

Prima esercitazione

1. Descrizione principali strumenti di misura e di utilità

Multimetro, Alimentatore da banco, Oscilloscopio, Generatore di segnale, Basetta sperimentale, Componenti passivi (Resistenze, Condensatori)
(Fare riferimento ai file di utilità e ai filmati)

Componenti attivi (diodi, transistor, amplificatori operazionali, porte logiche, ecc.)
(Fare riferimento ai file dei datasheet o al file excel su desktop per i datasheet)

2. Uso del tester per misurare valori di resistori

Verificare il valore di resistori, anche in serie e in parallelo. Configurare il multimetro su Resistenza (range max 20k se applicabile). Prendere 3 resistori, rispettivamente da 2KOhm, 2kOhm e 10 kOhm e verificare il valore dei resistori, anche in serie e in parallelo.

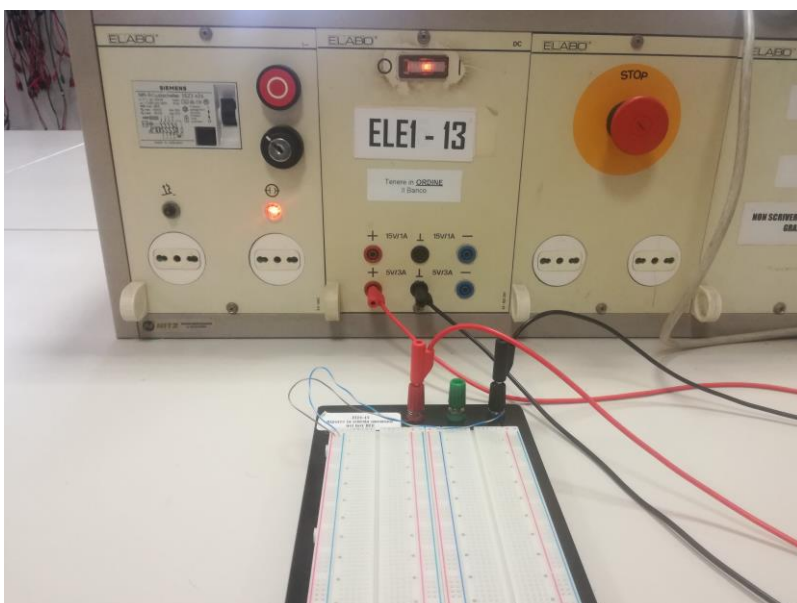
Nota: quando non si conosce il valore del resistore e si usa un multimetro senza autoscale si parte dalla scala massima (2000k) e si scende fino a quando non si vede qualcosa di diverso da un 1 posizionato a sinistra (o da OL) che indica resistenza infinita; la misura migliore si ottiene con la scala minima che permette di leggere il valore.

Attenzione! Quando si misura una resistenza inserita in un circuito si misura in realtà il valore equivalente al parallelo tra la resistenza e tutto quello che è in parallelo con la resistenza. Per fare misure di resistenza si deve disconnettere un capo della resistenza dal circuito.

3. Uso dell'alimentatore da banco (solo se non si dispone del kit)

Configurare la basetta in modo che, mediante dei cavi banana-banana come in figura, sia possibile connettere l'alimentatore da banco con i terminali di alimentazione della basetta connessi a fili che permettono di portare massa e alimentazione su tutta la basetta.

Attenzione! L'alimentatore da banco potrebbe avere le masse della sezione +/-5V e +/-15V non connesse tra loro. NOTA: in alternativa usare l'alimentatore MB102 direttamente su basetta.



4. Uso del tester per misurare tensioni in DC

Configurare il tester per misure in tensione DC con fondo scala a 20 V (girare la manopola a sinistra di 3 posizioni rispetto alla posizione di off). Misurare la tensione generata dall'alimentatore da banco o dall'alimentatore su breadboard (5V a sinistra e 3,3V a destra) o da una batteria stilo.

Se faccio la misura in DC di un segnale variabile, ottengo un valore che assomiglia al valore medio V_m .

5. Circuito Partitore

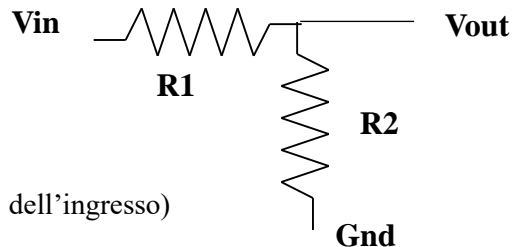
$$V_{out} = V_{in} \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

Provato con $V_{in} = +5V$ DC

Provato con $R_1 = 1k\Omega$ e $R_2 = 10k\Omega$ (uscita pari ad 10/11 dell'ingresso)

Provato con $R_1 = 10k\Omega$ e $R_2 = 1k\Omega$ (uscita pari ad 1/11 dell'ingresso)

Provato con $R_1 = R_2 = 10k\Omega$ (Uscita pari alla metà dell'ingresso)



Misure in DC su partitore

Verificare la tensione di alimentazione e la tensione di uscita del circuito partitore e osservare di quanto si discosta dal valore nominale ricavato dal valore della tensione di alimentazione e dal valore nominale delle resistenze. Verificare rispetto al valore delle resistenze indicato dal multimetro. Attenzione a misurare il valore delle resistenze mettendo almeno un terminale libero da connessioni circuitali.

Nota: il circuito partitore si può applicare anche alle impedenze e anche al caso in cui il segnale non sia riferito a massa (gnd). In quest'ultimo caso, se ad esempio il terminale di R_2 fosse connesso a V_1 invece che a gnd, si avrebbe $V_{out} - V_1 = (V_{in} - V_1) \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$. La relazione infatti indica, grazie alla legge di Ohm, che la corrente che scorre nella serie di R_1 con R_2 è uguale alla corrente che scorre in R_2 .

ESERCIZIO: si provi a utilizzare il generatore di segnale generando una sinusoide 5Vpp 1kHz e verificare con l'oscilloscopio che l'onda non si deforma ma si attenua e che il rapporto di attenuazione non cambia al variare della frequenza.

Approfondimento: Circuito a più generatori

$$V_{in1} = 5V \quad V_{in2} = 3,3V$$

$$R_1 = 330\Omega \quad R_2 = 220\Omega \quad R_3 = 10k\Omega$$

V_a risulta circa 4V, perché?

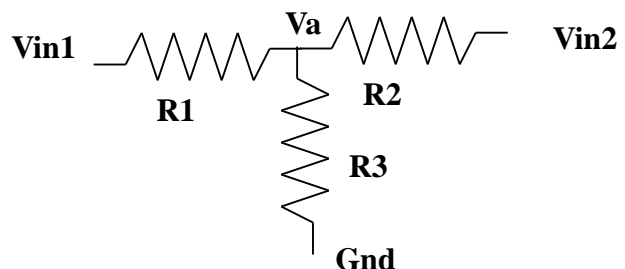
$$I_{r1} + I_{r2} = I_{r3}$$

(ipotizzando I_{r1} entrante nel nodo a potenziale V_a e I_{r2} e I_{r3} uscenti)

$$I_{r1} = (V_{in1} - V_a) / R_1 \quad I_{r2} = (V_a - V_{in2}) / R_2 \quad I_{r3} = V_a / R_3$$

$$(V_{in1} - V_a) / R_1 = (V_a - V_{in2}) / R_2 + V_a / R_3 \quad (V_{in1} / R_1) + (V_{in2} / R_2) = V_a (1 / R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3)$$

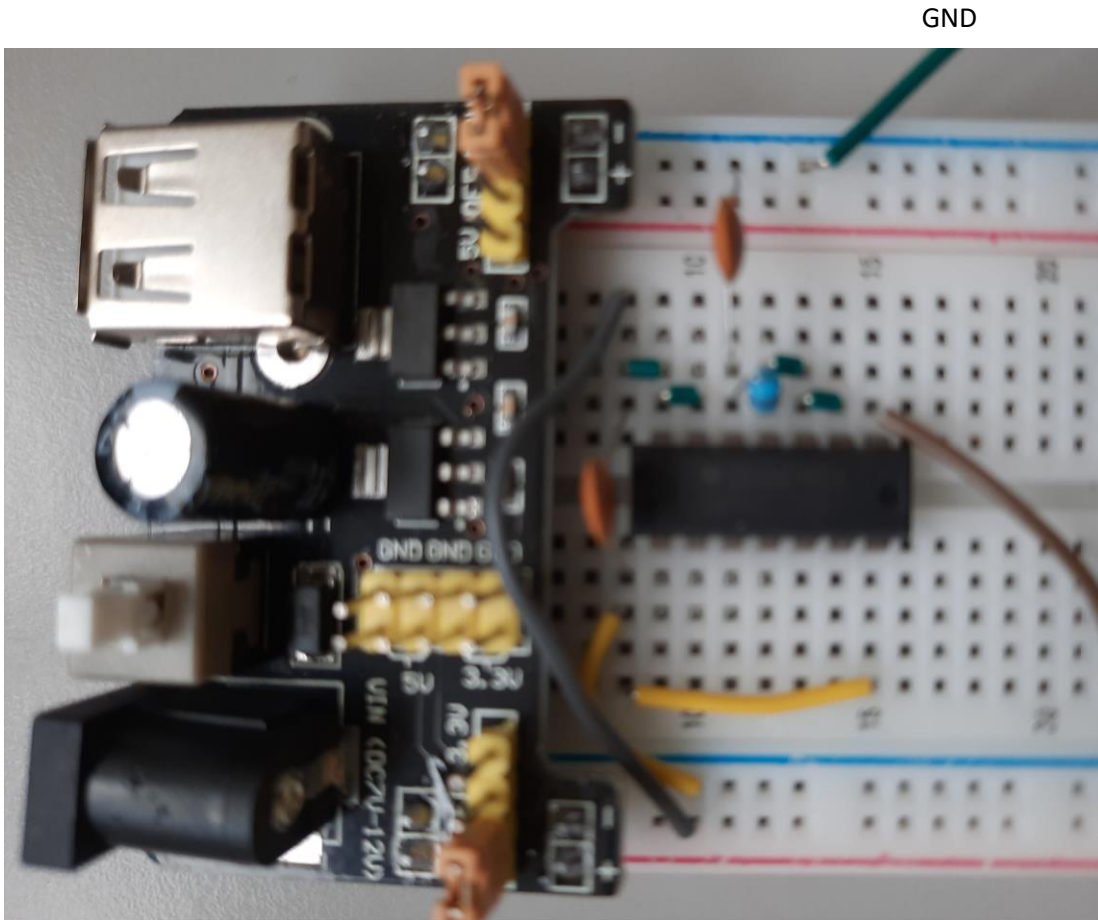
Ossia la corrente che fluisce nel parallelo di R_1 , R_2 e R_3 è data dalla somma delle correnti dai generatori dei tre rami (V_{in1} , V_{in2} e gnd) (th. Miller). Da cui $V_a = 3,9 V$



6. Montaggio dell'oscillatore ad onda quadra

Si monti il circuito oscillatore ad onda quadra indicato nel file breadboard e riportato per comodità di seguito. Si faccia riferimento al filmato.

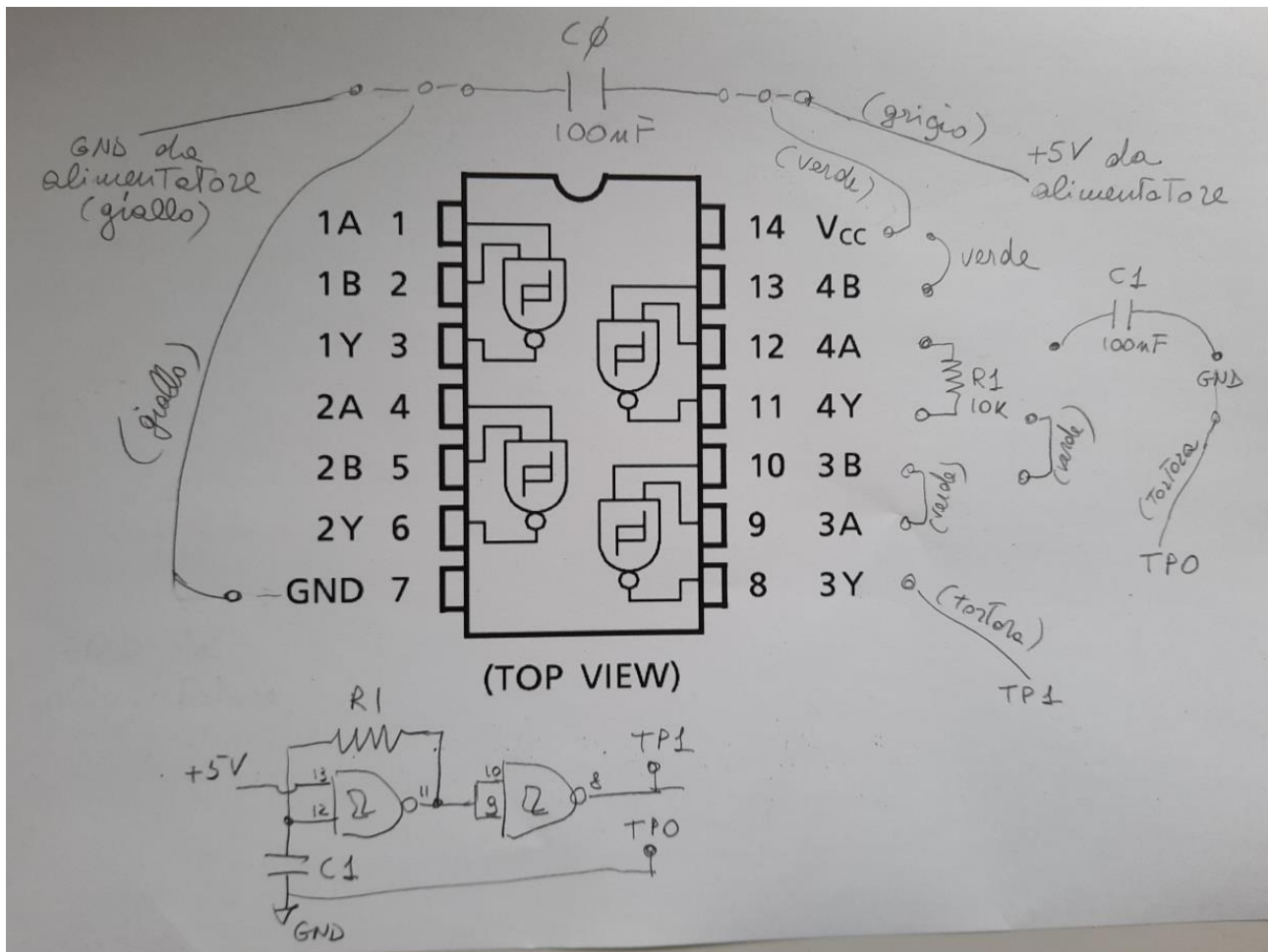
Attenzione alla corretta posizione dei jumpers gialli sull'alimentatore



GND

Ultimi pin
74HC132 su
linea 15

Onda
quadra 0-5V
F=1kHz circa



Si verifichi con il multimetro configurato per misure di tensione DC (scala 20V) che la scheda alimentatore sia accesa nelle due colonne di forellini a sinistra rispettivamente 5V e 0V, quindi si verifichi che vi siano le seguenti tensioni rispetto a massa:

- Pin 7: 0V
- Pin 14 e pin 13: 5V
- Pin 11, 10, 9, 8: 2,5V (circa)

Il segnale sul pin 8 è il segnale di uscita. Se si utilizza un multimetro con misure di Vdc e di frequenza, lo si utilizzi allo scopo. Si dovrebbe ottenere:

- VDC: si ottiene circa il valore medio, pari a circa 2,6V (o 2,7V) in quanto non è un'onda quadra perfetta ma il segnale sta a 5V per un pochino più di tempo rispetto a quanto non sta a 0V
- Hz: la frequenza è di circa 1kHz, che corrisponde ad un periodo T di circa 1 ms

Se le due misure sono corrette l'oscillatore sta funzionando correttamente.

7. Uso del tester per misurare tensioni in AC da generatore o da oscillatore (74HC132) su breadboard

Il valore efficace o "True RMS"

I Tester o oscilloscopi "true RMS" utilizzati per misure di tensione in AC (V_{ac}) forniscono il valore quadratico medio V_{RMS} detto anche valore efficace V_{eff} (Integrale da 0 a T del quadrato del segnale periodico $V(t)$ in dt).

Il valore "true RMS" di una sinusoide è pari al valore di picco A diviso radice di 2 (NOTA: $1/\sqrt{2} \approx 0,7$).

Il valore "true RMS" di un'onda quadra bipolare (tra $-A$ e $+A$) è pari ad A.

Il valore "true RMS" di un'onda quadra ($T_{on}=T_{off}$) tra 0V e A è pari ad A diviso radice di 2.

Il valore "true RMS" di un'onda rettangolare tra 0V e A con duty cycle D è pari ad A moltiplicato radice di D ($V_{RMS}=A \cdot \sqrt{D}$).

Il Duty Cycle

Si definisce Duty Cycle D di un'onda rettangolare $D = T_{on}/(T_{on}+T_{off}) = T_{on}/T$ dove T_{on} è il tempo in cui l'onda rettangolare è a "1", T_{off} è il tempo in cui l'onda rettangolare è a "0" e T è il periodo dell'onda rettangolare.

ESERCIZIO: misurate il valore medio (misura DC) e, noto il valore di picco dell'onda rettangolare, calcolare il duty cycle D (misura indiretta).

al valore misurato in DC V_{DC} è pari al valore medio V_m

Il valore medio V_m si ricava dall'integrale del segnale nel periodo quindi nel caso di un'onda rettangolare con duty Cycle D tra 0V e A si ha $V_m=A \cdot D$. Se si utilizza un multimetro in DC per misurare un segnale periodico si ottiene $V_{DC}=V_m$.

Nel caso dell'oscillatore su breadboard misuro in DC $V_m=2,63V$, misuro in DC la tensione di alimentazione $V_p=5,02V$ e, dato che per un'onda rettangolare con duty cycle D tra 0V e V_p si ha che $V_m=V_p \cdot D$, ottengo $D=2,63/5,02=0,52=52\%$ (misura indiretta del duty cycle).

Il valore misurato in AC V_{AC}

Le misure in AC sottraggono al segnale il suo valore medio, pari alla componente a frequenza zero (detta componente continua). La funzionalità "base" dei multimetri in AC è di fornire il valore efficace della rete elettrica, una sinusoide a 50Hz a valore medio nullo e valore efficace pari a 230V, quindi possono funzionare male con onde non sinusoidali, con onde non a valore medio nullo, a basse tensioni e a frequenze diverse da 50Hz (Periodo $T=20ms$). Ad esempio, il nostro multimetro Duratool DO3144, funziona solo su sinusoidi a valore medio nullo e frequenze fino a max. 1kHz e non è un true RMS.

Il valore misurato in AC V_{AC} è tale che $V_{AC}^2 + V_{DC}^2 = V_{RMS}^2$

Nel caso della nostra onda rettangolare tra 0V e 5V con duty cycle $D=0,52$, il valore atteso sarebbe $V_{RMS} = 5V \cdot \sqrt{D}=5V \cdot \sqrt{0,52}=3,6V$.

Il nostro multimetro, come tanti altri, prima di misurare, elimina la componente continua, proprio come fa un oscilloscopio in AC. L'onda rettangolare diventa quindi un'onda che sta a $0,48 \cdot 5V$ per un tempo di $0,52T$ e a $-0,52 \cdot 5V$ per un tempo di $0,48T$ dove T è il periodo dell'onda rettangolare.

Il valore efficace V_{RMS} di tale onda a valor medio nullo diventerebbe quindi $V_{RMS}=5V*\sqrt{(0,48^2*0,52 + 0,52^2*0,48)} = 5V*\sqrt{(0,48*0,52)}=2,5V$ e questo è il valore che dovremmo misurare con il multimetro in AC, ossia V_{AC} .

Misurando con il multimetro in AC non si ottengono i 2,5V attesi (misura del valore efficace in AC), ma un valore attorno a 2,8V raggiunto dopo qualche secondo, perché non si tratta di una sinusoidale (si osservi che a vuoto il multimetro potrebbe misurare tensioni diverse da zero).

RIASSUMENDO: Perché il multimetro utilizzato in AC misura V_{AC} che è diverso da V_{RMS} atteso ($V_{eff}=V_{RMS}$)?

Perché V_{AC} è stato misurato filtrando (eliminando) la componente continua V_{DC} e quindi $V_{RMS}^2=V_{AC}^2+V_{DC}^2$; inoltre il multimetro è pensato per misurare sinusoidi a 50Hz e quindi lavora bene con segnali sinusoidali a frequenza bassa (>1kHz), mentre il nostro segnale è un'onda rettangolare.

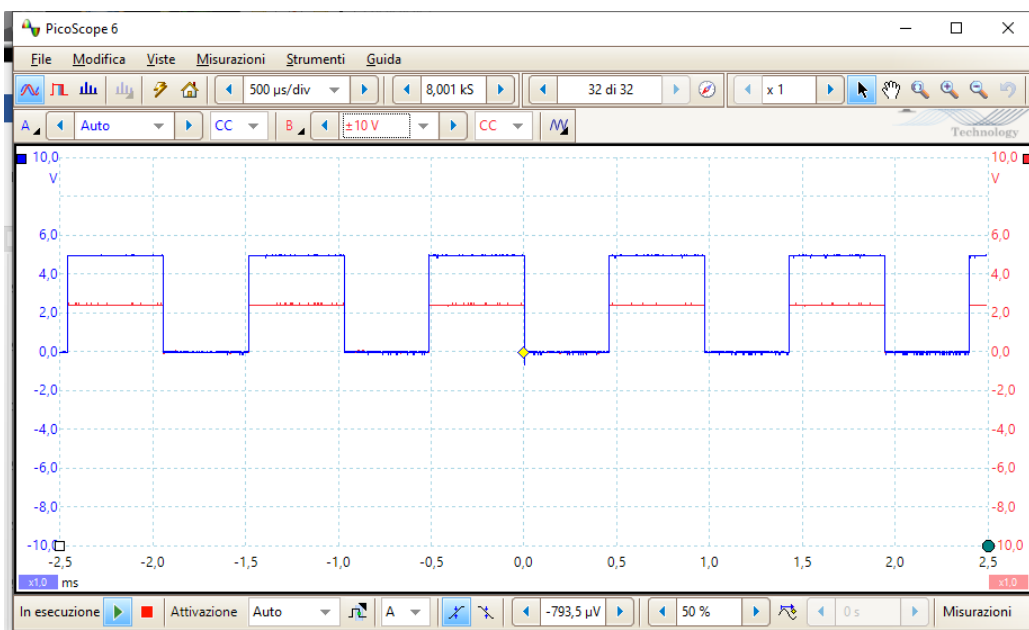
Si osservi che impostando con il generatore di segnali una sinusoidale 4Vpp a 100Hz, il cui valore $V_{eff}=V_{RMS}$ atteso è pari a 1,41V, viene misurato dal multimetro con un'incertezza nell'ordine del 10%.

8. Misure sul partitore resistivo a frequenza variabile

ESERCIZIO: si alimenti il circuito partitore formato da due resistenze da 10k con il segnale ad onda quadra generato dal dispositivo 74HC132 (pin 8).

Si verifichi con il multimetro configurato per misure in tensione DC (scala 20) che l'uscita del generatore ad onda quadra (pin 8 di 74HC132) ha valor medio pari a circa 2,6V. Si alimenti il circuito partitore con il segnale ad onda quadra generato dal dispositivo 74HC132 (pin 8) e si verifichi con il tester che il valore medio si attenua del rapporto di partizione (dato che utilizzo un partitore con due resistenze uguali leggerò circa 1,3V).

L'immagine dal Picoscope 2204A seguente mostra l'onda quadra generata dal 74HC132 (blu) e l'onda quadra in uscita dal partitore con due resistenze uguali (rossa, a metà).



L'immagine dal Picoscope 2204A seguente mostra l'onda quadra generata dal 74HC132 (blu) e l'onda quadra in uscita dal partitore con due resistenze uguali (rossa, a metà).

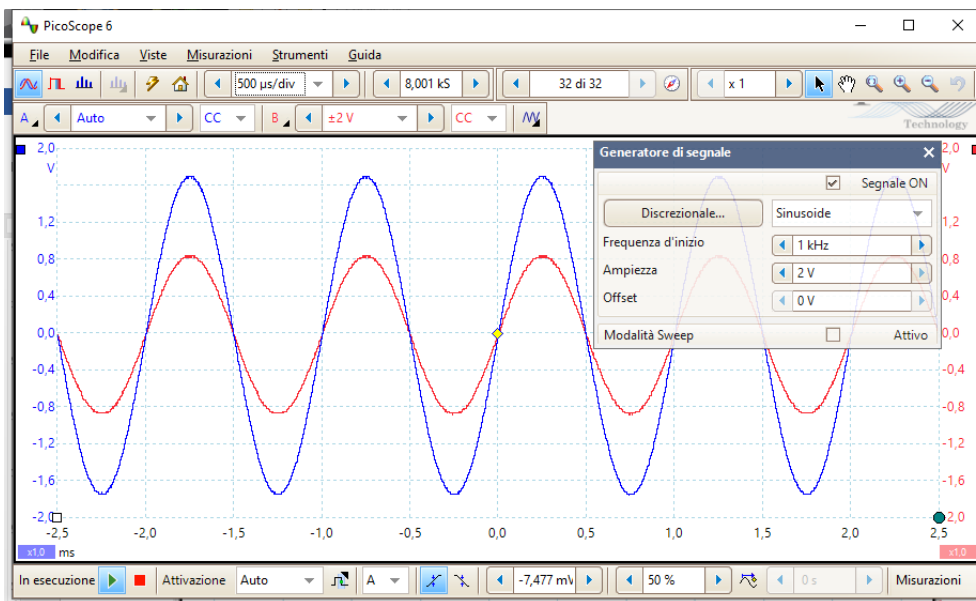
Per chi è in laboratorio e dispone di generatore di funzioni e oscilloscopio:

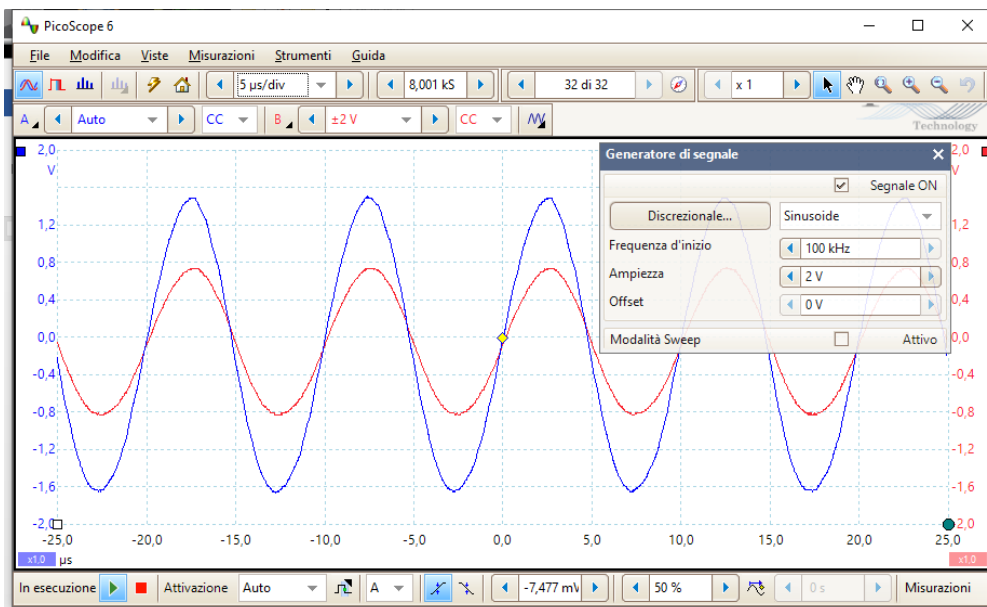
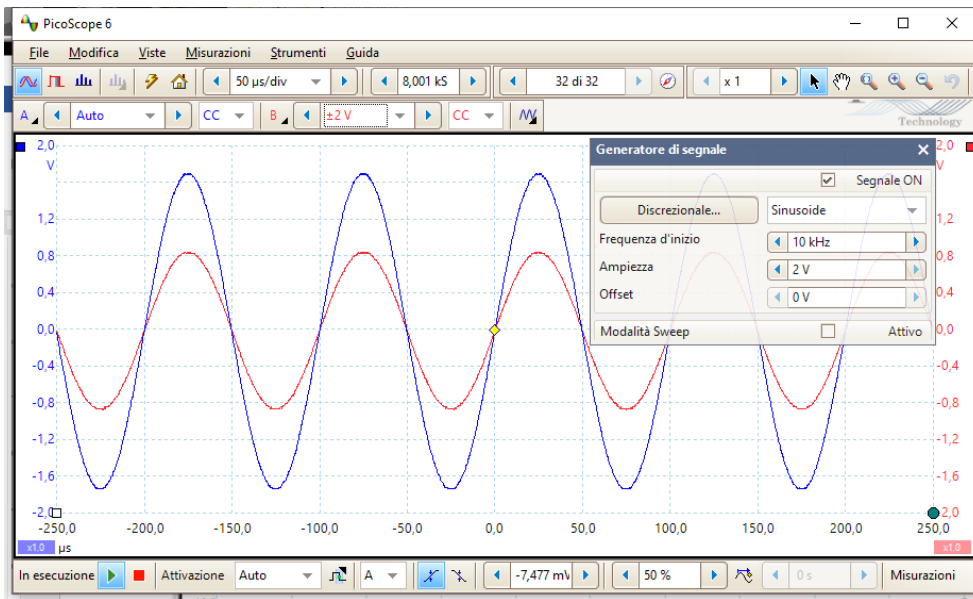
Si alimenti il circuito partitore con un segnale da generatore di funzioni e si osservi che la tensione in uscita, osservata con un oscilloscopio, non dipende dalla frequenza del segnale generato, sia nel caso dell'onda quadra, sia nel caso della sinusoide.

NOTA SUL GENERATORE DI FUNZIONI: il generatore di funzioni agisce "integrando" un generatore ideale V_{in} con impedenza serie pari a R_1 e carico ipotizzato pari a R_2 . Se ad esempio il generatore è impostato con Impedenza serie 50 Ohm e impedenza di carico 50 Ohm e impostiamo una sinusoide a 1kHz con valore picco-picco pari a 3V e colleghiamo un oscilloscopio al posto della resistenza di carico R_2 , vedremo una sinusoide con valore picco-picco a 6V, in quanto il generatore pensa di avere un carico da 50 Ohm e non un'impedenza elevatissima come è l'impedenza d'ingresso dell'oscilloscopio (Impostare impedenza di carico pari a infinito)

NOTA SULL'OSCILLOSCOPIO: l'oscilloscopio può avere impostati fattori di scala per il segnale d'ingresso e la stessa sonda ha spesso un interruttore con fattori di scala (es. 10x)

Alimentando il partitore con una sinusoide generata dal generatore di forme d'onda si osservi come nulla cambia per sinusoidi a 1kHz e a 10kHz (si noti la diversa scala dei tempi). A 100kHz siamo ai limiti del sistema di misura con il Picoscope 2204 (con la strumentazione in laboratorio non si apprezzano variazioni).





Si noti il comportamento analogo con onda quadra generata a 10kHz

