

# 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 (Figura 1) 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]
$0.1740 \pm 0.0010$	$0.0874 \pm 0.0005$
$1.071 \pm 0.006$	$0.535 \pm 0.004$
$1.992 \pm 0.011$	$0.998 \pm 0.006$
$3.190 \pm 0.026$	$1.604 \pm 0.009$
$3.96 \pm 0.03$	$1.991 \pm 0.011$
$5.15 \pm 0.04$	$2.580 \pm 0.023$
$6.10 \pm 0.04$	$3.050 \pm 0.025$
$7.13 \pm 0.05$	$3.570 \pm 0.028$
$8.07 \pm 0.05$	$4.04 \pm 0.03$
$9.11 \pm 0.06$	$4.56 \pm 0.03$
$10.17 \pm 0.06$	$5.09 \pm 0.04$

Tabella 1: Partitore di tensione, resistenza  $\sim 1k\Omega$

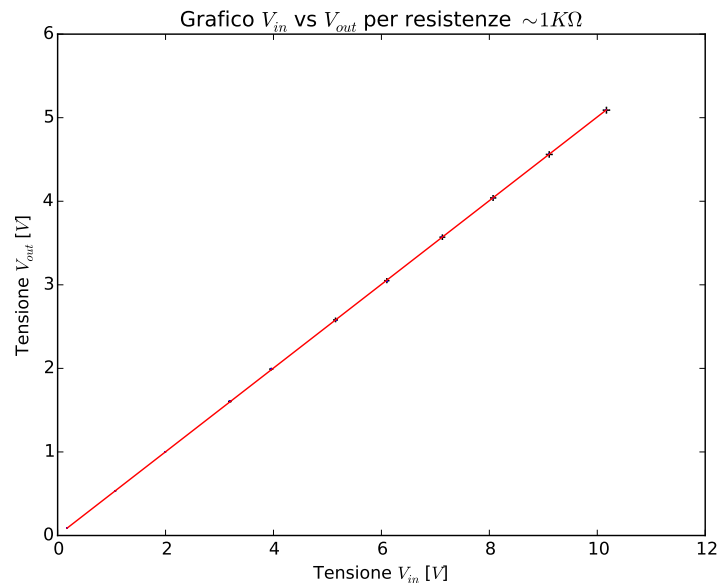


Figura 1: Partitore di tensione, resistenza  $\sim 1k\Omega$

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  $(0.2 \pm 0.8)mV$  dell'intercetta. Abbiamo ottenuto  $\chi^2/ndof = 1.16/9$ .

Il valore del  $\chi^2$  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 $\sim 4M\Omega$

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

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

Tabella 2: Partitore di tensione, resistenza  $\sim 4M\Omega$

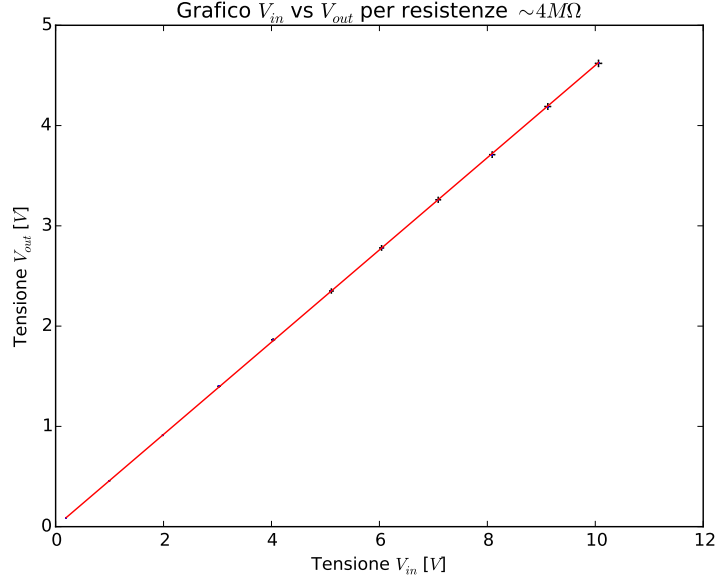


Figura 2: Partitore di tensione, resistenza  $\sim 4M\Omega$

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  $0.2 \pm 0.8mV$ . Si è ottenuto inoltre  $\chi^2/ndof = 1.94/9$ .

Perciò sia per quanto riguarda l'intercetta che il  $\chi^2$  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.

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  $R_T = 9.0 \pm 0.7M\Omega$ .

## 2.3 Partitore di corrente

È stato realizzato il partitore di tensione illustrato nella scheda (Figura 3) con resistenze di valori:  $R_1 = 217 \pm 3 \Omega$ ,  $R_2 = 549 \pm 6 \Omega$  e  $R_3 = 100.0 \pm 0.8 k\Omega$ . Si è proceduto alla misura di tensione di alimentazione e intensità di corrente passante per le resistenze  $R_1$  e  $R_2$  attraverso il multimetro digitale.

I risultati delle misure sono stati: una tensione  $V = 19.74 \pm 0.12 V$  e intensità di corrente  $I_1 = 49 \pm 1 \mu A$  e  $I_2 = 129 \pm 2 \mu A$ . Trattandosi di un partitore di corrente le correnti previste sono  $I_1 = V/R_{tot} * R_2/(R_1 + R_2)$  e  $I_2 = V/R_{tot} * R_1/(R_1 + R_2)$ , 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  $R_3 \gg R_1//R_2 \sim 160 \Omega$ .

Segue che le correnti attese sono  $I_1 = 54.9 \pm 1.6 \mu A$  e  $I_2 = 139 \pm 4 \mu A$ , risultati compatibili solo entro  $2\sigma$ . ??

## 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  $R_1 = 3.83 \pm 6 M\Omega$  e  $R_2 = 3.95 \pm 6 M\Omega$ .

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

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

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

Tabella 3: frequenze misurate all'oscilloscopio

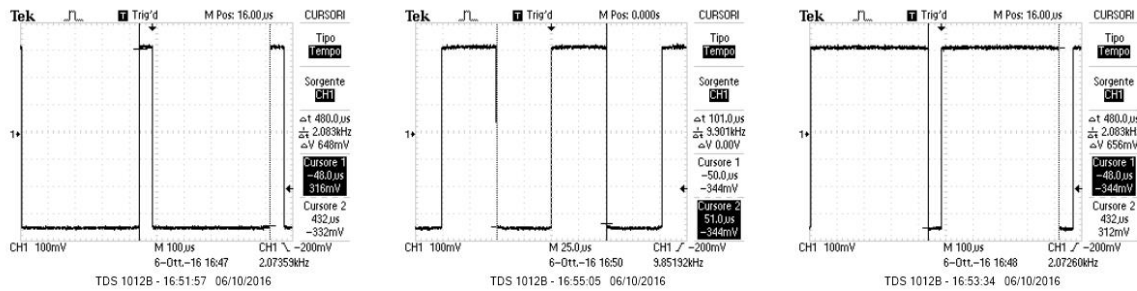


Figura 3: Duty cycle del 10%, 50% e 90% rispettivamente

## 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 Figura4.

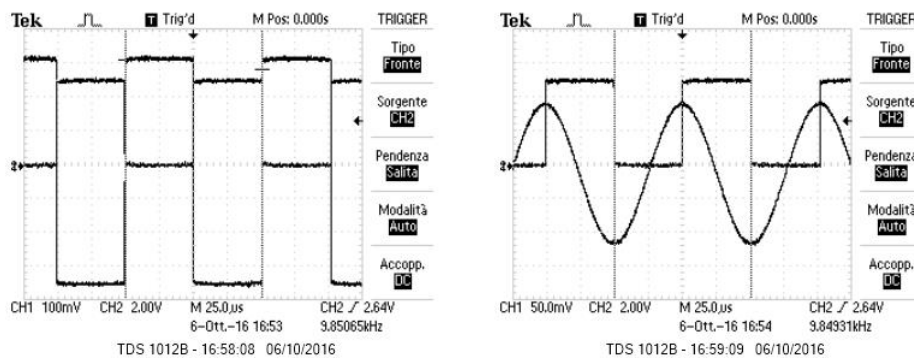


Figura 4: Segnale di pulse a confronto con un'onda quadra e una sinusoide

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. Figura5 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 Figura5 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 Figura5, ma alla frequenza scelta non sono ancora troppo marcati (rimangono piccoli rispetto all'ampiezza dell'onda quadra).

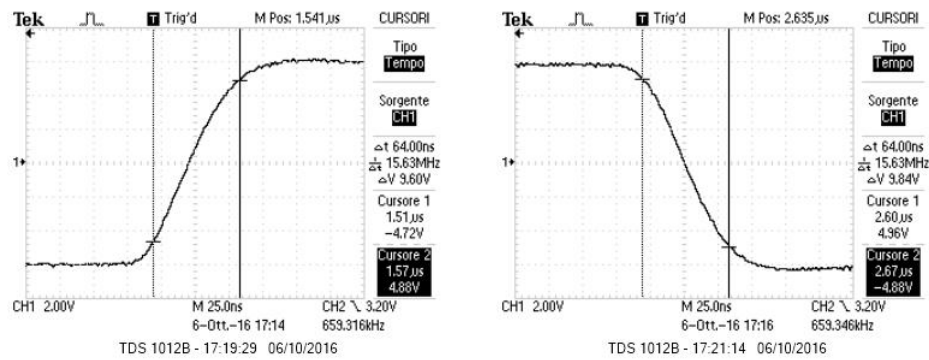


Figura 5: Misura del raise time e fall time

## 6 Conclusioni e commenti finali

Stronzate varie ed eventuali