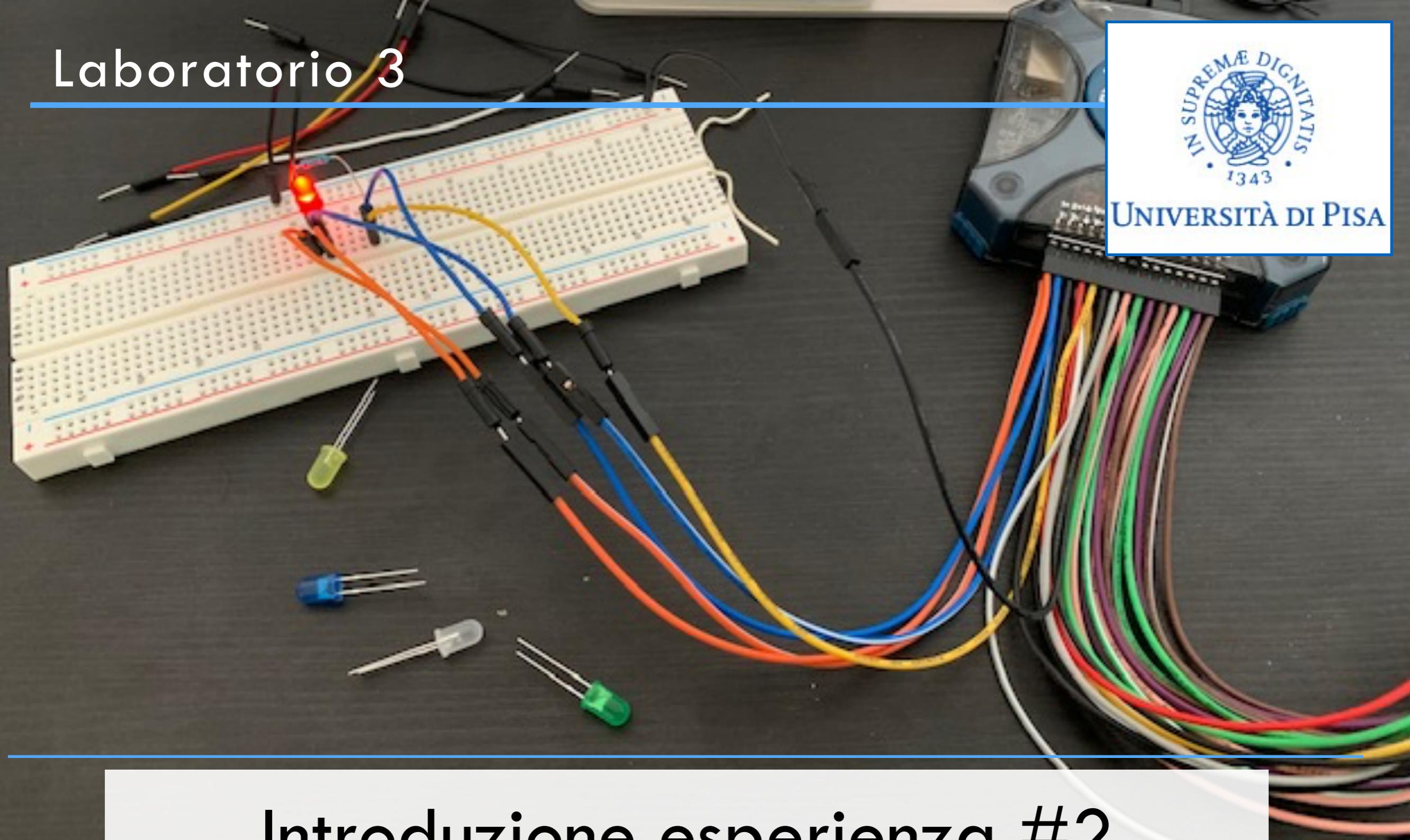


Laboratorio 3



UNIVERSITÀ DI PISA



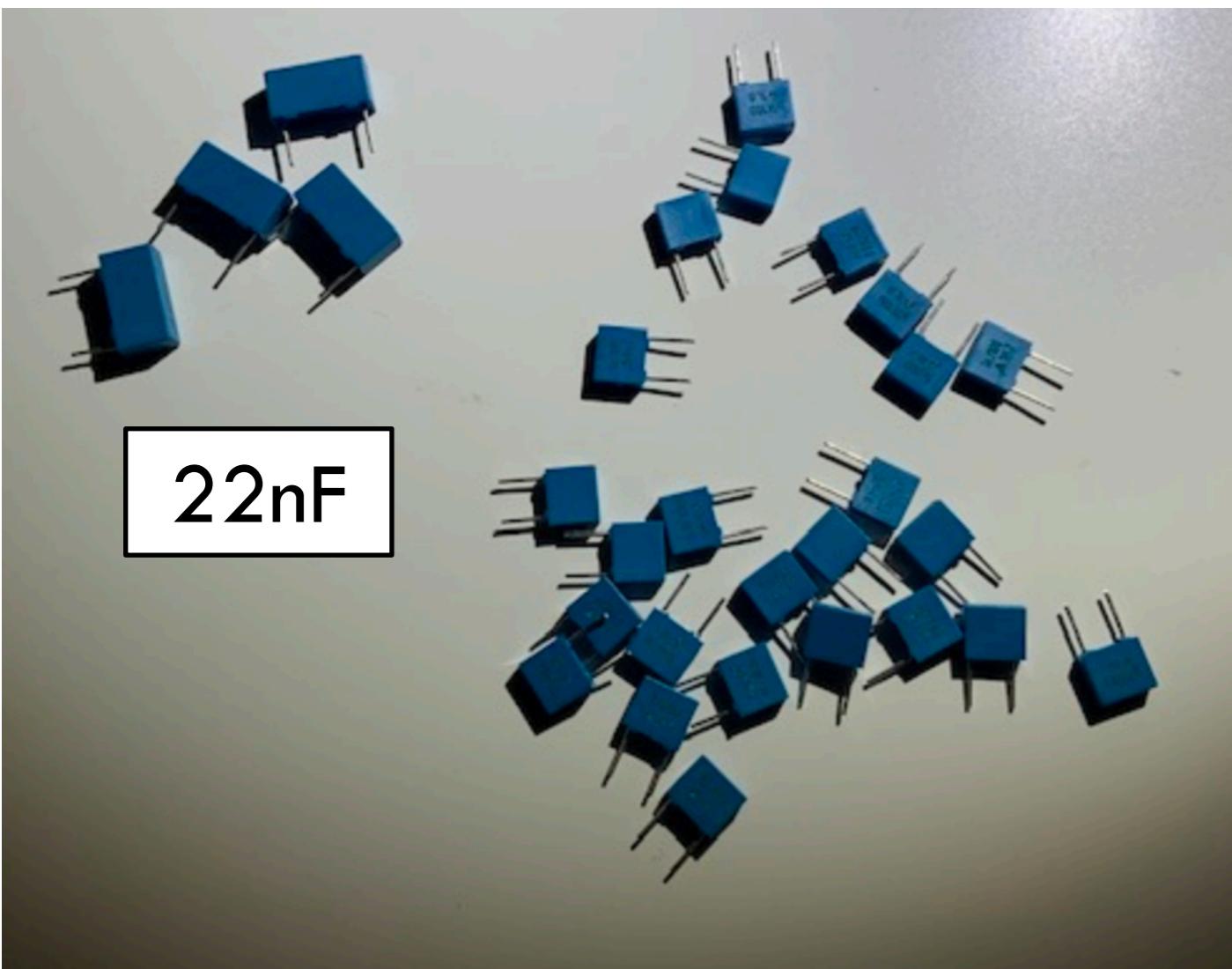
Introduzione esperienza #2

Anno Accademico 2023-2024
10/10/2023 - 12/10/2023

Obiettivo

- Montaggio di filtri passivi RC
 - passa-basso (uscita ai capi di C)
$$A_1(f) = (1 + jf/f_1)^{-1}$$
 - passa-alto (uscita ai capi di R)
$$A_2(f) = jf/f_2 / (1 + jf/f_2)$$
 - passa-banda (connessione in cascata dei due, con $R_1=R_2$)
$$A(f) = 1/[R_1/R_2 + (A_1 A_2)^{-1}] \approx \begin{cases} 1/2 & \text{per } f = \bar{f} = \sqrt{f_1 f_2} \\ A_1 A_2 & \text{per } f \ll \bar{f} (f \gg \bar{f}) \end{cases}$$
- Caratterizzazione di $A(f)$
 - plot di Bode
 - misura del guadagno di centro-banda e delle frequenze di taglio f_1, f_2, f_1', f_2'
 - confronto con i valori attesi

Condensatori nel kit



Lista componenti aggiuntivi kit laboratorio 3				
Quantità	Descrizione	Valore	Sigla	Note
5	capacità	1 nF	1nJ100	
5	capacità	10 nF	10nK250	
5	capacità	22 nF	22nK400	
5	capacità	47 nF	47nK63	
5	capacità	100 nF	μ1K100	
5	capacità	220 nF	μ22K63	
10	resistenza	20 KΩ		tolleranza 1%
10	resistenza	51 KΩ		tolleranza 1%
10	resistenza	200 KΩ		tolleranza 1%
2	trimmer	2 KΩ	p 202	solo avanzato
1 (2)	trimmer	10 KΩ	p 103	(avanzato)
2	trimmer	100 KΩ	p 104	
2	dip-switch			interruttore 4 bit
4	opamp		TL081CP	opamp singolo
2	opamp		TL082IP	opamp doppio
2	tran. Jfet		2N3819	solo avanzato
4	IC digitale	NAND	SN74LS00N	
2	IC digitale	NOT	SN74LS04N	
2	IC digitale	AND	SN74LS08N	
2	IC digitale	OR	SN74LS32N	
4	IC digitale	DLATCH	SN74LS74AN	
2	IC digitale	XOR	SN74LS86AN	
2	IC digitale	COUNTER	SN74LS163AN	

Condensatori – codice e misura

Tolerances of capacitors and their letter codes

E series	Tolerance			
	$C_R > 10 \text{ pF}$	Letter code	$C_R < 10 \text{ pF}$	Letter code
E96	1%	F	0.1 pF	B
E48	2%	G	0.25 pF	C
E24	5%	J	0.5 pF	D
E12	10%	K	1 pF	F
E6	20%	M	2 pF	G
E3	-20/+50%	S	-	-
	-20/+80%	Z	-	-

Usate il multmetro per verificare il valore di resistenze e condensatori.

Incertezze:

- per le resistenze 0.8% +n digit
- per i condensatori 4%+2 digit

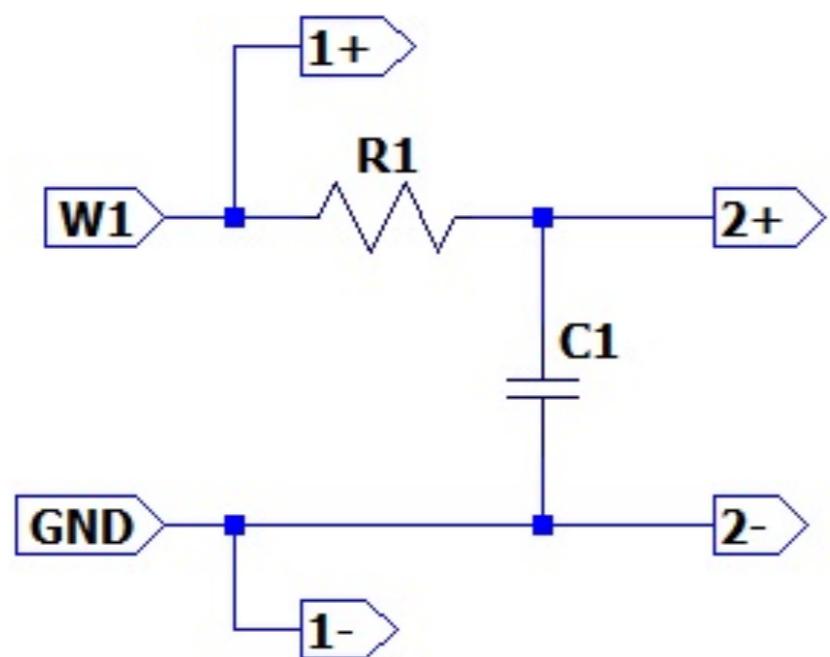
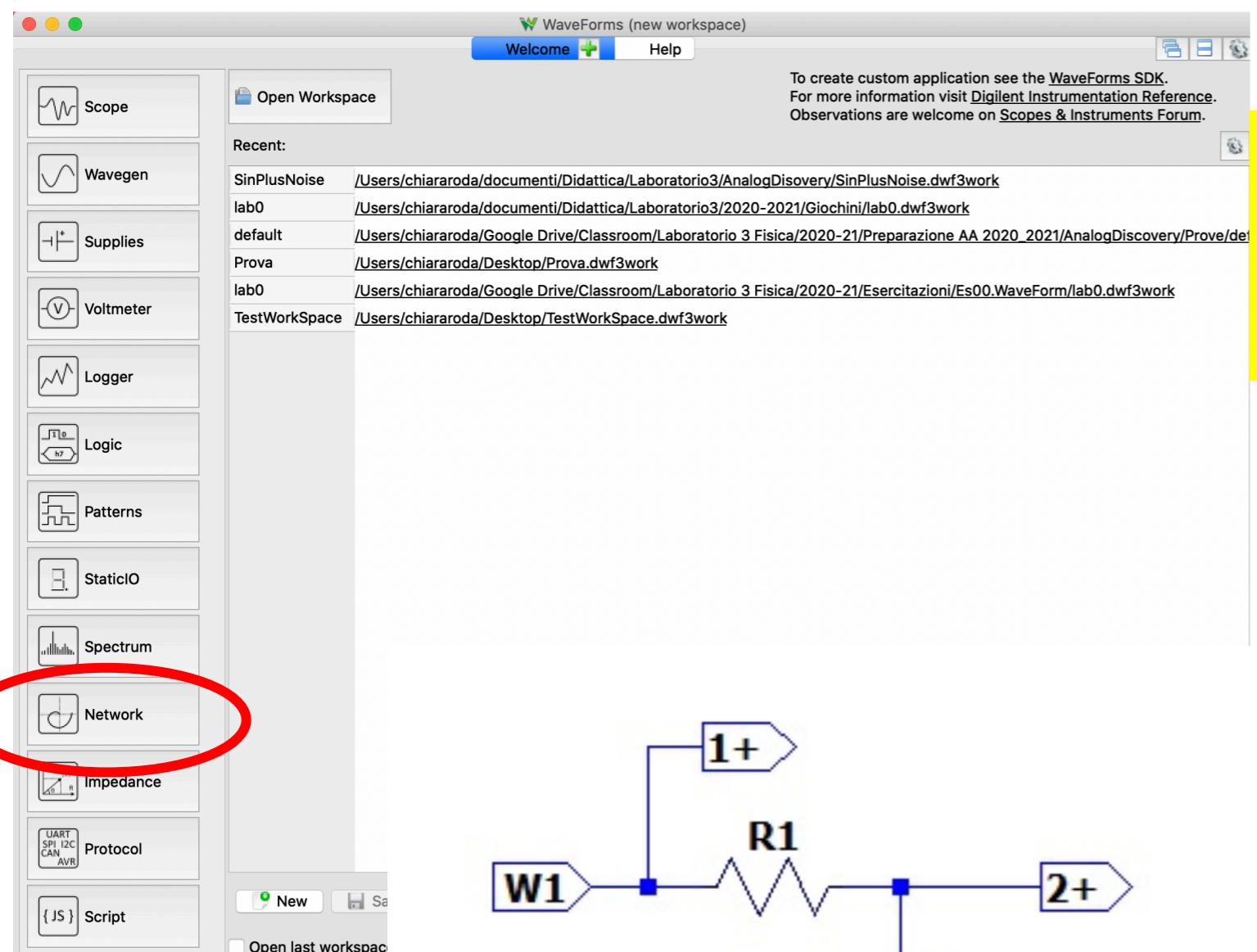
Esempi significato dei codici:

1nJ100 → 1nF ;
tolleranza +/-5% ;
massimo VDC 100V

μ22K63 → 0.22 μF ;
tolleranza +/- 10% ;
massimo VDC 63V

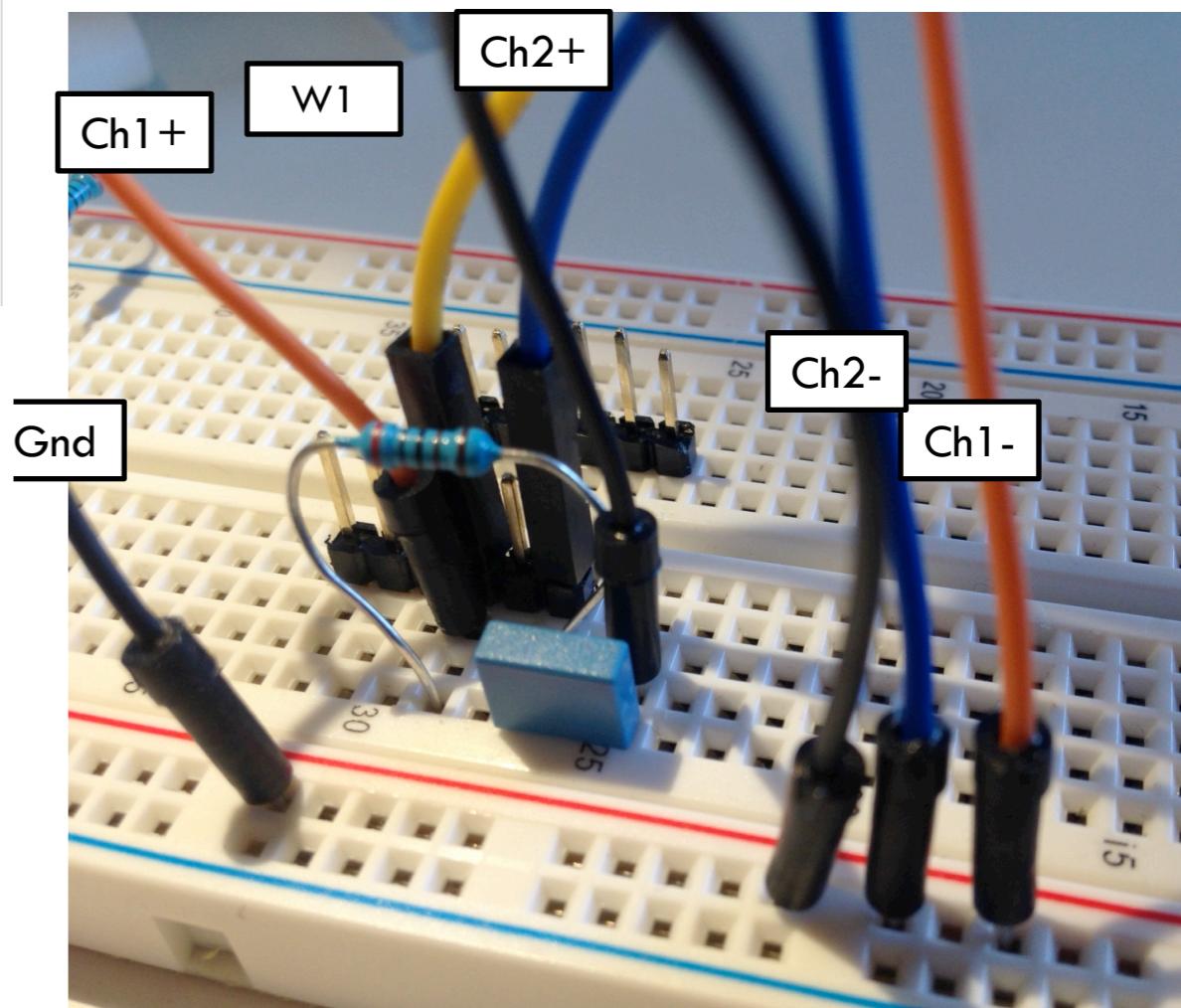


Utilizzo del network analyzer



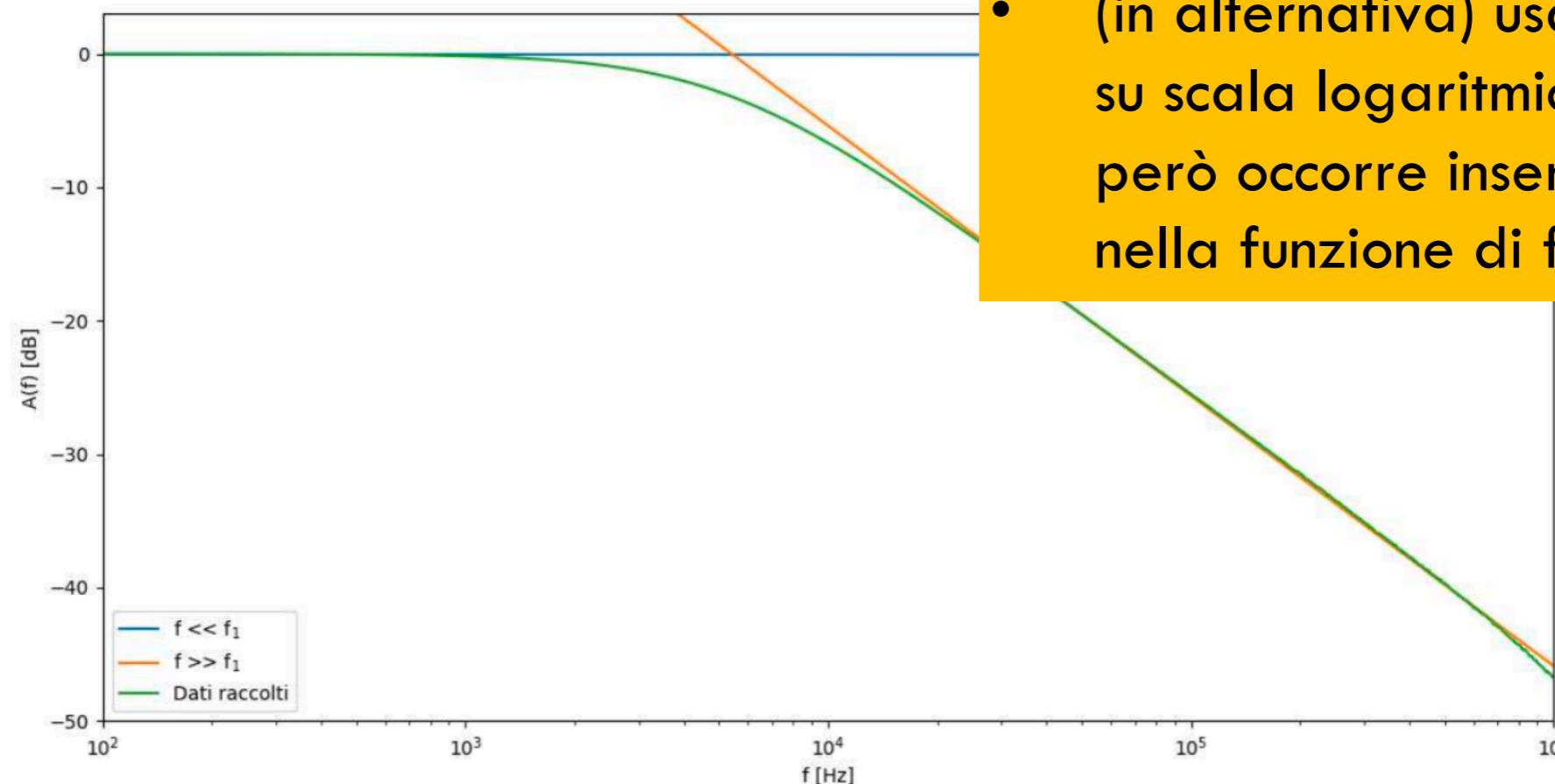
Esempio connessioni utilizzando:

- Ch1 per la misura dell'ingresso
(quindi in corto con i terminali di W1)
- Ch2 per l'uscita



Determinazione frequenze di taglio

- $A_{dB}(f_1) = -3\text{dB}$
- intersezione delle rette di best-fit degli asintoti nel plot di Bode in ampiezza ($f \ll f_1$, $f \gg f_1$)



ATTENZIONE!!!

Il network Analyzer vi restituisce una scala in frequenza. È vostra scelta:

- calcolare $\log_{10}(f)$ e riportarlo in ascissa su scala lineare;
- (in alternativa) usare f in ascissa su scala logaritmica (in tal caso però occorre inserire $\log_{10}(x)$ nella funzione di fit)

- (per l'avanzato, facoltativo per il base) interpolazione sull'intero intervallo

Propagazione degli errori su AdB

$$A_v \rightarrow AdB \equiv 20 \log_{10} A_v = 20 \log_{10} \frac{v_{out}}{v_s} \Leftrightarrow A_v = 10^{\frac{AdB}{20}}$$

$$\Rightarrow \sigma(AdB) = 20 \left| \frac{d \log_{10} A_v}{d A_v} \right| \sigma(A_v) = \\ = 20 \log_{10} e \left| \frac{d \ln A_v}{d A_v} \right| \sigma(A_v) = 8.7 \frac{\sigma(A_v)}{A_v}$$

laddove $\frac{\sigma(A_v)}{A_v} = \frac{\sigma(v_s)}{v_s} \oplus \frac{\sigma(v_{out})}{v_{out}}$

Ad esempio:

- **errore (sistematico) globale** \leftarrow calibrazione relativa Ch1 / Ch2
 $\sigma(v)/v = 0.5\% \Rightarrow \sigma(A_v)/A_v = 0.7\% \Rightarrow \sigma(AdB) = 0.06$
- **errore (casuale)** \leftarrow risoluzione ADC (0.3mV @ 0.5V/div)

$$\frac{\sigma(A_v)}{A_v} = \sqrt{\frac{\sigma^2(v_s)}{v_s^2} + \frac{\sigma^2(v_{out})}{v_{out}^2}} = \frac{\sigma(v)}{v_s} \sqrt{1 + \frac{1}{A_v^2}} = \frac{\sigma(v)}{v_s} \sqrt{1 + 10^{-\frac{AdB}{10}}}$$

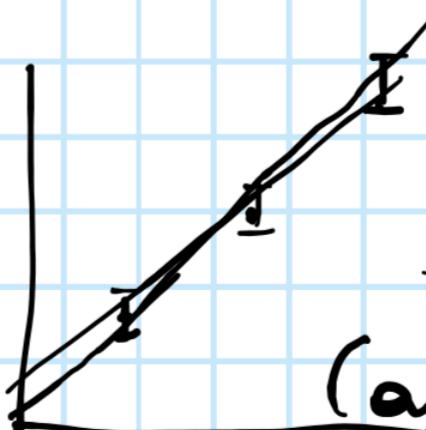
Determinazione del taglio da intersezione

$$\begin{cases} y = c \\ y = ax + b \end{cases}$$

$$y = 20 \log_{10} f_{av}$$

$$x = \log_{10} f$$

$$\Rightarrow ax + b = c \Rightarrow \bar{x} = \frac{c - b}{a}$$



a, b
tipicamente
(anti)-Correlati

$$\sigma_x = \sqrt{\left(\frac{\partial x}{\partial a}\right)^2 \sigma_a^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial b}\right)^2 \sigma_b^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial c}\right)^2 \sigma_c^2 + 2 \left(\frac{\partial x}{\partial a}\right) \left(\frac{\partial x}{\partial b}\right) \sigma_{ab}}$$

$$\frac{(c-b)^2}{a^4} \quad \frac{1}{a^2} \quad \frac{1}{a^2} \quad -\frac{c-b}{a^2} \quad -\frac{1}{a}$$

Covarianza
 $= \rho \sigma_a \sigma_b < 0$

Per il passa-basso RC $c \approx 0$

$$\Rightarrow \sigma_x = \sqrt{\frac{1}{a^2} \left(\frac{b^2}{a^2} \sigma_a^2 + \sigma_b^2 + \sigma_c^2 - 2 \frac{b}{a} \sigma_{ab} \right)}$$

$$\Rightarrow \bar{f} = 10^{\bar{x}}, \quad \sigma_f = \frac{df}{dx} \sigma_x = 10^{\bar{x}} \ln 10 \sigma_x$$

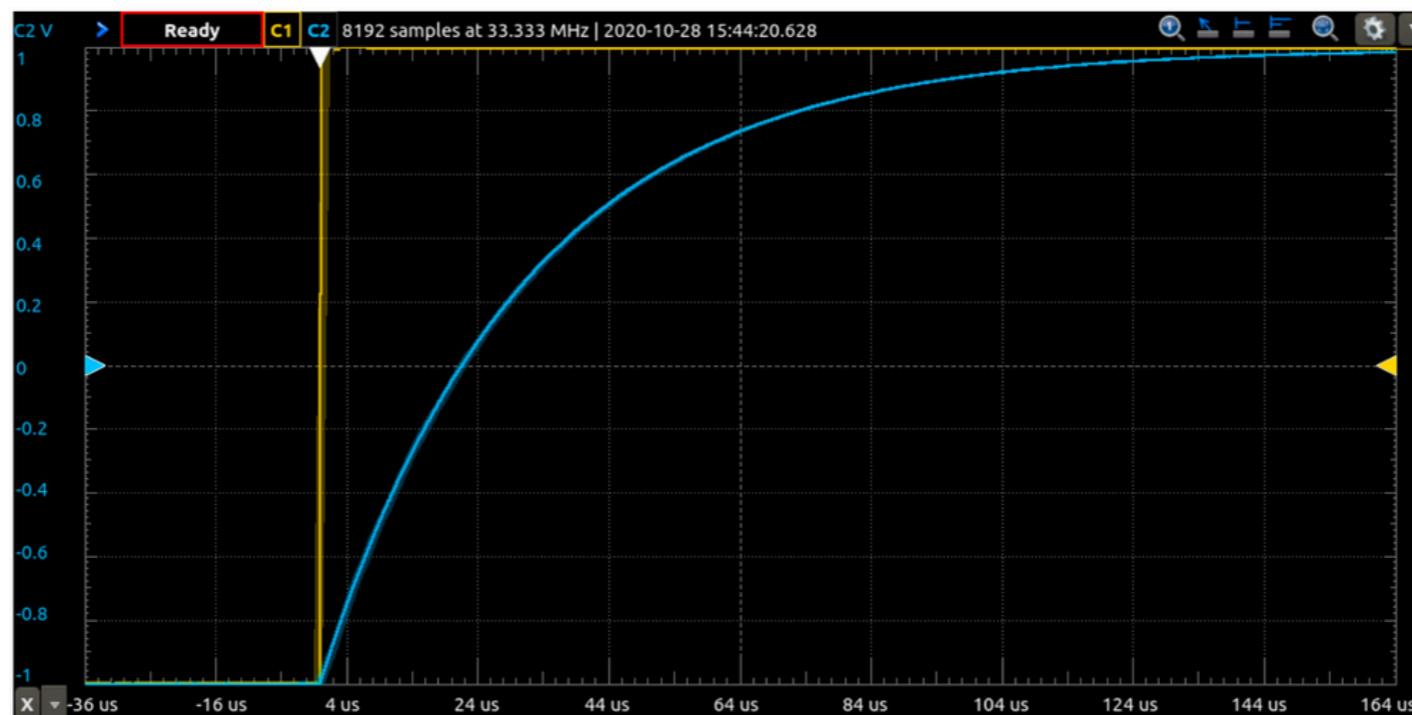
in una sottocartella
potete trovare un
esempio di script

Risposta temporale

- risposta ad un gradino di tensione (ovvero ad un'onda quadra di periodo $T \gg \tau_1 = 1/\omega_1$)
- misura del tempo di salita (con i cursori e/o automatica)

$$v_{out}(t) = V_0(1 - e^{-t/\tau})\theta(t)$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 1 - e^{-t_1/\tau} = 0.1 \\ 1 - e^{-t_2/\tau} = 0.9 \end{cases} \Rightarrow t_r \equiv t_2 - t_1 = \tau \ln 9 = 2.2\tau = \frac{2.2}{2\pi f_1}$$



Buon lavoro !