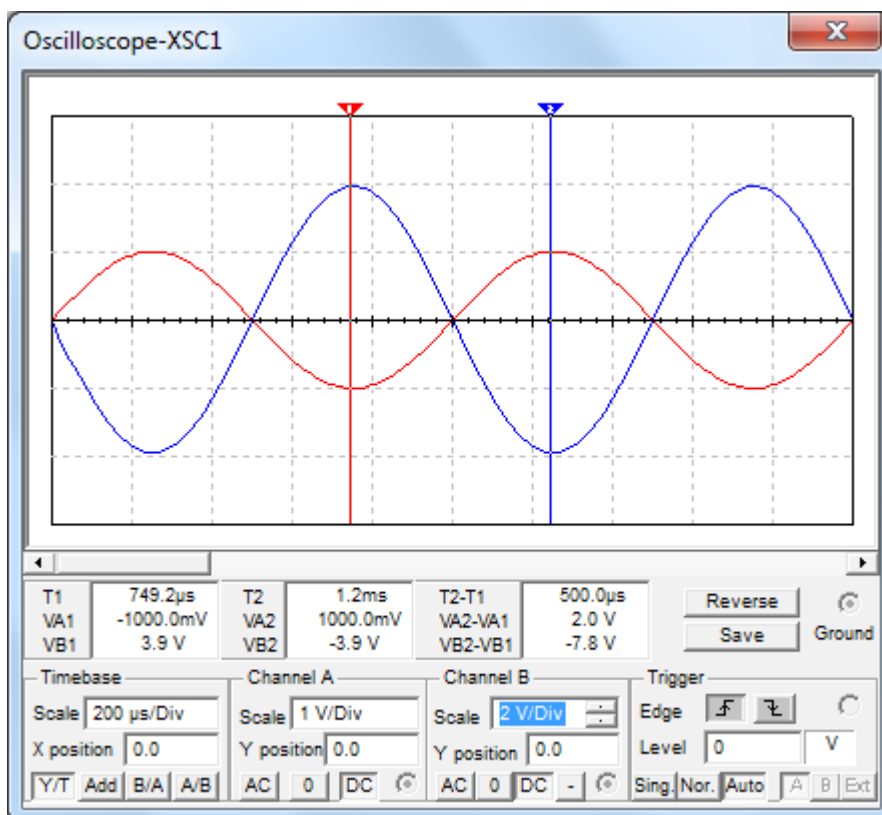
Si simula prima il circuito su multisim come nello schema elettrico indicato, da utilizzare come guida. In seguito si monta il circuito sulla breadboard come nello schema di montaggio indicato.

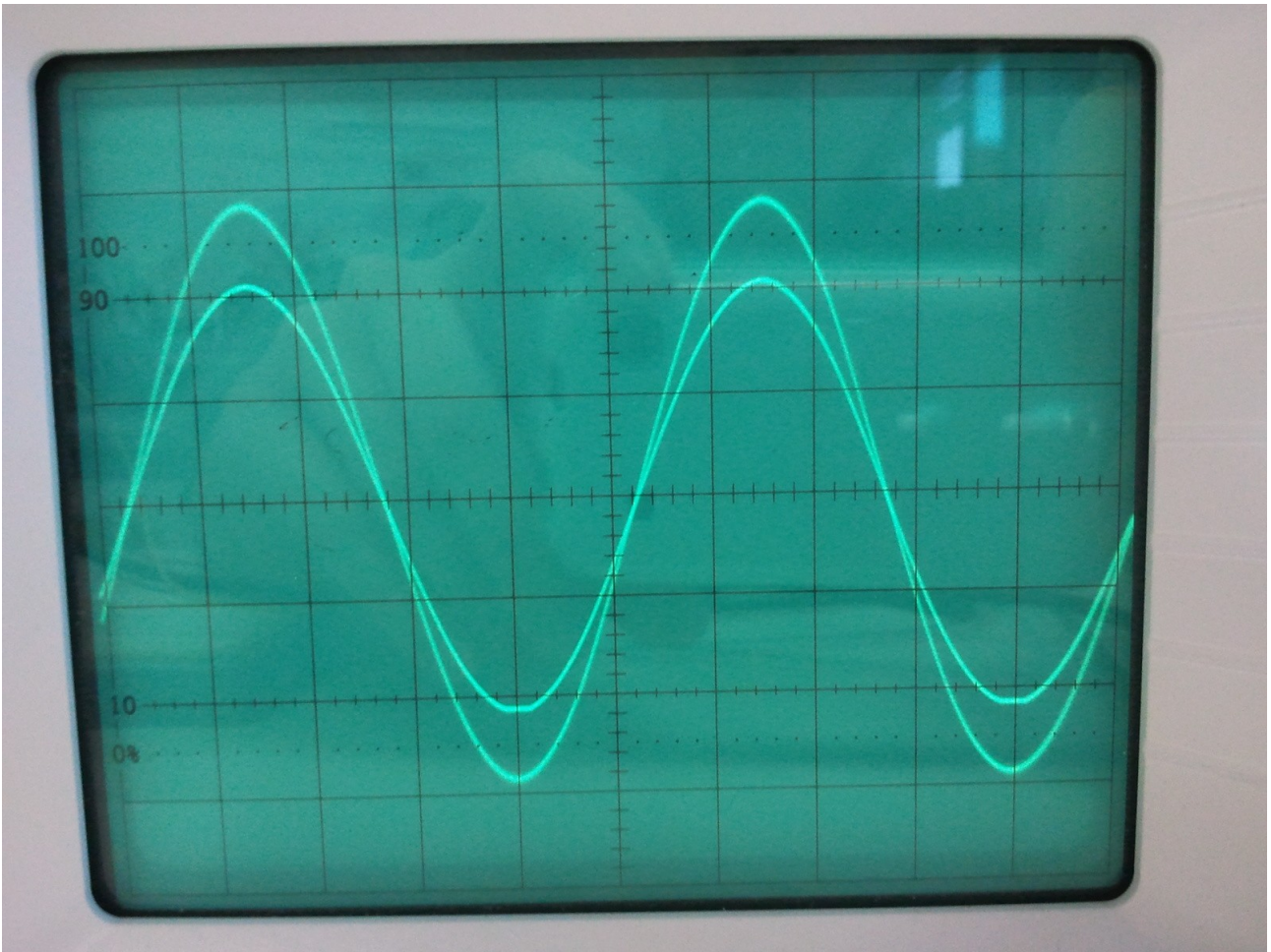
Si imposta l'uscita del generatore di funzioni pari a 1Vp a 1 KHz

Per la prima misurazione si usano due resistenze (R1 e R2) uguali, in questo caso tutte e due pari a 10 K Ω , in modo da avere un'amplificazione pari a 1

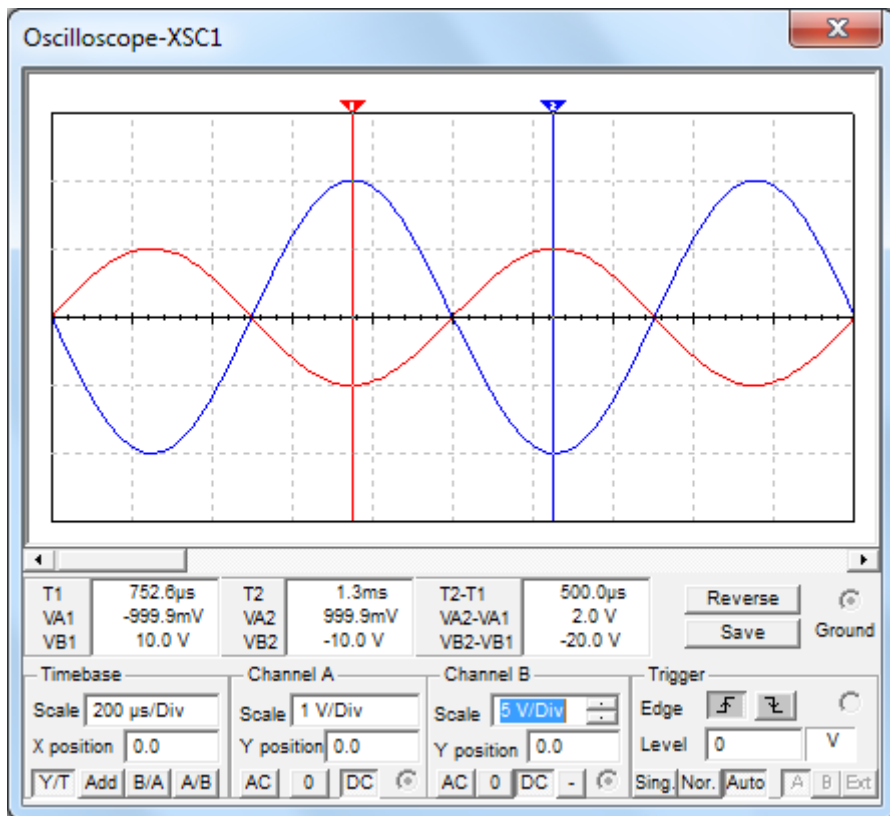


In seguito si aumenta l'amplificazione sostituendo R2 con resistori via via maggiori e registrando ogni volta il valore di tensione d'uscita V_o osservando l'oscilloscopio.

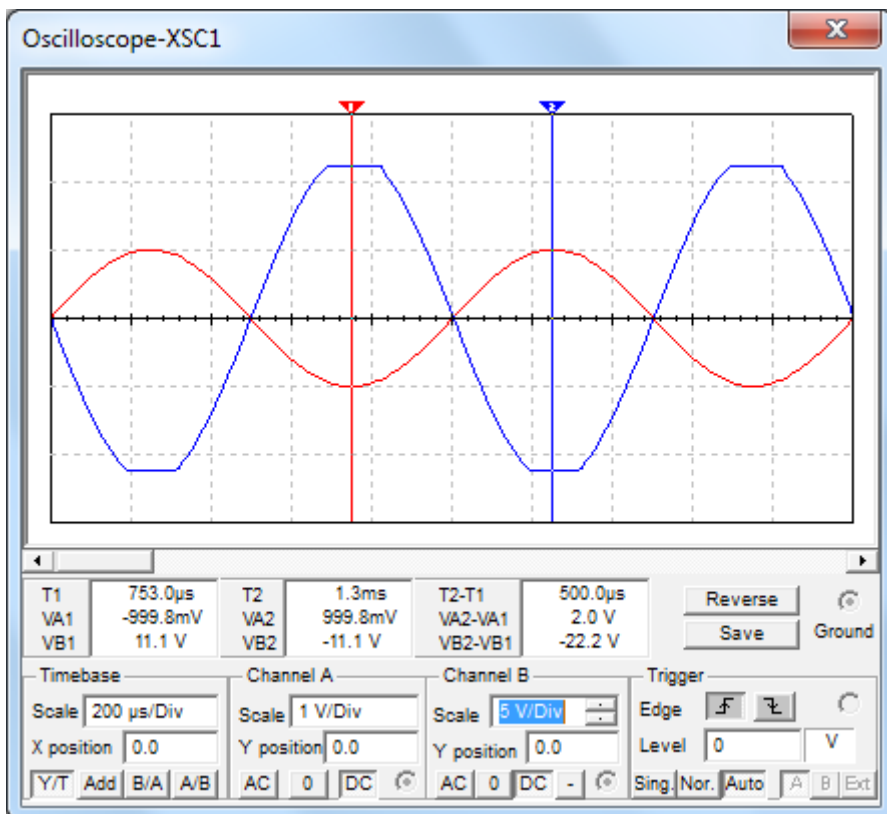




Si continua ad aumentare l'amplificazione finché l'amplificatore operazione vada in saturazione, cioè finché l'uscita non raggiunga un valore vicino a 11V.



Infatti dopo un certo valore di R2 il valore di tensione dell'uscita continua ad avere la stessa ampiezza massima; in corrispondenza di questo valore le estremità dell'onda d'uscita risultano essere tagliate.



| COLORE SEGNALE | DESCRIZIONE |
|----------------|-------------------------------|
| Rosso | Segnale in ingresso |
| Blu | Segnale in uscita amplificato |

Elaborazione dati

| R1 nominale | R1 val misurato | R2 nominale | R2 val misurato | Vi | Vo | Av = -R2/R1 | Av = -Vo/Vi |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------|--------|-------------|-------------|
| 10 Kohm | 9,78 Kohm | 10 Kohm | 9,84 Kohm | 1 Vp | 1 V | -1,0061 | -1 |
| 10 Kohm | 9,78 Kohm | 22 Kohm | 22,7 Kohm | 1 Vp | 2,25 V | -2,3211 | -2,25 |
| 10 Kohm | 9,78 Kohm | 27 Kohm | 27,6 Kohm | 1 Vp | 2,8 V | -2,8221 | -2,8 |
| 10 Kohm | 9,78 Kohm | 39 Kohm | 38,5 Kohm | 1 Vp | 4 V | -3,9366 | -4 |
| 10 Kohm | 9,78 Kohm | 47 Kohm | 46,6 Kohm | 1 Vp | 5 V | -4,7648 | -5 |
| 10 Kohm | 9,78 Kohm | 56 Kohm | 58,9 Kohm | 1 Vp | 6 V | -6,0225 | -6 |
| 10 Kohm | 9,78 Kohm | 100 Kohm | 108,7 Kohm | 1 Vp | 11 V | -11,1145 | -11 |

Conclusioni

Come ci si aspetta aumentando l'amplificazione si arriva al taglio dell'onda d'uscita, ma non con lo stesso valore di resistenza che ci si aspettava, a causa dei problemi legati all'amplificatore reale che lo differenziano da quello ideale. Infatti si può notare dai dati che l'amplificazione effettiva si differisce da quella teorica calcolata.

Ovviamente, come ci si aspettava, quando la tensione d'uscita taglia è uguale alla tensione di saturazione dell'amplificatore operazione (-11,1145 come si può osservare dai dati).

PROVA N.2

Scopo della prova

Verificare che aumentando la tensione in ingresso si arrivi alla saturazione dell'amplificatore operazionale e quindi l'uscita sarà uguale alla tensione di saturazione.

Schema elettrico

Vedi schema elettrico della prova n.1

Schema di montaggio

Vedi schema di montaggio della prova n.1

Procedimento

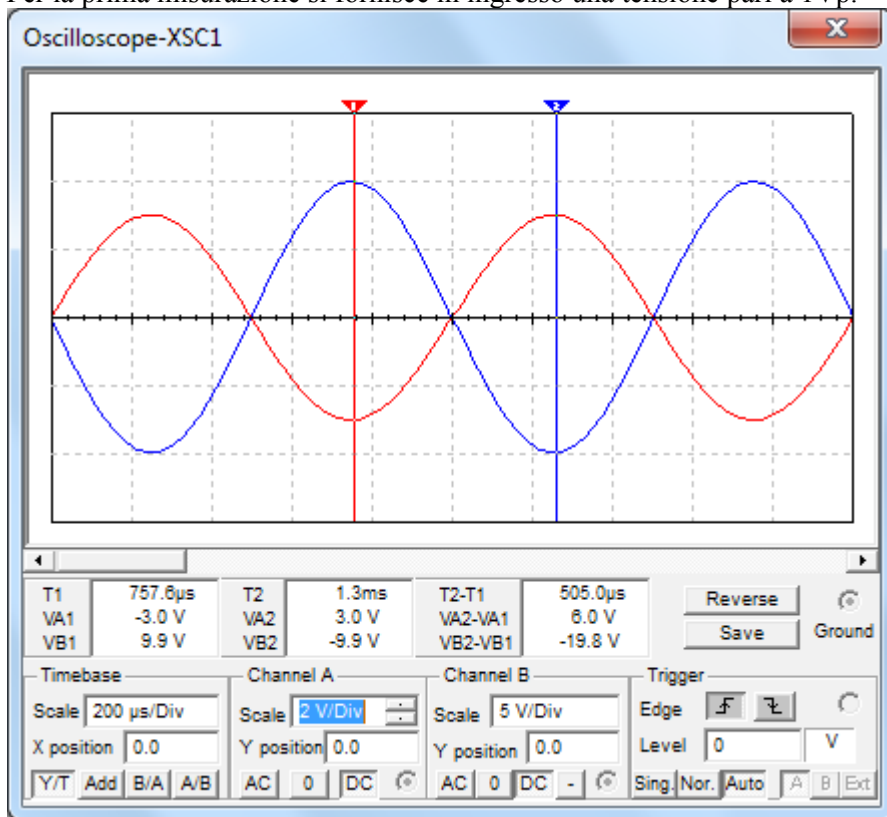
Si simula prima il circuito su multisim come nello schema elettrico indicato, da utilizzare come guida. In seguito si monta il circuito sulla breadboard come nello schema di montaggio indicato.

Si imposta l'uscita del generatore di funzioni ad una frequenza pari a 1 KHz

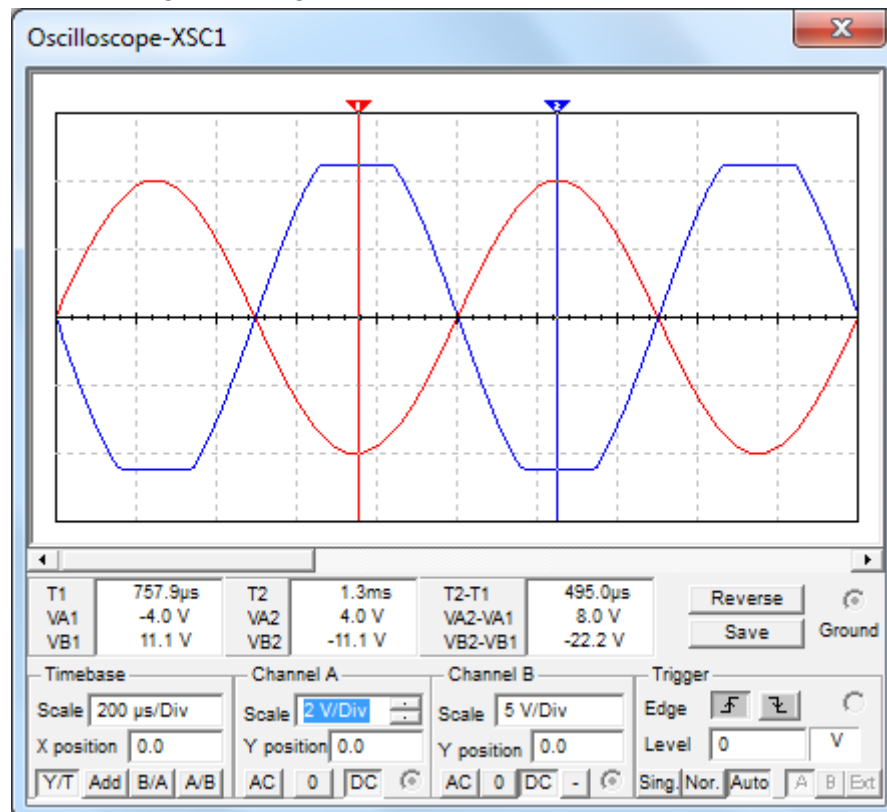
Si imposta un'amplificazione pari a circa 3,3 utilizzando, in questo caso, un resistore da $10\text{ K}\Omega$ per R1 e

uno da $33\text{ K}\Omega$ per R2.

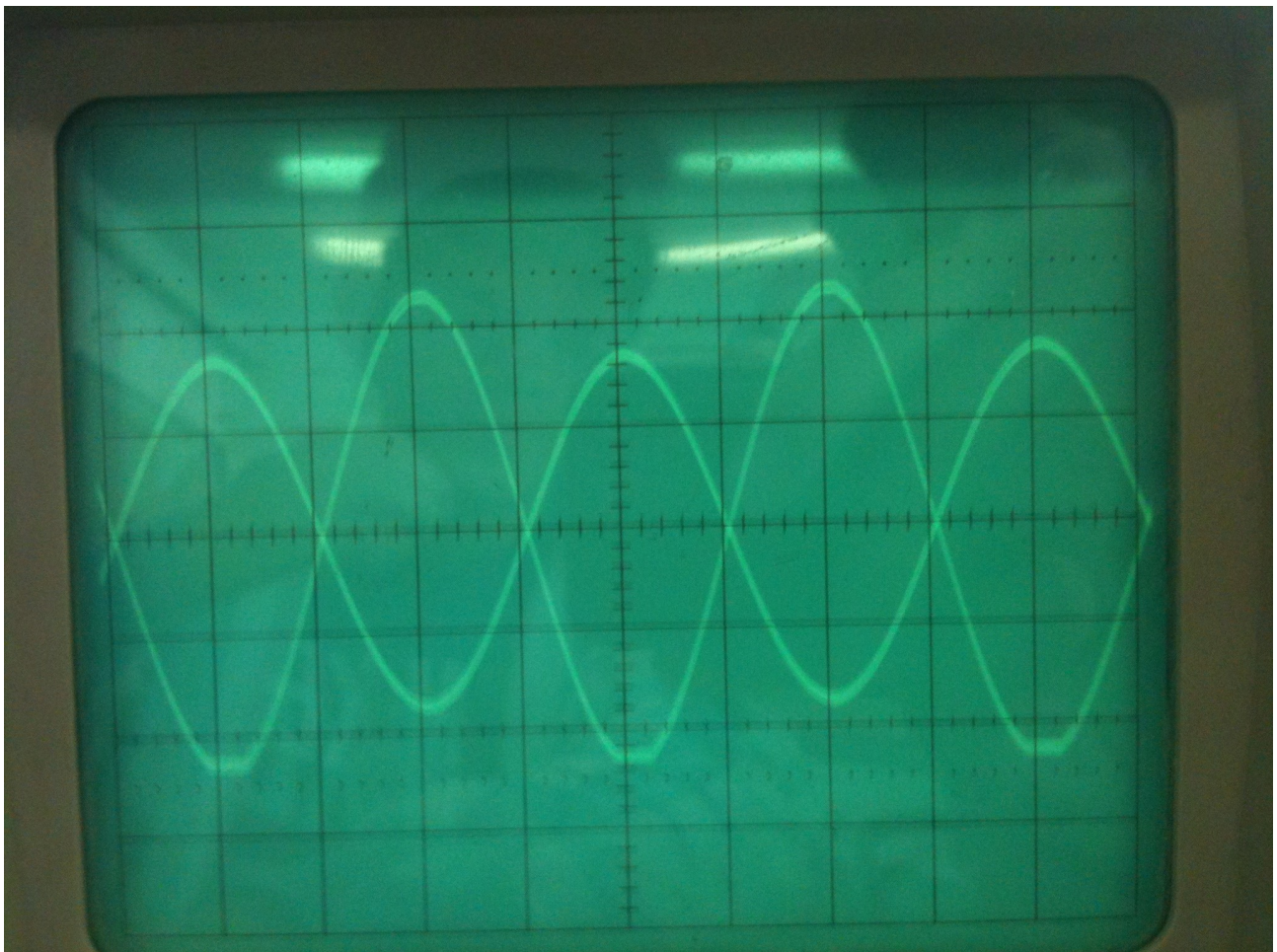
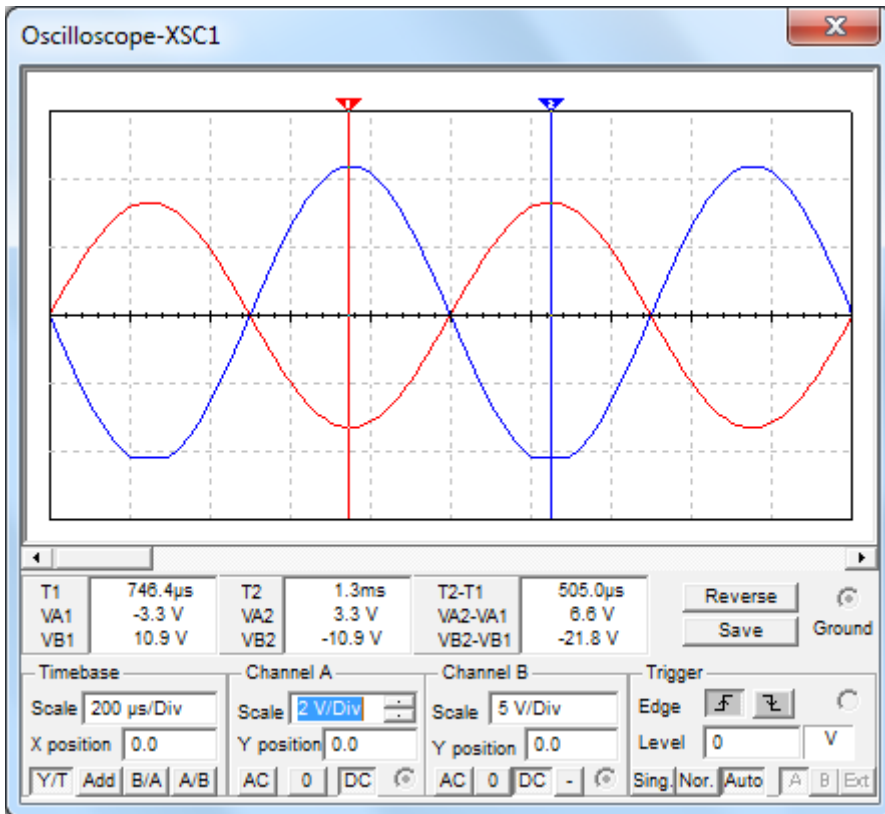
Per la prima misurazione si fornisce in ingresso una tensione pari a 1Vp .



Si continua ad aumentare il valore della tensione in ingresso, di 1Vp per volta, fino ad arrivare al taglio dell'uscita, registrando ogni volta il valore di V_o .



Infine si diminuisce poco per volta l'uscita fino ad arrivare ad avere un primo piccolo taglio, in una sola delle due semi onde.



| COLORE SEGNALE | DESCRIZIONE |
|----------------|-------------------------------|
| Rosso | Segnale in ingresso |
| Blu | Segnale in uscita amplificato |

Elaborazione dati

| R1 nominale | R1 val misurato | R2 nominale | R2 val misurato | Vi | Vo | Av = -R2/R1 | Av = -Vo/Vi |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------|-------|-------------|-------------|
| 10 Kohm | 9,78 Kohm | 33 Kohm | 32,8 Kohm | 1 Vp | 3,4 V | -3,3538 | -3,4 |
| 10 Kohm | 9,78 Kohm | 33 Kohm | 32,8 Kohm | 2 Vp | 6,8 V | -3,3538 | -3,4 |
| 10 Kohm | 9,78 Kohm | 33 Kohm | 32,8 Kohm | 3 Vp | 10 V | -3,3538 | -3,33 |

Conclusioni

Come ovviamente ci si aspettava aumentando troppo la tensione d'ingresso l'uscita dell'amplificatore operazione taglia, dato che moltiplicando la tensione in ingresso per l'amplificazione si ottiene una tensione maggiore di quella di saturazione. Ma contrariamente da ciò che ci si aspettava il taglio non avviene simmetricamente nelle due semi onde, avviene prima nella semi onda inferiore (quando in ingresso è presente una tensione V_i pari a 3,3Vp), come è possibile vedere nella foto. Questo sia a causa dei problemi dell'amplificatore reale, che non contiene componenti perfettamente identici; sia a causa dei problemi legati all'alimentatore che non offre una tensione duale perfettamente simmetrica.

PROVA N.3

Scopo della prova

Verificare che aumentando la frequenza, al raggiungimento della frequenza di taglio si ottiene una riduzione dell'ampiezza d'uscita a causa dei problemi legati alle caratteristiche reali dell'amplificatore operativo.

Schema elettrico

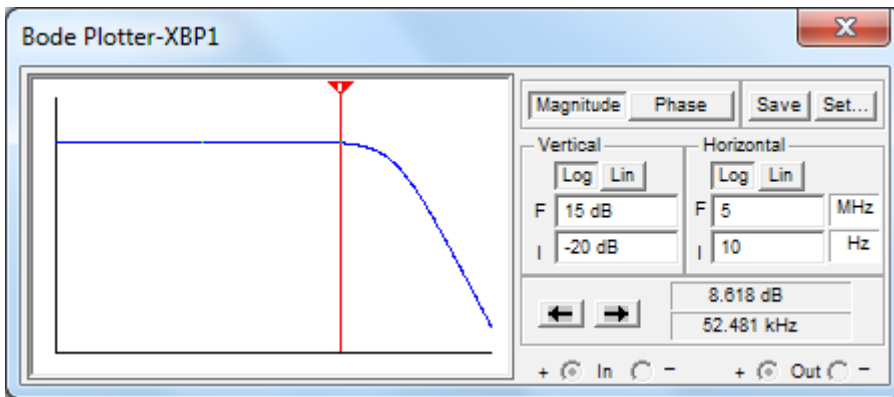
Vedi schema elettrico della prova n.1

Schema di montaggio

Vedi schema di montaggio della prova n.1

Procedimento

Si simula prima il circuito su multisim come nello schema elettrico indicato, da utilizzare come guida, utilizzando in particolare il boode plotter.



In seguito si monta il circuito sulla breadboard come nello schema di montaggio indicato.

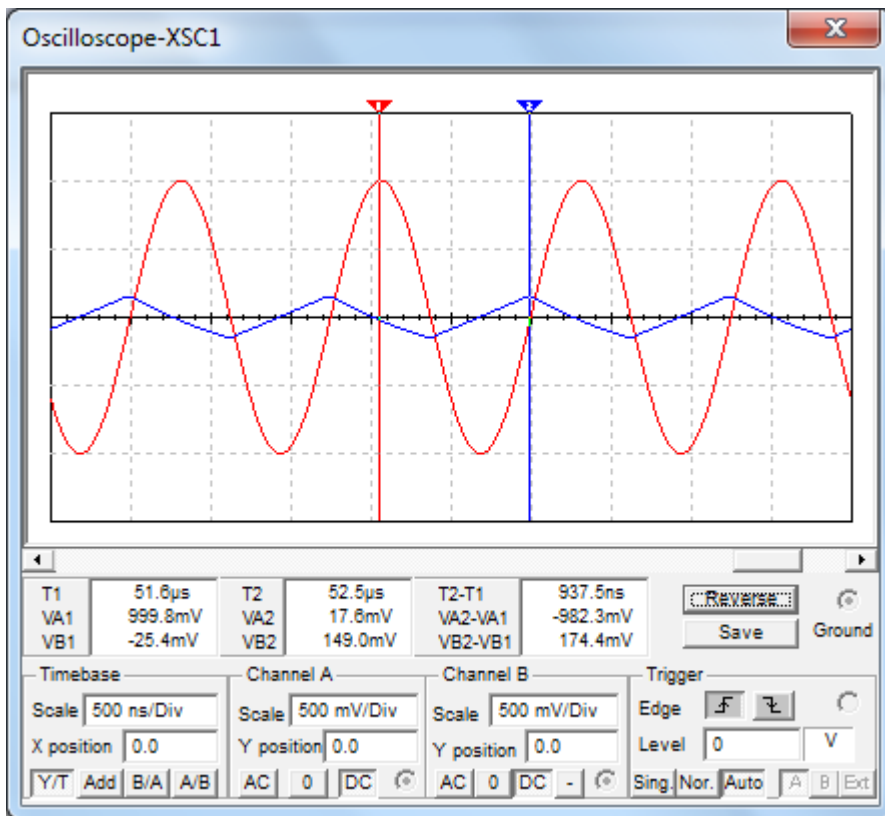
Si imposta l'uscita del generatore di funzioni pari a 1Vp.

Si imposta un'amplificazione pari a circa 2,75 utilizzando, in questo caso, un resistore da $12\text{ K}\Omega$ per R1 e uno da $33\text{ K}\Omega$ per R2.

Si delineano tre “settori” per i diversi valori di frequenza di Vi da utilizzare per effettuare le varie misure:

- 1) delimitato da una frequenza bassa (40Hz) e dalla frequenza con la quale inizia il taglio in uscita, per trovarla si individua la frequenza dove l'uscita inizia a diminuire. Per delimitare prima la frequenza in modo molto approssimativo, in modo da capire quale range di valori bisogna verificare realmente, si può utilizzare il boode plotter di multisim. Per questa fascia si registrano circa 4 misure.
- 2) delimitato dalla fine del primo settore e dal valore della frequenza con cui finisce la curva di abbassamento iniziale dell'uscita, quindi quando l'uscita inizia a diminuire con regolarità; anche qui si può utilizzare multisim per semplificare il range di valori da verificare. Per questa fascia si registrano circa 30 misure.
- 3) delimitato dalla fine del secondo settore e dal valore della frequenza con cui l'uscita assume un valore molto basso (circa 150mV); anche qui si può utilizzare multisim per semplificare il range di valori da verificare. Per questa fascia si registrano circa 6 misure.

Si può quindi procedere ad effettuare le varie misurazioni con le varie frequenze trovate, fino ad ottenere come onda d'uscita un'onda triangolare.



| COLORE SEGNALE | DESCRIZIONE |
|----------------|-------------------------------|
| Rosso | Segnale in ingresso |
| Blu | Segnale in uscita amplificato |

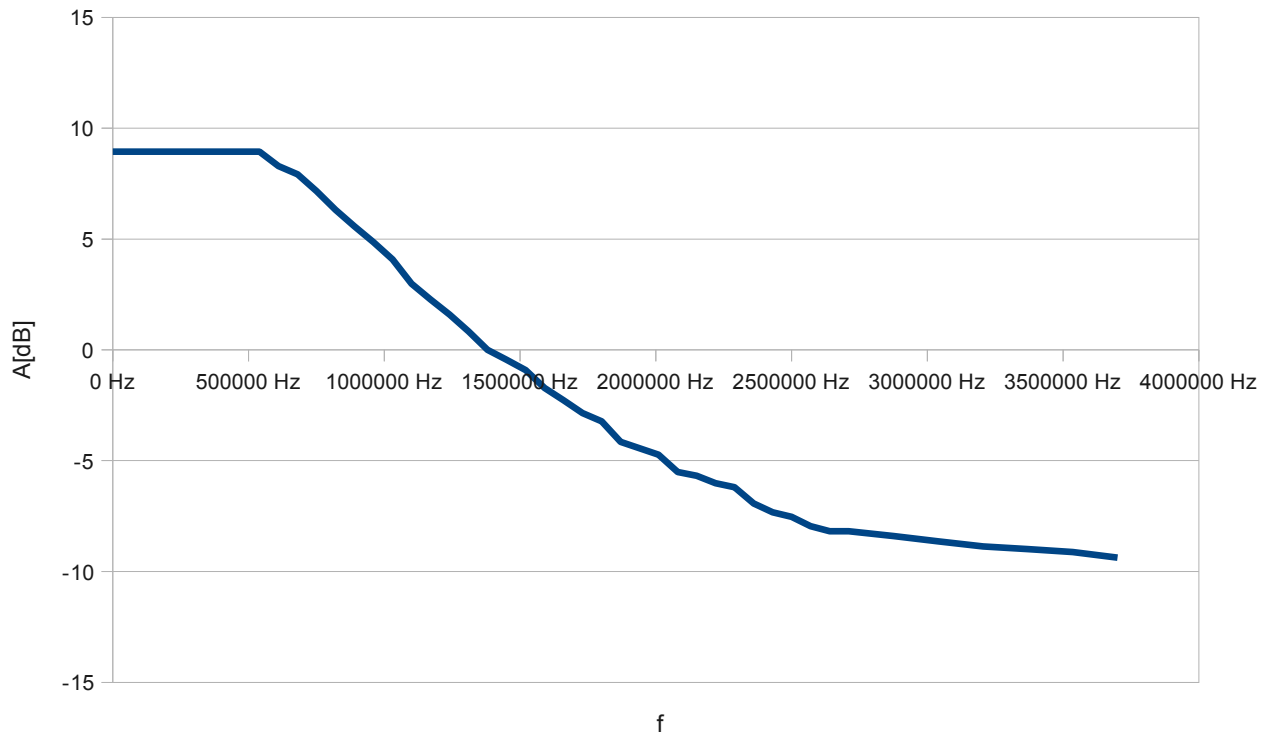
Elaborazione dati

| V_i | F_{vi} | R1 nominale | R1 misurato | R2 nominale | R2 misurato | V_o | $A_v = -R2/R1$ | $A_v = -V_o/V_i$ | A_v in decibel |
|------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|----------------|------------------|------------------|
| 1 V _p | 40 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 2,8 V | -2,73 | -2,8 | 8,94 |
| 1 V _p | 8000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 2,8 V | -2,73 | -2,8 | 8,94 |
| 1 V _p | 120000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 2,8 V | -2,73 | -2,8 | 8,94 |
| 1 V _p | 540000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 2,8 V | -2,73 | -2,8 | 8,94 |
| 1 V _p | 610000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 2,6 V | -2,73 | -2,6 | 8,3 |
| 1 V _p | 680000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 2,49 V | -2,73 | -2,49 | 7,92 |

| | | | | | | | | | |
|------|------------|---------|------------|---------|-----------|--------|-------|-------|-------|
| 1 Vp | 750000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 2,28 V | -2,73 | -2,28 | 7,16 |
| 1 Vp | 820000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 2,07 V | -2,73 | -2,07 | 6,32 |
| 1 Vp | 890000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 1,9 V | -2,73 | -1,9 | 5,58 |
| 1 Vp | 960000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 1,75 V | -2,73 | -1,75 | 4,86 |
| 1 Vp | 1030000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 1,6 V | -2,73 | -1,6 | 4,08 |
| 1 Vp | 1100000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 1,41 V | -2,73 | -1,41 | 2,98 |
| 1 Vp | 1170000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 1,3 V | -2,73 | -1,3 | 2,28 |
| 1 Vp | 1240000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 1,2 V | -2,73 | -1,2 | 1,58 |
| 1 Vp | 1310000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 1,1 V | -2,73 | -1,1 | 0,83 |
| 1 Vp | 1380000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 1 V | -2,73 | -1 | 0 |
| 1 Vp | 1450000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,95 V | -2,73 | -0,95 | -0,45 |
| 1 Vp | 1520000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,9 V | -2,73 | -0,9 | -0,92 |
| 1 Vp | 1590000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,82 V | -2,73 | -0,82 | -1,72 |
| 1 Vp | 1660000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,77 V | -2,73 | -0,77 | -2,27 |
| 1 Vp | 1730000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,72 V | -2,73 | -0,72 | -2,85 |
| 1 Vp | 1800000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,69 V | -2,73 | -0,69 | -3,22 |
| 1 Vp | 1870000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,62 V | -2,73 | -0,62 | -4,15 |
| 1 Vp | 1940000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,6 V | -2,73 | -0,6 | -4,44 |
| 1 Vp | 2010000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,58 V | -2,73 | -0,58 | -4,73 |

| | | | | | | | | | |
|------|------------|---------|------------|---------|-----------|--------|-------|-------|-------|
| 1 Vp | 2080000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,53 V | -2,73 | -0,53 | -5,51 |
| 1 Vp | 2150000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,52 V | -2,73 | -0,52 | -5,68 |
| 1 Vp | 2220000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,5 V | -2,73 | -0,5 | -6,02 |
| 1 Vp | 2290000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,49 V | -2,73 | -0,49 | -6,2 |
| 1 Vp | 2360000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,45 V | -2,73 | -0,45 | -6,94 |
| 1 Vp | 2430000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,43 V | -2,73 | -0,43 | -7,33 |
| 1 Vp | 2500000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,42 V | -2,73 | -0,42 | -7,54 |
| 1 Vp | 2570000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,41 V | -2,73 | -0,4 | -7,96 |
| 1 Vp | 2640000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,4 V | -2,73 | -0,39 | -8,18 |
| 1 Vp | 2710000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,39 V | -2,73 | -0,39 | -8,18 |
| 1 Vp | 2875000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,38 V | -2,73 | -0,38 | -8,4 |
| 1 Vp | 3040000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,37 V | -2,73 | -0,37 | -8,64 |
| 1 Vp | 3205000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,36 V | -2,73 | -0,36 | -8,87 |
| 1 Vp | 3370000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,36 V | -2,73 | -0,36 | -9 |
| 1 Vp | 3535000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,35 V | -2,73 | -0,35 | -9,12 |
| 1 Vp | 3700000 Hz | 12 Kohm | 11,96 Kohm | 33 Kohm | 32,7 Kohm | 0,34 V | -2,73 | -0,34 | -9,37 |

Grafici



Conclusioni

Come ci si aspettava il grafico ottenuto dai dati ottenuti è simile al grafico mostrato dal boode plotter, solo che qui a causa delle varie imprecisioni fisiche tra i vari operazionali reali ci sono grosse differenze tra le diverse frequenze di taglio.

Quindi è stato verificato che ad una certa frequenza di taglio, propria di ogni amplificatore operazionale (per questo nel creare le fasce bisogna verificare i range con gli amplificatori operazionali reali), la tensione in uscita inizia a diminuire. Aumentando ancora di più la frequenza l'onda d'uscita diventa un'onda triangolare; mentre diminuendo la frequenza, al di sotto della frequenza di taglio, l'amplificatore operazionale amplifica correttamente.

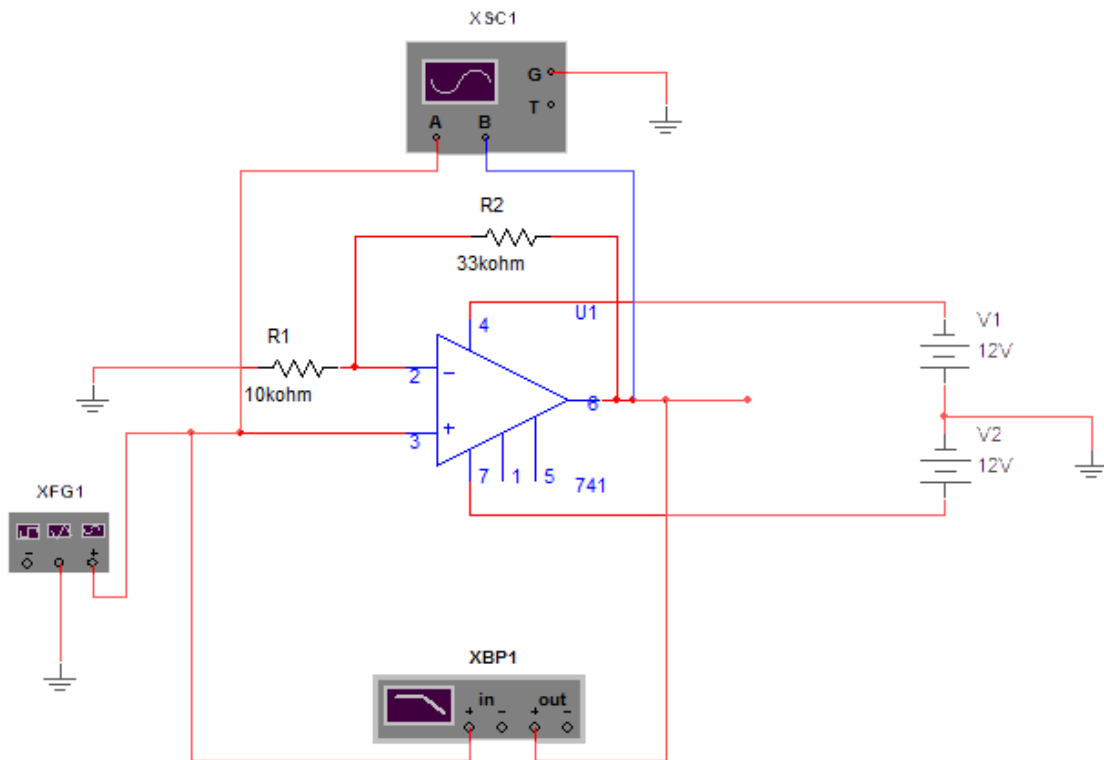
CONFIGURAZIONE NON INVERTENTE

PROVA N.1

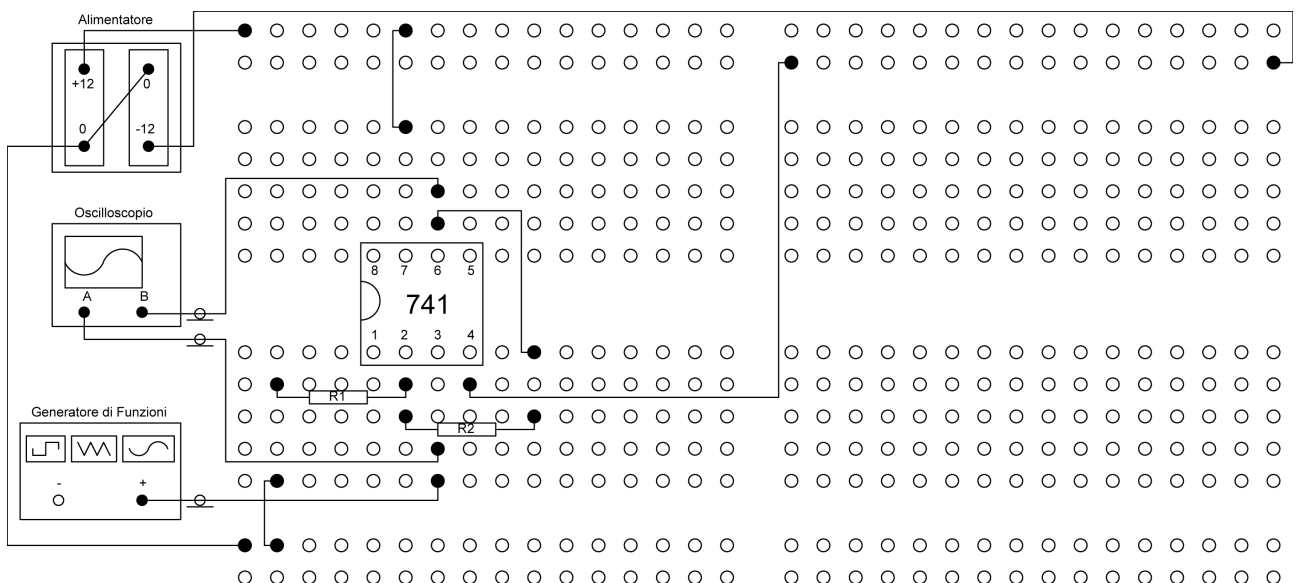
Scopo della prova

verificare che aumentando l'amplificazione, aumentando quindi in questo caso R2, si arrivi alla saturazione dell'amplificatore operazionale e quindi l'uscita sarà uguale alla tensione di saturazione

Schema elettrico



Schema di montaggio

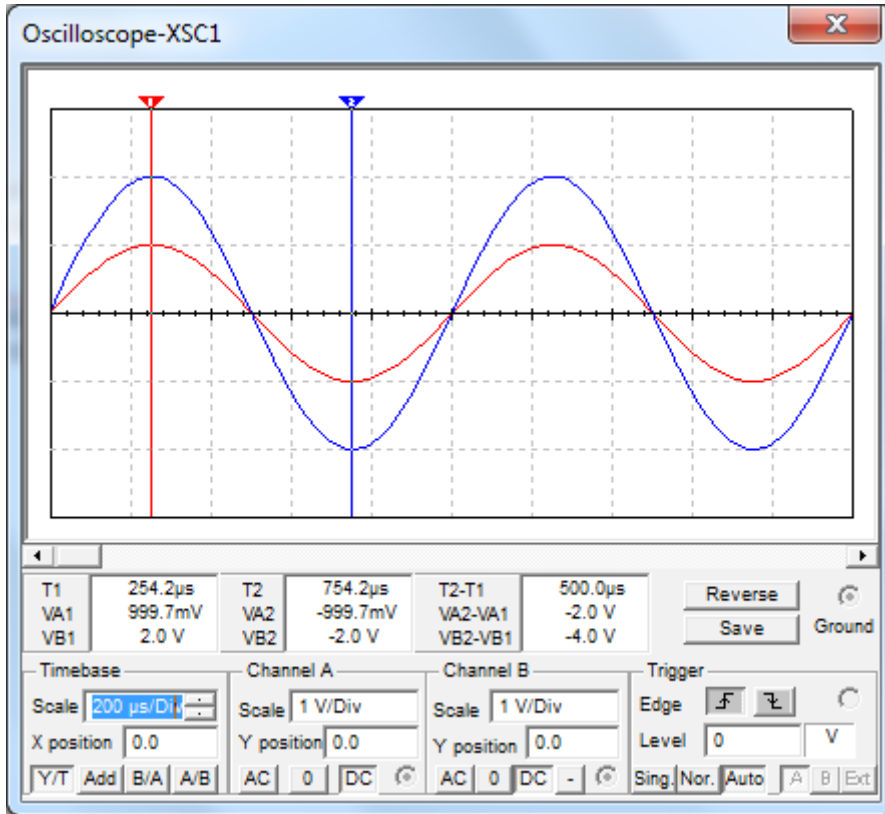


Procedimento

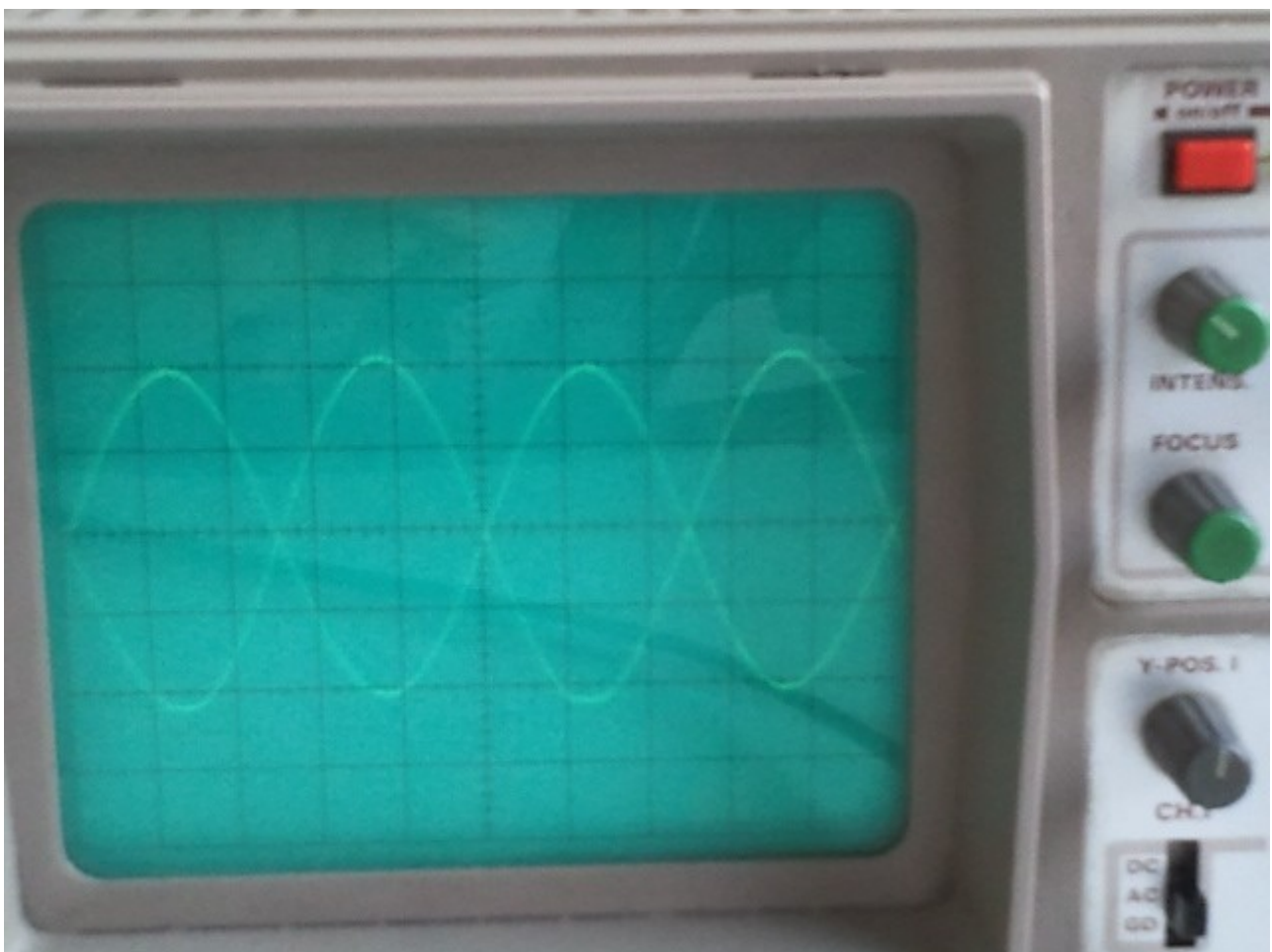
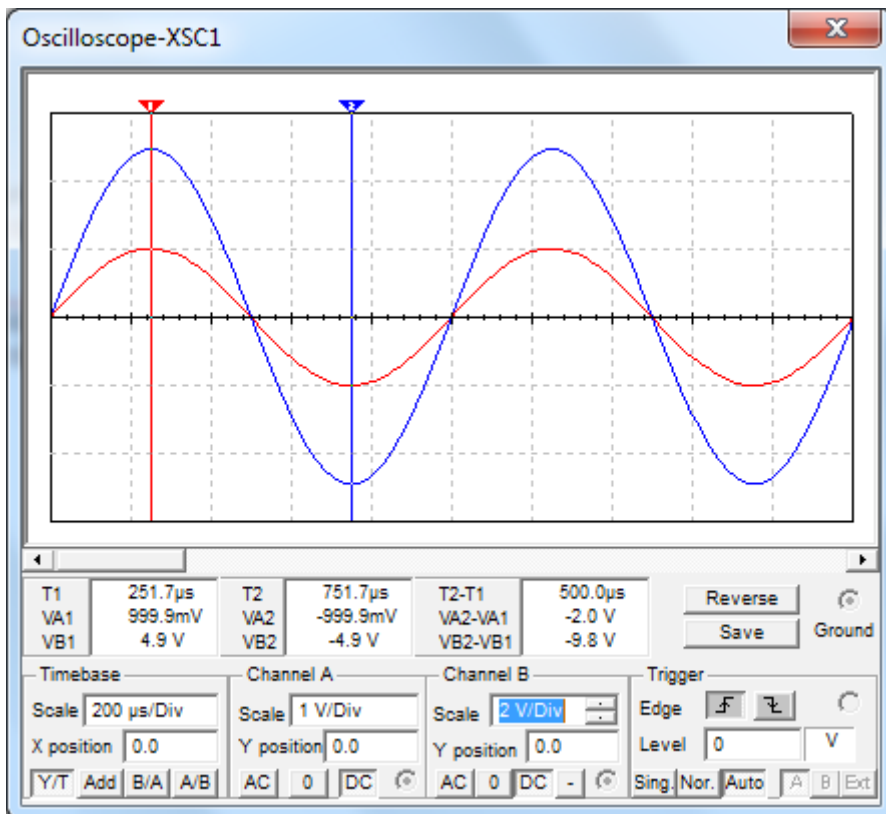
Si simula prima il circuito su multisim come nello schema elettrico indicato, da utilizzare come guida. In seguito si monta il circuito sulla breadboard come nello schema di montaggio indicato.

Si imposta l'uscita del generatore di funzioni pari a 1Vp a 1 KHz

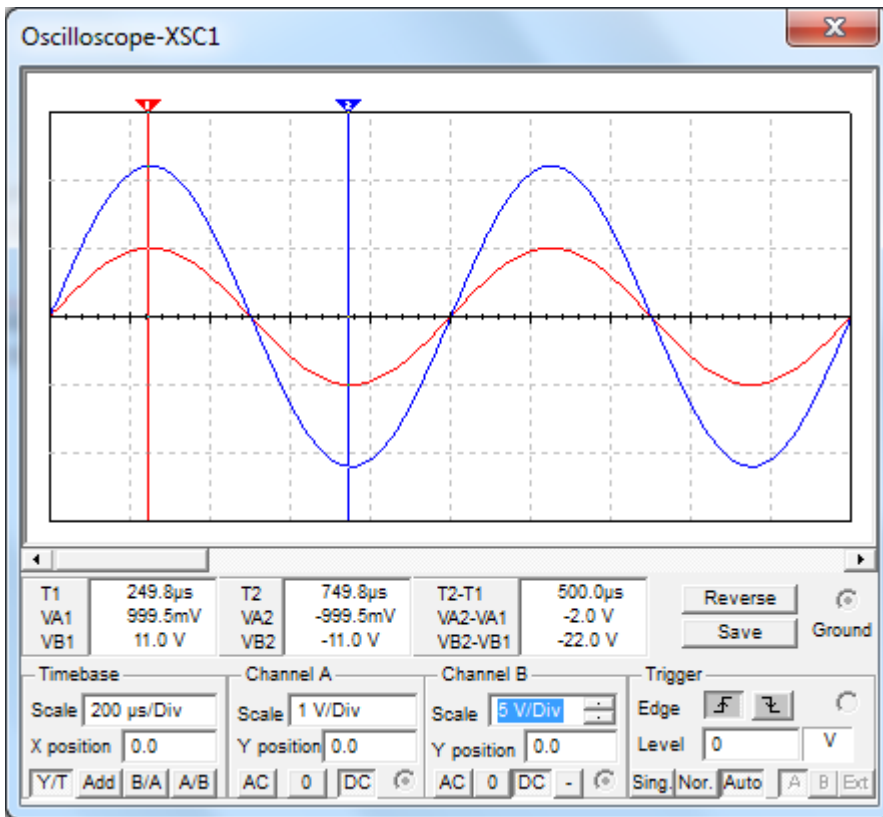
Per la prima misurazione si usano due resistenze (R1 e R2) uguali, in questo caso tutte e due pari a 10 K Ω , in modo da avere un'amplificazione pari a 1



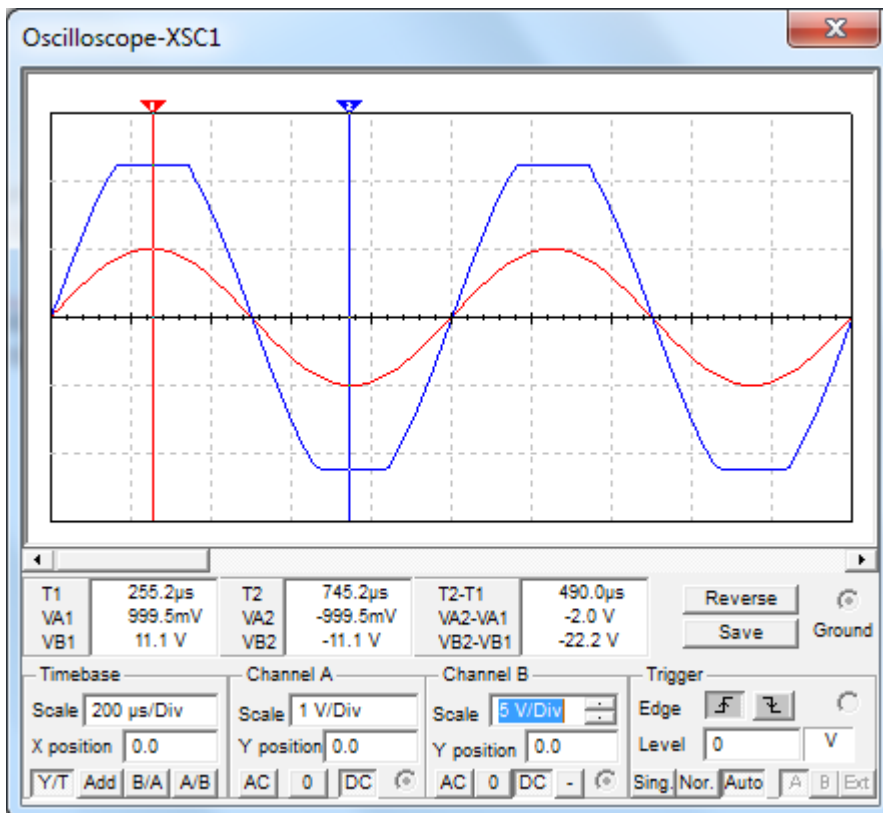
In seguito si aumenta l'amplificazione sostituendo R2 con resistori via via maggiori e registrando ogni volta il valore di tensione d'uscita V_o osservando l'oscilloscopio.



Si continua ad aumentare l'amplificazione finché l'amplificatore operazione vada in saturazione, cioè finché l'uscita non raggiunga un valore vicino a 11V.



Infatti dopo un certo valore di R2 il valore di tensione dell'uscita continua ad avere la stessa ampiezza massima; in corrispondenza di questo valore le estremità dell'onda d'uscita risultano essere tagliate.



| COLORE SEGNALE | DESCRIZIONE |
|----------------|-------------------------------|
| Rosso | Segnale in ingresso |
| Blu | Segnale in uscita amplificato |

Elaborazione dati

| R1 nominale | R1 val misurato | R2 nominale | R2 val misurato | Vi | Vo | Av = 1+R2/R1 | Av = Vo/Vi |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------|--------|--------------|------------|
| 10 Kohm | 9,9 Kohm | 10 Kohm | 9,9 Kohm | 1 Vp | 2 V | 2,0000 | 2 |
| 10 Kohm | 9,9 Kohm | 22 Kohm | 21,8 Kohm | 1 Vp | 3,25 V | 3,2020 | 3,25 |
| 10 Kohm | 9,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1 Vp | 4,4 V | 4,3232 | 4,4 |
| 10 Kohm | 9,9 Kohm | 39 Kohm | 38,9 Kohm | 1 Vp | 5 V | 4,9293 | 5 |
| 10 Kohm | 9,9 Kohm | 47 Kohm | 45,9 Kohm | 1 Vp | 5,7 V | 5,6364 | 5,7 |
| 10 Kohm | 9,9 Kohm | 56 Kohm | 55,3 Kohm | 1 Vp | 6,7 V | 6,5859 | 6,7 |

Conclusioni

Come ci si aspetta aumentando l'amplificazione si arriva al taglio dell'onda d'uscita, ma non con lo stesso valore di resistenza che ci si aspettava, a causa dei problemi legati all'amplificatore reale che lo differenziano da quello ideale. Infatti si può notare dai dati che l'amplificazione effettiva si differisce da quella teorica calcolata.

Ovviamente, come ci si aspettava, quando la tensione d'uscita taglia è uguale alla tensione di saturazione dell'amplificatore operazione (dai dati non si può osservare poiché sono precedenti al punto di taglio).

Si può notare che al contrario della configurazione invertente qui il segnale d'uscita non è sfasato rispetto a quello in ingresso, appunto perché non inverte il segno del segnale.

PROVA N.2

Scopo della prova

Verificare che aumentando la tensione in ingresso si arrivi alla saturazione dell'amplificatore operazionale e quindi l'uscita sarà uguale alla tensione di saturazione.

Schema elettrico

Vedi schema elettrico della prova n.1

Schema di montaggio

Vedi schema di montaggio della prova n.1

Procedimento

Si simula prima il circuito su multisim come nello schema elettrico indicato, da utilizzare come guida.

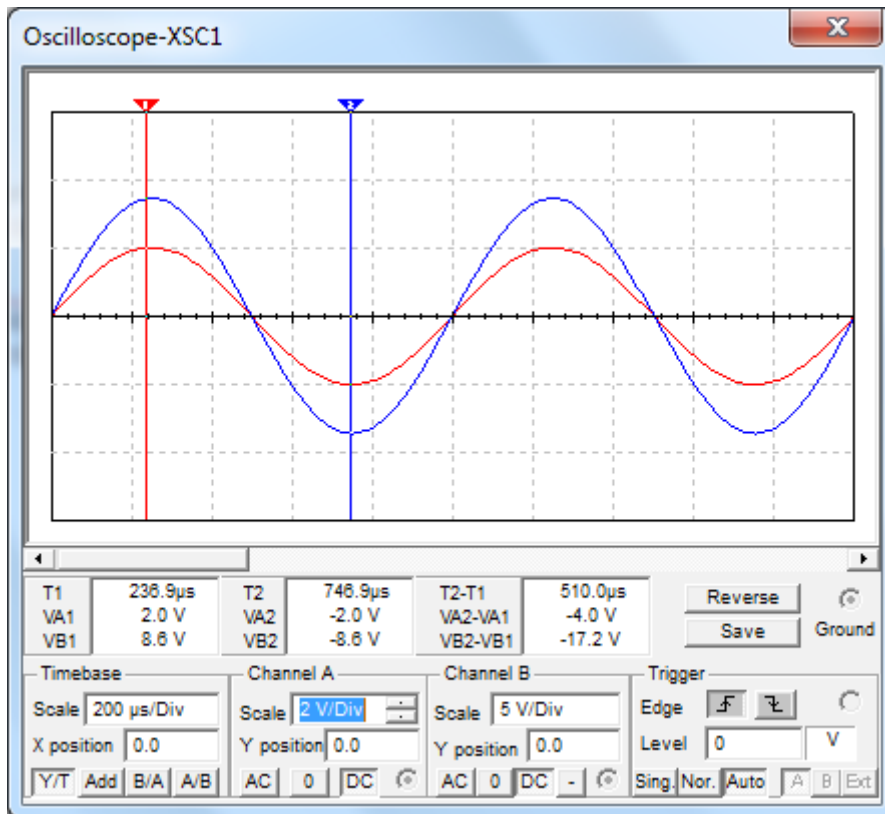
In seguito si monta il circuito sulla breadboard come nello schema di montaggio indicato.

Si imposta l'uscita del generatore di funzioni ad una frequenza pari a 1 KHz

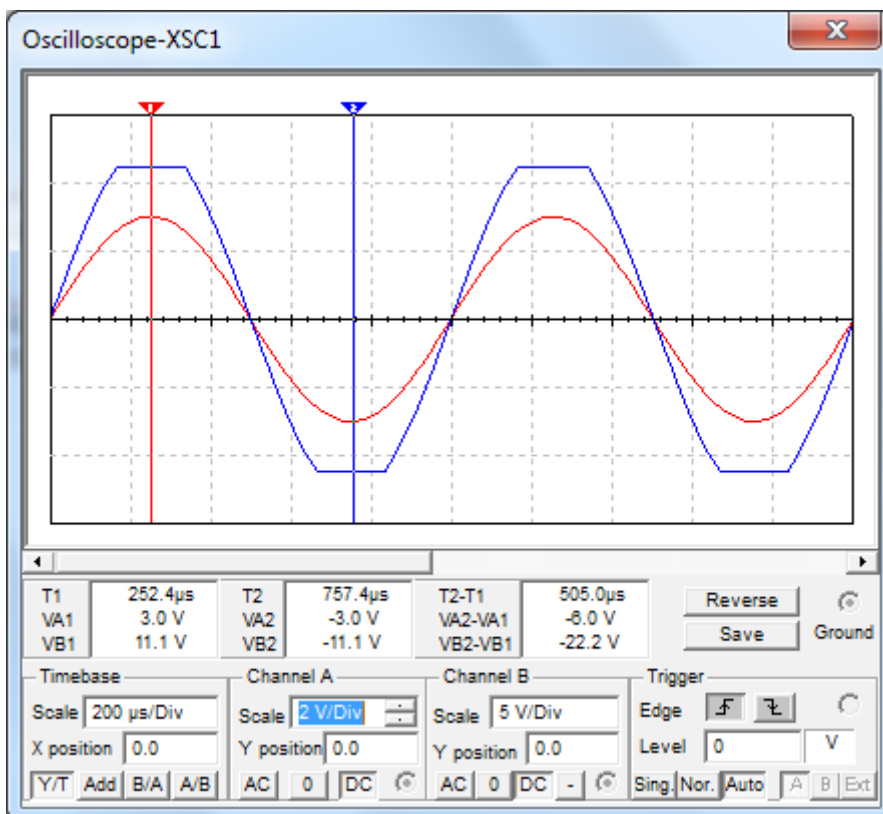
Si imposta un'amplificazione pari a circa 3,3 utilizzando, in questo caso, un resistore da $10\text{ K}\Omega$ per R1 e

uno da $33\text{ K}\Omega$ per R_2 .

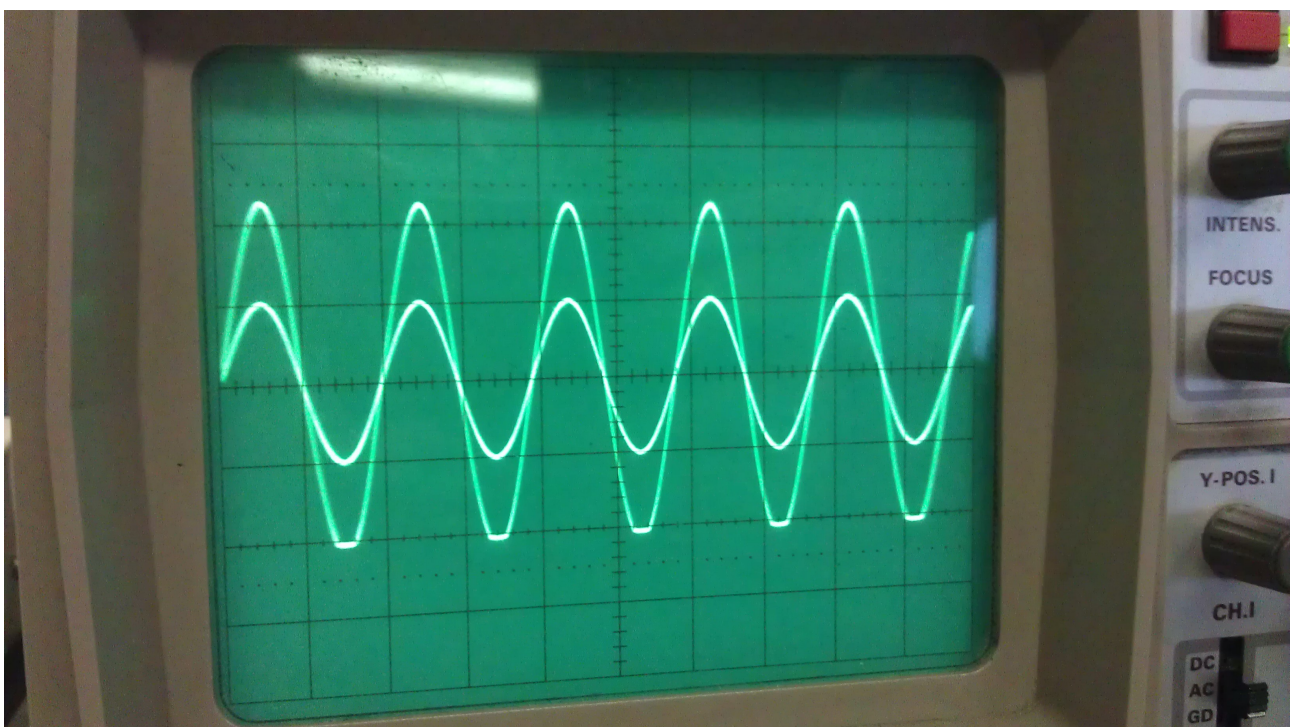
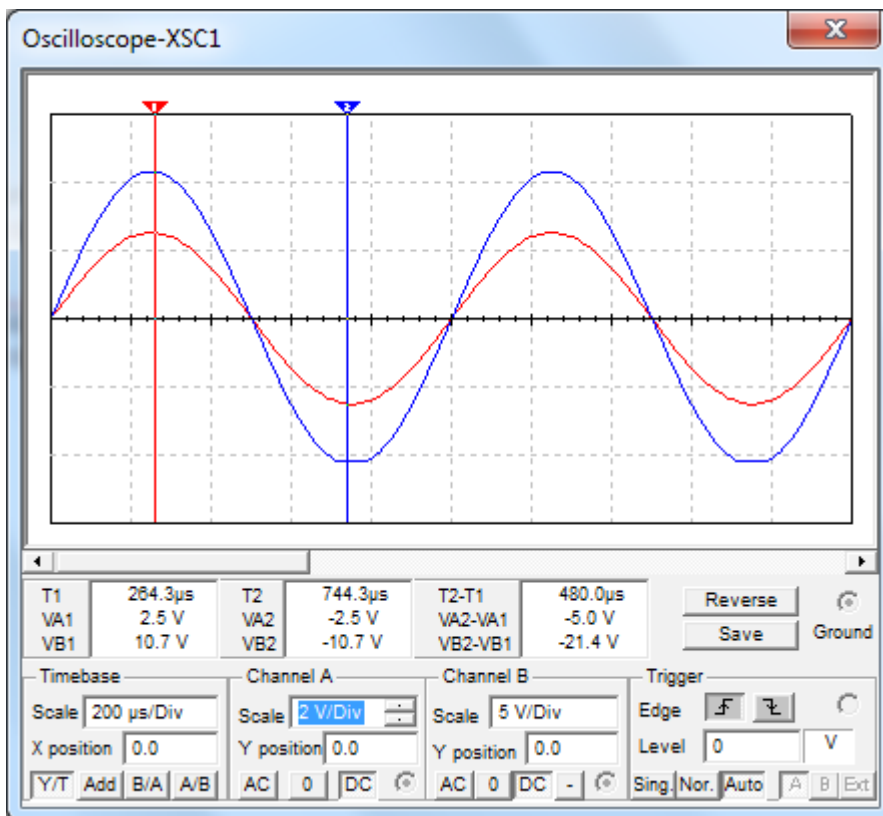
Per la prima misurazione si fornisce in ingresso una tensione pari a 1V_p .



Si continua ad aumentare il valore della tensione in ingresso, di 1V_p per volta, fino ad arrivare al taglio dell'uscita, registrando ogni volta il valore di V_o .



Infine si diminuisce poco per volta l'uscita fino ad arrivare ad avere un primo piccolo taglio, in una sola delle due semi onde.



| COLORE SEGNALE | DESCRIZIONE |
|----------------|-------------------------------|
| Rosso | Segnale in ingresso |
| Blu | Segnale in uscita amplificato |

Elaborazione dati

| R1 nominale | R1 val misurato | R2 nominale | R2 val misurato | Vi | Vo | $Av = 1+R2/R1$ | $Av = Vo/Vi$ |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|------|-------|----------------|--------------|
| 10 Kohm | 9,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1 Vp | 4,4 V | 4,3232 | 4,4 |
| 10 Kohm | 9,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 2 Vp | 9 V | 4,3232 | 4,5 |

Conclusioni

Come ovviamente ci si aspettava aumentando troppo la tensione d'ingresso l'uscita dell'amplificatore operazione taglia, dato che moltiplicando la tensione in ingresso per l'amplificazione si ottiene una tensione maggiore di quella di saturazione. Ma contrariamente da ciò che ci si aspettava il taglio non avviene simmetricamente nelle due semi onde, avviene prima nella semi onda inferiore (quando in ingresso è presente una tensione V_i pari a 2,5Vp), come è possibile vedere nella foto. Questo sia a causa dei problemi dell'amplificatore reale, che non contiene componenti perfettamente identici; sia a causa dei problemi legati all'alimentatore che non offre una tensione duale perfettamente simmetrica.

Anche qui si può notare che, al contrario della configurazione invertente, il segnale d'uscita non è sfasato rispetto a quello in ingresso, appunto perché non inverte il segno del segnale.

PROVA N.3

Scopo della prova

Verificare che aumentando la frequenza, al raggiungimento della frequenza di taglio si ottiene una riduzione dell'ampiezza d'uscita a causa dei problemi legati alle caratteristiche reali dell'amplificatore operazionale.

Schema elettrico

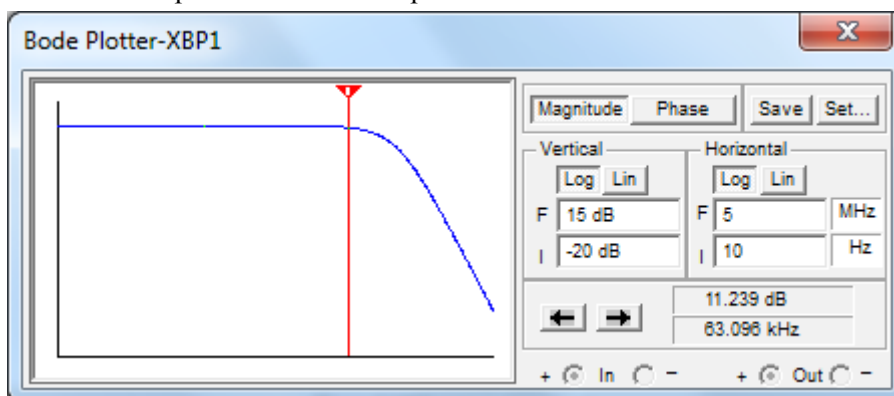
Vedi schema elettrico della prova n.1

Schema di montaggio

Vedi schema di montaggio della prova n.1

Procedimento

Si simula prima il circuito su multisim come nello schema elettrico indicato, da utilizzare come guida, utilizzando in particolare il boode plotter.



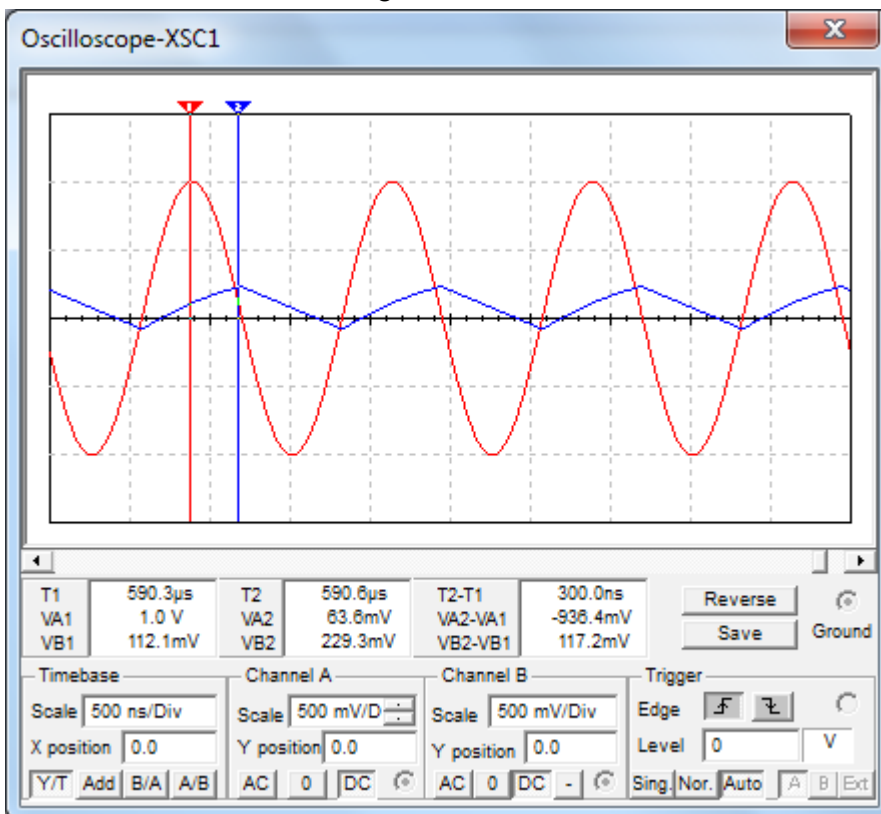
In seguito si monta il circuito sulla breadboard come nello schema di montaggio indicato. Si imposta l'uscita del generatore di funzioni pari a 1Vp.

Si imposta un'amplificazione pari a circa 2,75 utilizzando, in questo caso, un resistore da $12\text{ K}\Omega$ per R1 e uno da $33\text{ K}\Omega$ per R2.

Si delineano tre “settori” per i diversi valori di frequenza di Vi da utilizzare per effettuare le varie misure:

- 4) delimitato da una frequenza bassa (40Hz) e dalla frequenza con la quale inizia il taglio in uscita, per trovarla si individua la frequenza dove l'uscita inizia a diminuire. Per delimitare prima la frequenza in modo molto approssimativo, in modo da capire quale range di valori bisogna verificare realmente, si può utilizzare il boode plotter di multisim. Per questa fascia si registrano circa 4 misure.
- 5) delimitato dalla fine del primo settore e dal valore della frequenza con cui finisce la curva di abbassamento iniziale dell'uscita, quindi quando l'uscita inizia a diminuire con regolarità; anche qui si può utilizzare multisim per semplificare il range di valori da verificare. Per questa fascia si registrano circa 30 misure.
- 6) delimitato dalla fine del secondo settore e dal valore della frequenza con cui l'uscita assume un valore molto basso (circa 150mV); anche qui si può utilizzare multisim per semplificare il range di valori da verificare. Per questa fascia si registrano circa 6 misure.

Si può quindi procedere ad effettuare le varie misurazioni con le varie frequenze trovate, fino ad ottenere come onda d'uscita un'onda triangolare.



| COLORE SEGNALE | DESCRIZIONE |
|----------------|-------------------------------|
| Rosso | Segnale in ingresso |
| Blu | Segnale in uscita amplificato |

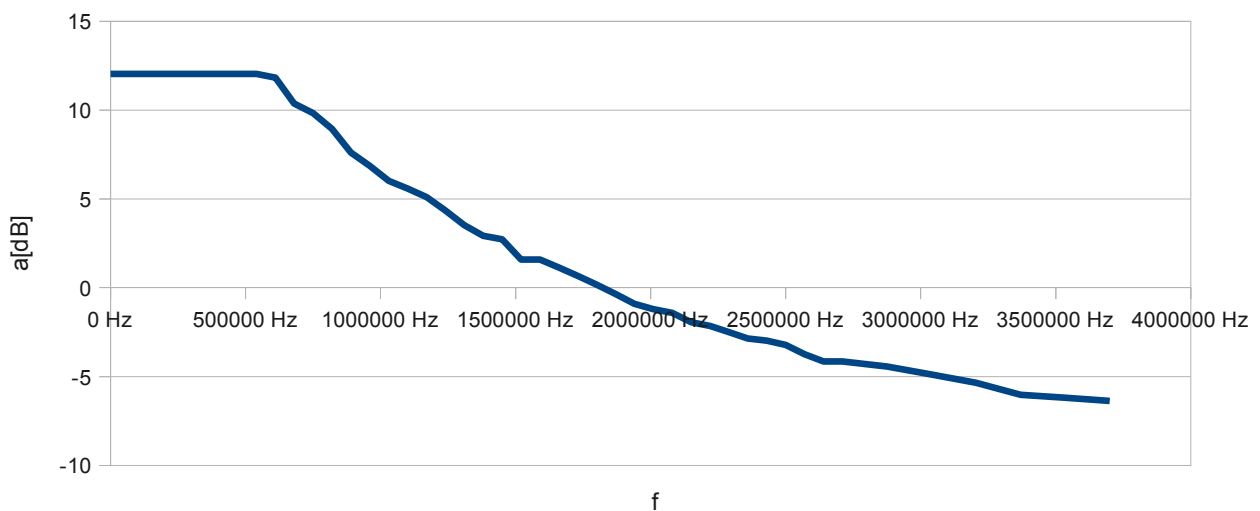
Elaborazione dati

| V_i | F_{vi} | R1 nominale | R1 misurato | R2 nominale | R2 misurato | V_o | Av = 1+R2/R1 | Av = V_o/V_i | Av in decibel |
|----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|---------------------|---|----------------------|
| 1 V _p | 40 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 4 V | 3,76 | 4 | 12,04 |
| 1 V _p | 8000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 4 V | 3,76 | 4 | 12,04 |
| 1 V _p | 120000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 4 V | 3,76 | 4 | 12,04 |
| 1 V _p | 540000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 4 V | 3,76 | 4 | 12,04 |
| 1 V _p | 610000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 3,9 V | 3,76 | 3,9 | 11,82 |
| 1 V _p | 680000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 3,3 V | 3,76 | 3,3 | 10,37 |
| 1 V _p | 750000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 3,1 V | 3,76 | 3,1 | 9,83 |
| 1 V _p | 820000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 2,8 V | 3,76 | 2,8 | 8,94 |
| 1 V _p | 890000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 2,4 V | 3,76 | 2,4 | 7,6 |
| 1 V _p | 960000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 2,2 V | 3,76 | 2,2 | 6,85 |
| 1 V _p | 1030000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 2 V | 3,76 | 2 | 6,02 |
| 1 V _p | 1100000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1,9 V | 3,76 | 1,9 | 5,58 |
| 1 V _p | 1170000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1,8 V | 3,76 | 1,8 | 5,11 |
| 1 V _p | 1240000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1,65 V | 3,76 | 1,65 | 4,35 |
| 1 V _p | 1310000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1,5 V | 3,76 | 1,5 | 3,52 |
| 1 V _p | 1380000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1,4 V | 3,76 | 1,4 | 2,92 |
| 1 V _p | 1450000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1,37 V | 3,76 | 1,37 | 2,73 |
| 1 V _p | 1520000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1,3 V | 3,76 | 1,2 | 1,58 |

| | | | | | | | | | |
|---------|---------------|---------|-----------|---------|-----------|-----------|------|------|-------|
| Vp | Hz | | | | | | | | |
| 1 Vp | 1590000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1,2 V | 3,76 | 1,2 | 1,58 |
| 1 Vp | 1660000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1,14 V | 3,76 | 1,14 | 1,14 |
| 1 Vp | 1730000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1,08 V | 3,76 | 1,08 | 0,67 |
| 1 Vp | 1800000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 1,02 V | 3,76 | 1,02 | 0,17 |
| 1 Vp | 1870000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,96 V | 3,76 | 0,96 | -0,35 |
| 1 Vp | 1940000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,9 V | 3,76 | 0,9 | -0,92 |
| 1 Vp | 2010000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,87 V | 3,76 | 0,87 | -1,21 |
| 1 Vp | 2080000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,85 V | 3,76 | 0,85 | -1,41 |
| 1 Vp | 2150000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,8 V | 3,76 | 0,8 | -1,94 |
| 1 Vp | 2220000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,78 V | 3,76 | 0,78 | -2,16 |
| 1 Vp | 2290000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,75 V | 3,76 | 0,75 | -2,5 |
| 1 Vp | 2360000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,72 V | 3,76 | 0,72 | -2,85 |
| 1 Vp | 2430000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,71 V | 3,76 | 0,71 | -2,97 |
| 1 Vp | 2500000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,69 V | 3,76 | 0,69 | -3,22 |
| 1 Vp | 2570000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,68 V | 3,76 | 0,68 | -3,74 |
| 1 Vp | 2640000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,65 V | 3,76 | 0,65 | -4,15 |
| 1 Vp | 2710000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,62 V | 3,76 | 0,62 | -4,15 |
| 1 Vp | 2875000 Hz | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,6 V | 3,76 | 0,6 | -4,44 |
| 1 | 3040000 | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,57 | 3,76 | 0,57 | -4,88 |

| Vp | Hz | | | | | V | | | |
|----|---------|---------|-----------|---------|-----------|--------|------|------|-------|
| 1 | 3205000 | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,54 V | 3,76 | 0,54 | -5,35 |
| Vp | Hz | | | | | | | | |
| 1 | 3370000 | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,5 V | 3,76 | 0,5 | -6,02 |
| Vp | Hz | | | | | | | | |
| 1 | 3535000 | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,49 V | 3,76 | 0,49 | -6,2 |
| Vp | Hz | | | | | | | | |
| 1 | 3700000 | 12 Kohm | 11,9 Kohm | 33 Kohm | 32,9 Kohm | 0,48 V | 3,76 | 0,48 | -6,38 |
| Vp | Hz | | | | | | | | |

Grafici



Conclusioni

Come ci si aspettava il grafico ottenuto dai dati ottenuti è simile al grafico mostrato dal boode plotter, solo che qui a causa delle varie imprecisioni fisiche tra i vari operazionali reali ci sono grosse differenze tra le diverse frequenze di taglio.

Quindi è stato verificato che ad una certa frequenza di taglio, propria di ogni amplificatore operazionale (per questo nel creare le fasce bisogna verificare i range con gli amplificatori operazioni reali), la tensione in uscita inizia a diminuire. Aumentando ancora di più la frequenza l'onda d'uscita diventa un'onda triangolare; mentre diminuendo la frequenza, al di sotto della frequenza di taglio, l'amplificatore operazionale amplifica correttamente.

Anche qui si può notare che, al contrario della configurazione invertente, il segnale d'uscita non è sfasato rispetto a quello in ingresso, appunto perché non inverte il segno del segnale. O meglio l'unico sfasamento che ha è quello provocato dall'alta frequenza che provoca la trasformazione del segnale d'uscita in un onda triangolare.