

Esercitazione 1: Misure di tensione, corrente, tempi, frequenze

Gruppo bE
Alessandro Candido, Roberto Ribatti

7 ottobre 2016

1 Scopo e strumentazione

Lo scopo dell'esercitazione è di impraticarsi con la strumentazione disponibile in laboratorio. Abbiamo usato multimetro, oscilloscopio, alimentatore da banco e generatore di funzioni d'onda.

2 Misure di tensione e corrente

2.1 Partitore di tensione $\sim 1k\Omega$

Si è costruito il partitore di tensione illustrato nella scheda (al punto 2.b) usando due resistenze $R_1 = 976 \pm 9 \Omega$ e $R_2 = 974 \pm 9 \Omega$. Si è variata la tensione dell'alimentatore tra 0 V e 10 V e volta per volta si è misurata con il multimetro digitale la tensione erogata dall'alimentatore V_{in} e ai capi della resistenza R_2 , V_{out} . Gli errori sono stati ottenuti usando le indicazioni del manuale del multimetro. Il rapporto atteso tra le due tensioni è $1/(1 + (R_1/R_2)) = 0.499 \pm 0.005$. I risultati della misura sono qui di seguito riportati:

Tensione V_{in} [V]	Tensione V_{out} [V]
0.1740 ± 0.0010	0.0874 ± 0.0005
1.071 ± 0.006	0.535 ± 0.004
1.992 ± 0.011	0.998 ± 0.006
3.190 ± 0.026	1.604 ± 0.009
3.96 ± 0.03	1.991 ± 0.011
5.15 ± 0.04	2.580 ± 0.023
6.10 ± 0.04	3.050 ± 0.025
7.13 ± 0.05	3.570 ± 0.028
8.07 ± 0.05	4.04 ± 0.03
9.11 ± 0.06	4.56 ± 0.03
10.17 ± 0.06	5.09 ± 0.04

Tabella 1: Dati raccolti

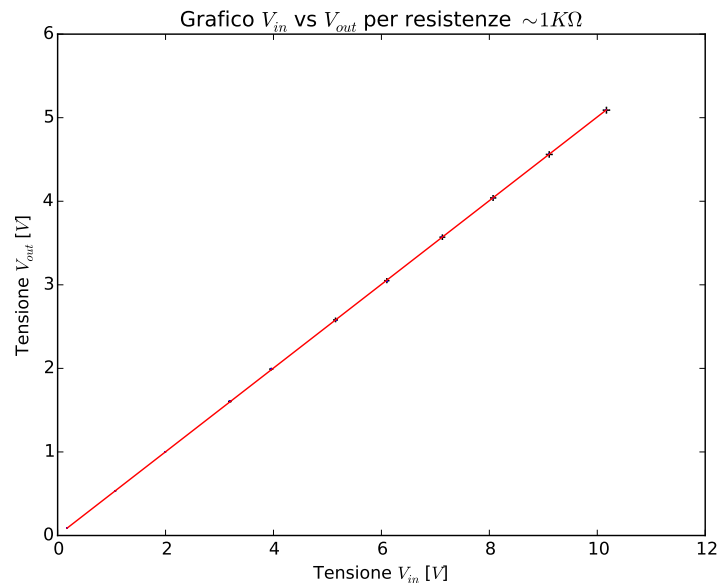


Figura 1: Grafico delle misure e del fit

Come atteso il rapporto tra le tensioni è costante, ovvero la relazione che lega V_{out} e V_{in} è lineare. Abbiamo eseguito un fit lineare numerico che tenesse conto degli errori su entrambi gli assi poiché gli errori sono confrontabili. I risultati del fit sono: $V_{out}/V_{in} = 0.5009 \pm 0.0016$, e un valore pari a 0.2 ± 0.8 mV dell'intercetta. Abbiamo ottenuto $\chi^2/\text{ndof} = 1.16/9$.

Conclusioni Il valore del χ^2 è lontano dal valor medio della distribuzione, probabilmente perché le incertezze del tester digitale sono sovrastimate. La misura tuttavia è da confrontare con quella prevista a partire dalla misura delle resistenze, e risulta compatibile entro gli errori. Inoltre per l'intercetta si ha una misura di 0.

2.2 Partitore di tensione $\sim 4\text{M}\Omega$

Si sono usate adesso resistenze $R_1 = 4.87 \pm 0.07 \text{ M}\Omega$ e $R_2 = 3.70 \pm 0.06 \text{ M}\Omega$ e si è proceduto alla stessa misura del punto precedente. La relazione è lineare, ma non col coefficiente atteso se l'impedenza di ingresso del multimetro fosse trascurabile. Questa infatti da manuale ammonta a $10 \text{ M}\Omega$, ed è confrontabile con le resistenze in gioco.

Tensione V_{in} [V]	Tensione V_{out} [V]
0.1942 ± 0.0011	0.0895 ± 0.0005
0.998 ± 0.006	0.458 ± 0.003
1.986 ± 0.011	0.913 ± 0.006
3.030 ± 0.025	1.400 ± 0.008
4.03 ± 0.03	1.864 ± 0.010
5.11 ± 0.04	2.350 ± 0.022
6.04 ± 0.04	2.780 ± 0.024
7.09 ± 0.05	3.260 ± 0.026
8.09 ± 0.05	3.710 ± 0.029
9.12 ± 0.06	4.19 ± 0.03
10.06 ± 0.06	4.62 ± 0.03

Tabella 2: Dati raccolti

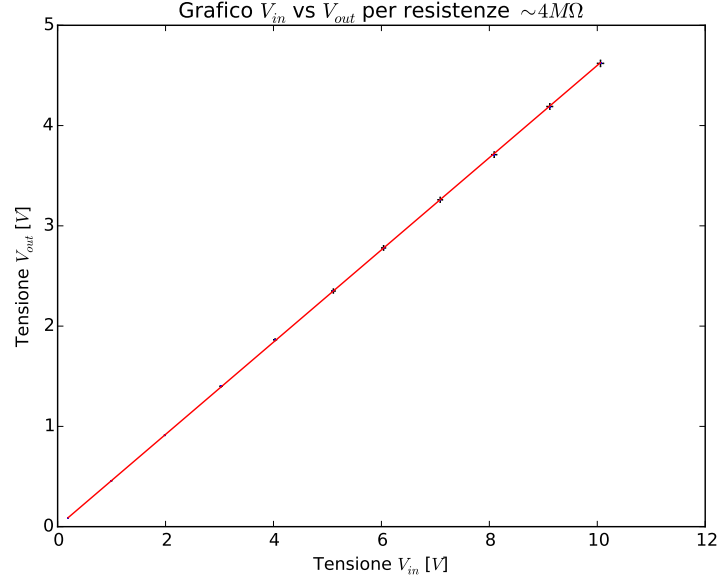


Figura 2: Grafico delle misure e del fit

Il fit è stato eseguito come al punto precedente e i valori ottenuti sono $V_{out}/V_{in} = 0.4600 \pm 0.0015$ e per l'intercetta $0.2 \pm 0.8 \text{ mV}$. Si è ottenuto inoltre $\chi^2/\text{ndof} = 1.94/9$.

Conclusioni Perciò sia per quanto riguarda l'intercetta che il χ^2 si applicano le stesse considerazioni del punto precedente. Per quanto riguarda la pendenza della retta ci saremmo attesi un valore pari a $1/(1 + (R_1/R_2)) = 0.568 \pm 0.004$, che evidentemente non è compatibile con quanto risulta dal fit. Il motivo di ciò è, come detto sopra, l'impedenza d'ingresso del tester digitale.

Impedenza d'ingresso Considerando l'impedenza del tester si ottiene per la pendenza $\frac{1}{1+R_1(1/R_2+1/R_T)}$, dove si è indicato con R_T la resistenza interna del tester. Invertendo la formula e propagando l'errore si trova $R_T = 9.0 \pm 0.7 \text{ M}\Omega$.

2.3 Partitore di corrente

È stato realizzato il partitore di tensione illustrato nella scheda (al punto 2.e) con resistenze di valori: $R_1 = 217 \pm 3 \Omega$, $R_2 = 549 \pm 6 \Omega$ e $R_3 = 100.0 \pm 0.8 \text{ k}\Omega$. Si è proceduto a misurare l'intensità di corrente passante per le resistenze R_1 e R_2 e la tensione di alimentazione, per mezzo del multimetro digitale.

I risultati delle misure sono stati: una tensione $V = 19.74 \pm 0.12 \text{ V}$ e intensità di corrente $I_1 = 49 \pm 1 \mu\text{A}$ e $I_2 = 129 \pm 2 \mu\text{A}$.

Trattandosi di un partitore di corrente le correnti previste sono:

$$I_1 = \frac{V}{R_{tot}} \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_1 = \frac{V}{R_{tot}} \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

dove V/R_{tot} è la corrente totale. In questo caso $R_{tot} = R_3 + R_1//R_2$ (con $R_1//R_2$ indico il parallelo di R_1 e R_2) e con ottima approssimazione $I_{tot} = V/R_3$ poichè $R_3 \gg R_1//R_2 \sim 160 \Omega$. Perciò le correnti attese sono $I_1 = 54.9 \pm 1.6 \mu\text{A}$ e $I_2 = 139 \pm 4 \mu\text{A}$.

Conclusioni Le misure ottenute sono compatibili con i risultati attesi solo entro 2σ .

3 Uso dell'oscilloscopio

È stato realizzato nuovamente il circuito al punto 2.c della scheda e questa volta si è proceduto alle misure di tensione con l'oscilloscopio. In maniera simile al punto precedente possiamo determinare l'impedenza di ingresso dell'oscilloscopio.

Le resistenze in uso sono $R1 = 3.83 \pm 6 \text{ M}\Omega$ e $R1 = 3.95 \pm 6 \text{ M}\Omega$.

Le misure effettuate sono: $V_{in} = 19.6 \pm 0.6 \text{ V}$ e $V_{out} = 3.36 \pm 0.11 \text{ V}$, con errori calcolati a partire dalle specifiche del manuale. L'impedenza di ingresso dell'oscilloscopio determinata come prima è $R_T = 1.0 \pm 0.1 \text{ M}\Omega$, che è in perfetto accordo con l'impedenza indicata dal manuale di $1.00 \pm 0.02 \text{ M}\Omega$.

Nell'ambito di questa misura si è confrontato come richiesto le funzioni DC e AC dell'oscilloscopio, constatando come aspettato che in AC si legge un segnale che non si discosta dalla massa, mancando in questo segnale componenti armoniche.

4 Misure di frequenza, di tempo

Si è usato il generatore di forme d'onda per produrre le varie sinusoidi con le frequenze richieste e si è misurato le varie frequenze sia mediante il frequenzimetro dell'oscilloscopio, sia con i cursori. L'errore è stato valutato per il frequenzimetro come da manuale, mentre per la lettura con i cursori si è considerata come incertezza 0.1 DIV.

freq lettura	freq frequenzimetro kHz
0.992 ± 0.010	0.9911 ± 0.0001
9.92 ± 0.10	9.894 ± 0.001
98.4 ± 1.0	98.09 ± 0.01
985.6 ± 10	984.6 ± 0.1

Tabella 3: frequenze misurate all'oscilloscopio

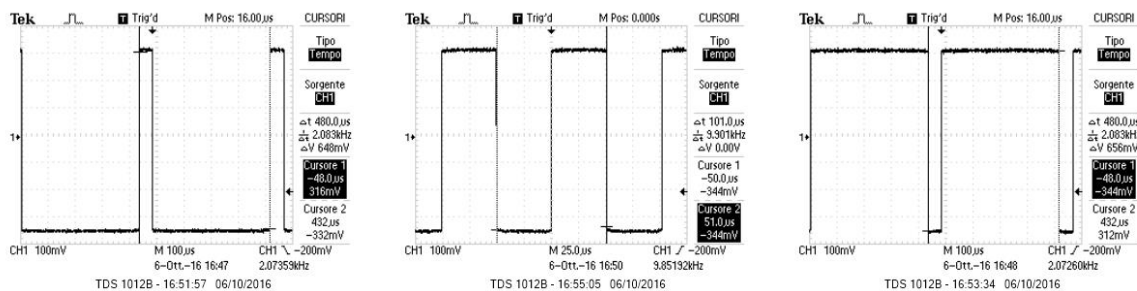


Figura 3: Duty cycle del 10%, 50% e 90% rispettivamente

5 Trigger dell'oscilloscopio

Si è osservato il segnale di pulse del generatore di forme d'onda, confrontandolo sia con un'onda quadra che con una sinusoide, entrambe prodotte dallo stesso generatore. La relazione fra il segnale di sincronizzazione e la portante dell'onda osservata è uno sfasamento di mezzo periodo, come appare evidente nel caso dell'onda quadra, e si verifica anche per la sinusoide identificando lo stato alto del pulse con il fronte di salita della sinusoide e il basso con la discesa.

I segnali osservati sono riportati in Figura??.

Si è dunque eseguita l'ultima parte dell'esercitazione, visualizzando un'onda quadra prodotta dal generatore a una frequenza di 900kHz. Così come si osserva dalle immagini è evidente che il tempo impiegato dai fronti di salita e discesa è non nullo, anche se al generatore è stata richiesta un'onda quadra. I valori misurati sono $t_{raise} = (64.0 \pm 0.9) \text{ ns}$ e $t_{fall} = (64.0 \pm 0.9) \text{ ns}$, cioè uguali entro l'errore, si deva figura. Figura?? Si è dunque eseguita l'ultima parte dell'esercitazione, visualizzando un'onda quadra prodotta dal generatore a una frequenza di $\sim 880 \text{ kHz}$. Così come si osserva dalla Figura?? è evidente che il tempo impiegato dai fronti di salita e discesa è non nullo, anche se al genratore è stata richiesta un'onda quadra. I valori misurati sono $t_{raise} = (64.0 \pm 0.9) \text{ ns}$ e $t_{fall} = (64.0 \pm 0.9) \text{ ns}$, cioè uguali entro l'errore. Per quanto riguarda invece i fenomeni di overshoot, undershoot essi si possono osservare qualitativamente dalla Figura??, ma alla frequenza scelta non sono ancora troppo marcati (rimangono piccoli rispetto all'ampiezza dell'onda quadra).

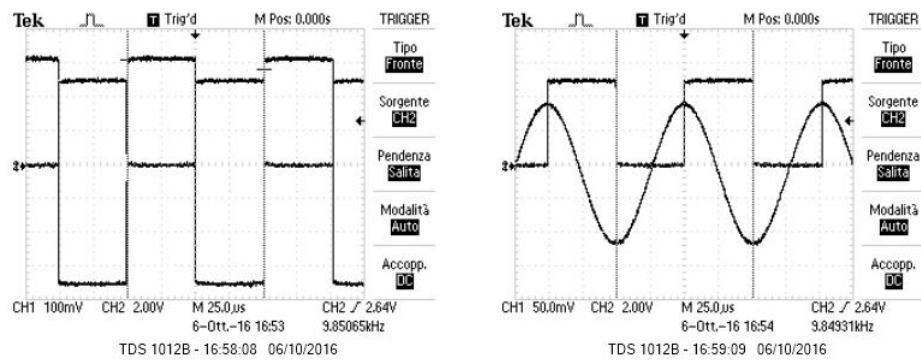


Figura 4: Segnale di pulse a confronto con un'onda quadra e una sinusoide

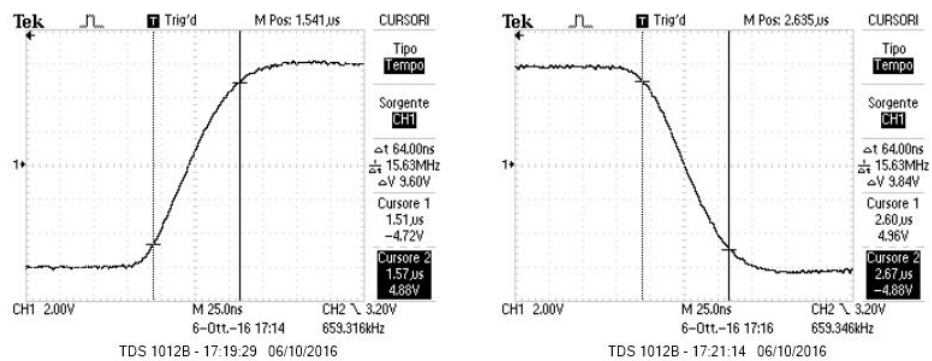


Figura 5: Misura del raise time e fall time