



**Elettronica Applicata**  
**a.a. 2015/2016**  
**Esercitazione N°2**

**Misura della banda  
passante di un filtro  
RC-CR**

Prof. Ing. Elena Biagi  
Sig. Marco Calzolari  
Sig. Andrea Giombetti Piergentili  
Ing. Simona Granchi  
Ing. Enrico Vannacci

[www.uscndlab.dinfo.unifi.it](http://www.uscndlab.dinfo.unifi.it)



# Dalla lezione precedente

Generatore di  
funzioni



$$Z_{out} = 50\Omega$$

$$V_{max} = 42V$$

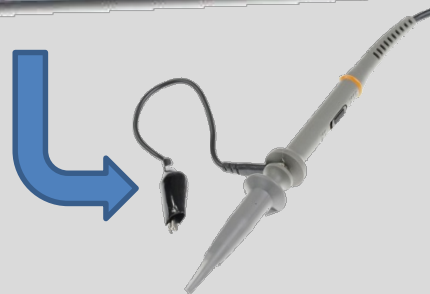
$$f_{max} = 15MHz$$

Oscilloscopio  
&  
Sonda  
compensata



$$R_{osc} = 1M\Omega$$

$$C_{osc} = 13pF$$



$$Z_{in} = 10M\Omega$$

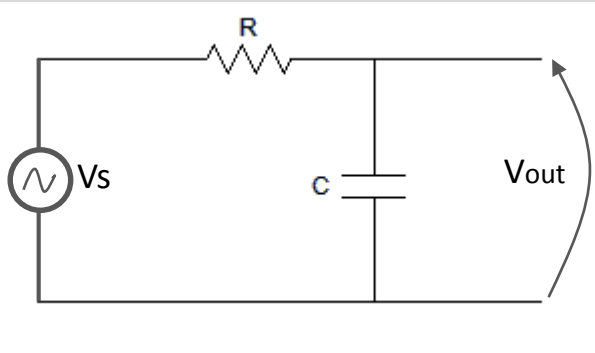
Oscilloscopio e sonda



# Scopo dell'esercitazione

## Richiami Teorici

### FILTRO PASSA BASSO R-C

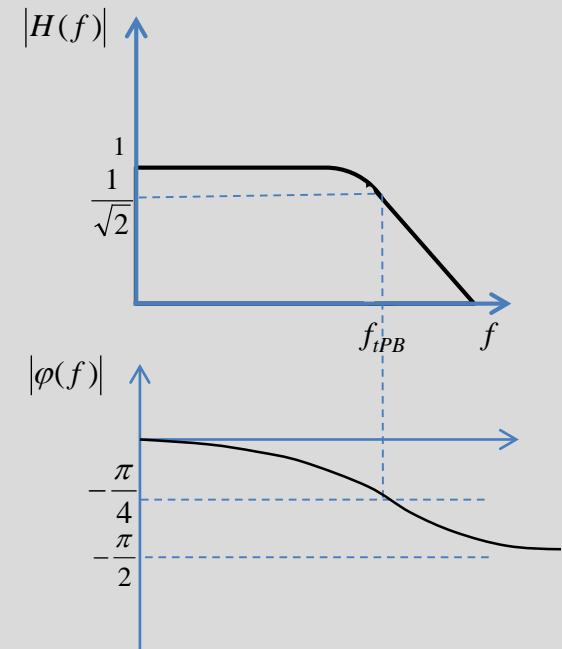


Funzione di trasferimento:

$$H(j\omega) = \frac{1}{\frac{1}{j\omega C} + R} = \frac{1}{RC(j\omega + \frac{1}{RC})}$$

In modulo e fase:

$$H(j\omega) = |H(j\omega)|e^{j\varphi(\omega)}$$



Dove:

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{RC\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{RC}\right)^2}}$$

$$\varphi(\omega) = \text{arctg}(-\omega RC)$$

Supponiamo unitario il valore massimo del modulo di  $H(j\omega)$ , si definisce pulsazione di taglio, quella pulsazione tale che:

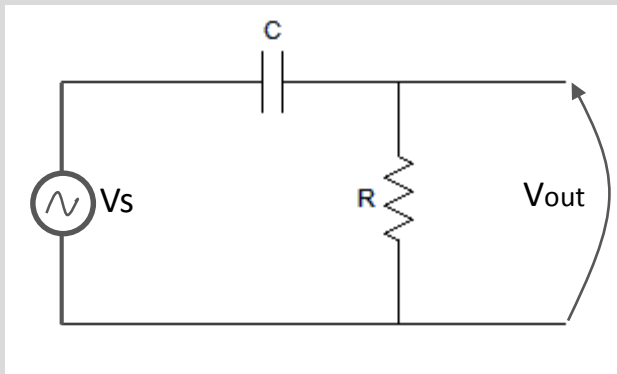
$$|H(j\omega_{tPB})| = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{1}{RC\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{RC}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \omega_{tPB} = \frac{1}{RC} \Rightarrow f_{tPB} = \frac{1}{2\pi RC}$$



# Scopo dell'esercitazione

## Richiami Teorici

### FILTRO PASSA ALTO C-R

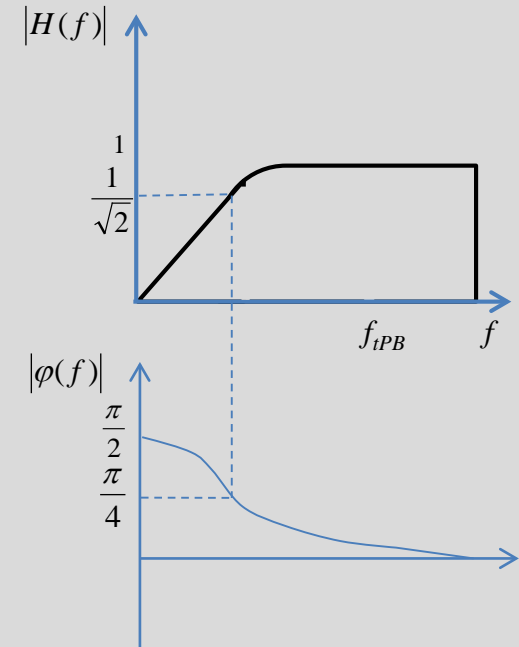


Funzione di trasferimento:

$$H(j\omega) = \frac{R}{\frac{1}{j\omega C} + R} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

In modulo e fase:

$$H(j\omega) = |H(j\omega)|e^{j\varphi(\omega)}$$



Dove:

$$|H(j\omega)| = \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{RC}\right)^2}}$$

$$\varphi(\omega) = \text{arctg}\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$$

Supponiamo unitario il valore massimo del modulo di  $H(j\omega)$ , si definisce pulsazione di taglio, quella pulsazione tale che:

$$|H(j\omega_{tPA})| = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{RC}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \omega_{tPA} = \frac{1}{RC} \Rightarrow f_{tPA} = \frac{1}{2\pi RC}$$



# Scopo dell'esercitazione

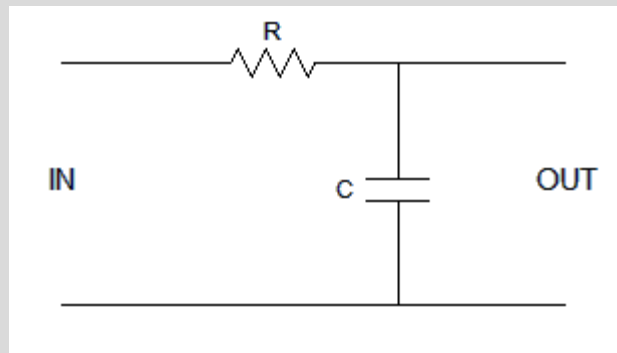
## Prima parte

**Realizzare un filtro passivo passabanda con le seguenti specifiche:**

Tipo = Cascata RC-CR

Freq. Taglio inferiore = **1.6 kHz**

Freq. Taglio superiore = **72 kHz**



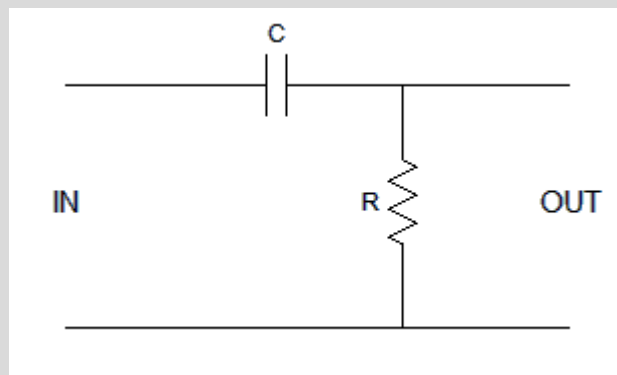
**PASSA BASSO, sezione di ingresso**

**$R \gg 50\Omega$**

$$f_{tPB} = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$R = 10k\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f R} = \frac{1}{2\pi 72 \cdot 10^3 \cdot 10^4} \cong 220 pF$$



**PASSA ALTO, sezione di uscita**

**$R \ll 10M\Omega$**

$$f_{tPA} = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$R = 100k\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f R} = \frac{1}{2\pi 1.6 \cdot 10^3 \cdot 10^5} \cong 1nF$$



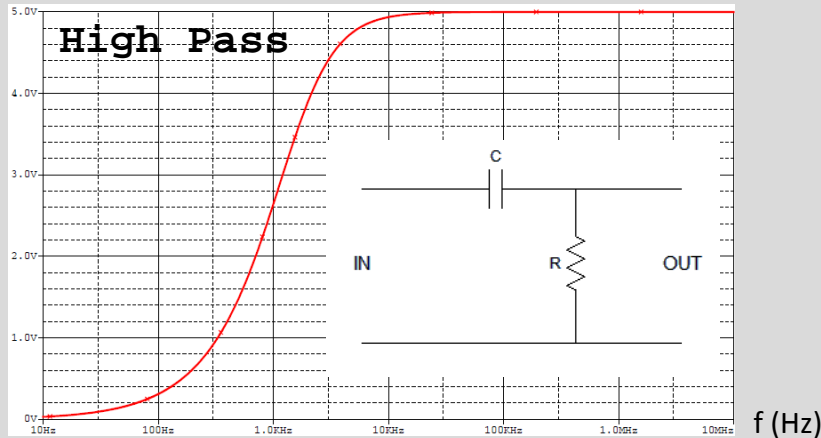
# Scopo dell'esercitazione

## Prima parte

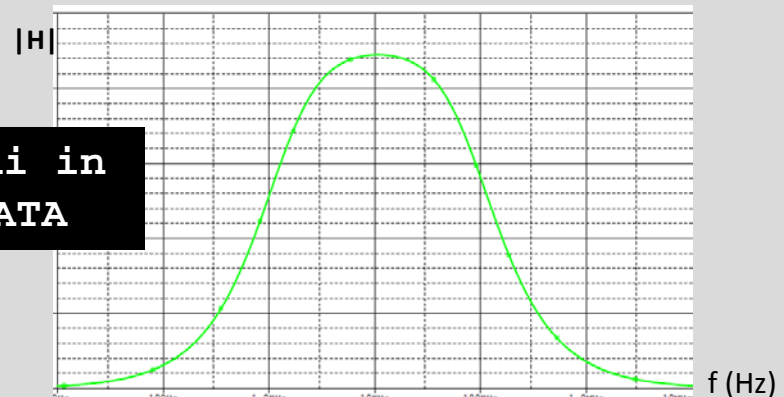
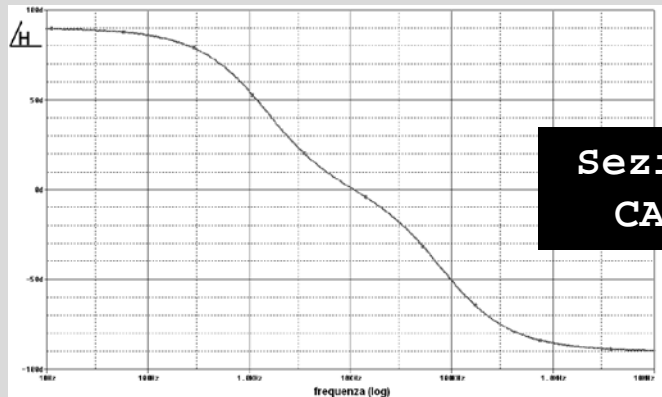
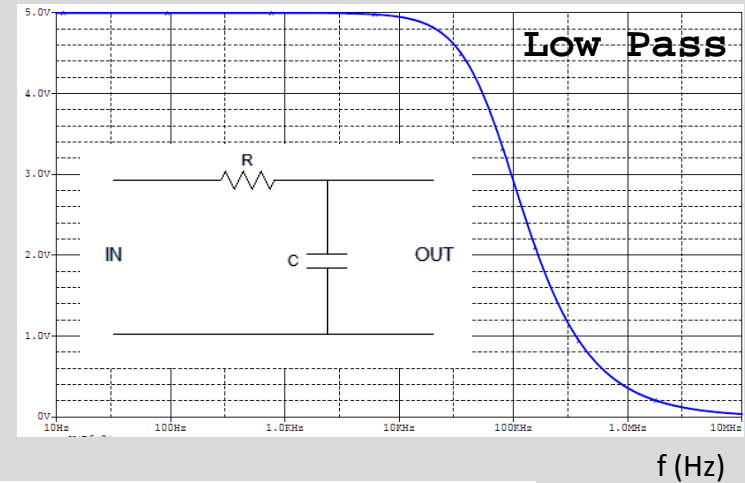
Per mettere in cascata due filtri senza modificare le caratteristiche di ognuno è necessario che i poli delle due sezioni siano

**NON INTERAGENTI**

$V_{out}$  [V]



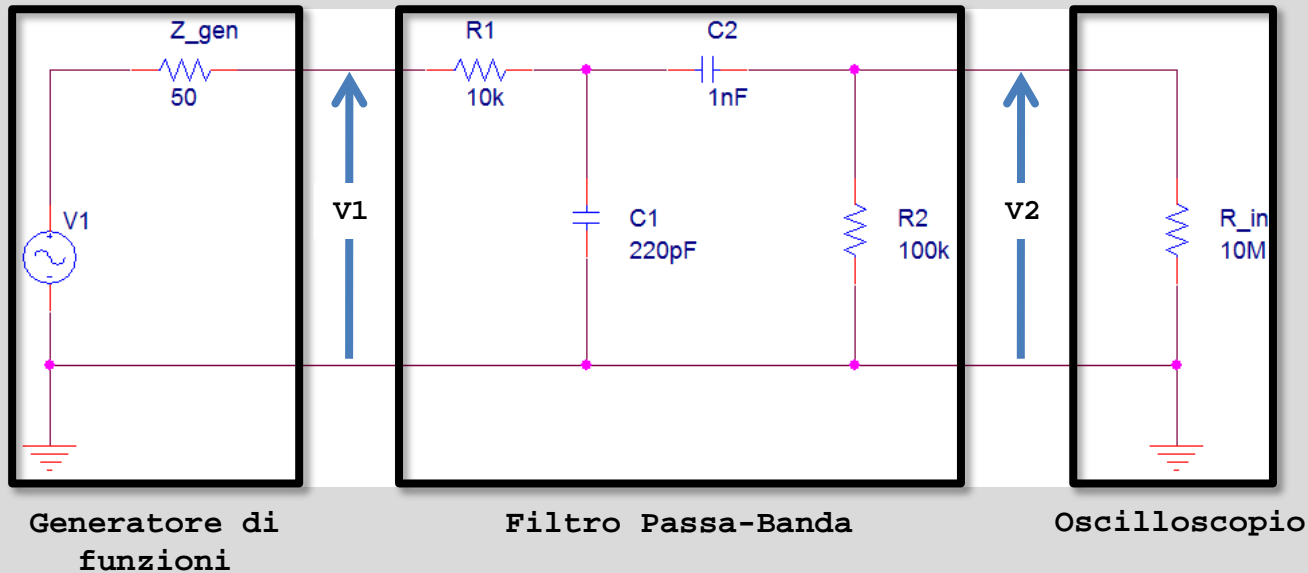
$V_{out}$  [V]



**Sezioni in  
CASCATA**



# Schema Circuitale



$R1 = 10\text{k}\Omega$  0.25W 5%

$R2 = 100\text{k}\Omega$  0.25W 5%

$C1 = 220\text{pF}$  Ceramico

$C2 = 1\text{nF}$  Ceramico

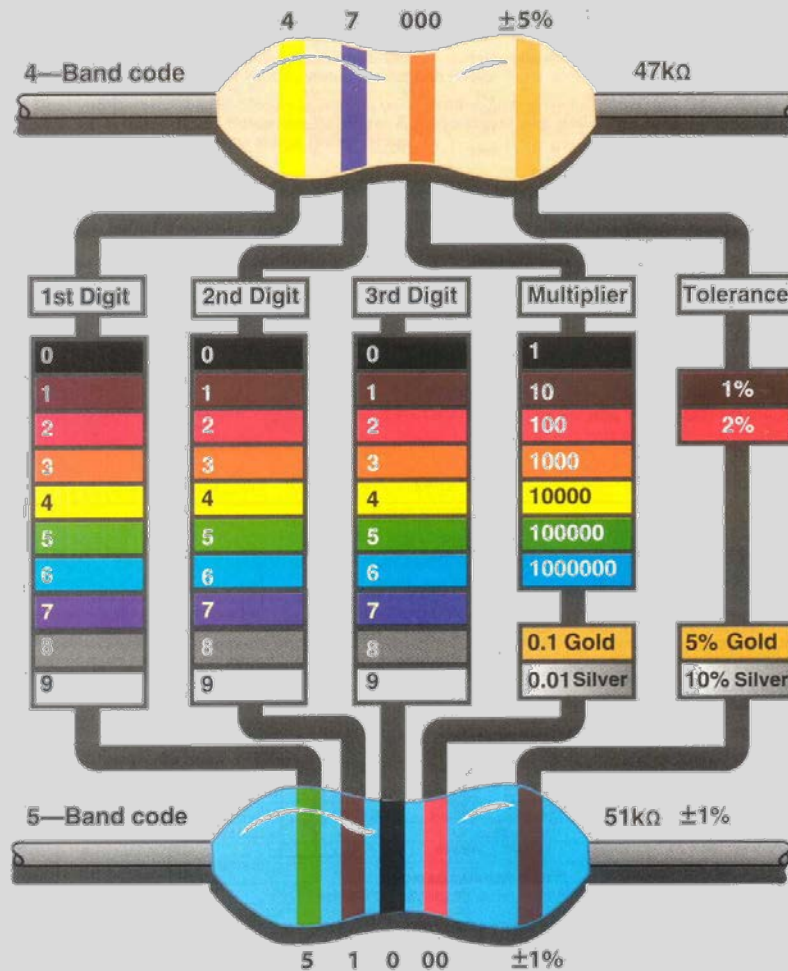
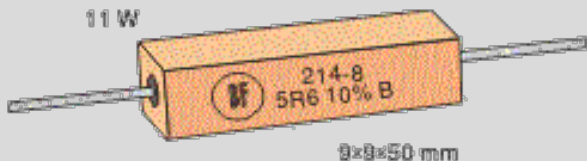
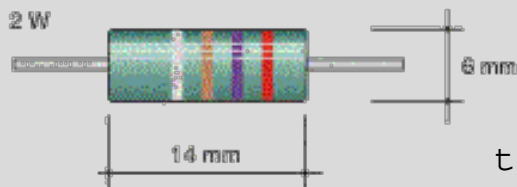
→ Come si riconoscono i componenti?



# I codici dei componenti

## Resistenze

Le resistenze elettriche nella loro forma più comune sono caratterizzate da bande colorate che ne indicano il valore espresso in Ohm ( $\Omega$ ), la loro tolleranza e, qual'ora si tratti di resistenze di precisione, il coefficiente di temperatura espresso in parti per milione per grado Kelvin ( $\text{ppm}/\text{K}$ ).





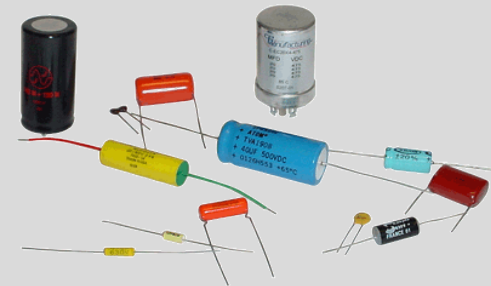


# I codici dei componenti

## Condensatori

### SIGLE riportate sui CONDENSATORI

Picofarad	A	B	C	D	Picofarad	A	B	C	D
0,5	0.5	p5			1.000	102	1n	.001	
1,0	1	1p0			1.200	122	1n2	.0012	
1,2	1.2	1p2			1.500	152	1n5	.0015	
1,5	1.5	1p5			1.800	182	1n8	.0018	
1,8	1.8	1p8			2.200	222	2n2	.0022	
2,2	2.2	2p2			2.700	272	2n7	.0027	
2,7	2.7	2p7			3.300	332	3n3	.0033	
3,3	3.3	3p3			3.900	392	3n9	.0039	
3,9	3.9	3p9			4.700	472	4n7	.0047	
4,7	4.7	4p7			5.600	562	5n6	.0056	
5,6	5.6	5p6			6.800	682	6n8	.0068	
6,8	6.8	6p8			8.200	822	8n2	.0082	
8,2	8.2	8p2			10.000	103	10n	.01	u01
10	10	10			12.000	123	12n	.012	u012
12	12	12			15.000	153	15n	.015	u015
15	15	15			18.000	183	18n	.018	u018
18	18	18			22.000	223	22n	.022	u022
22	22	22			27.000	273	27n	.027	u027
27	27	27			33.000	333	33n	.033	u033
33	33	33			39.000	393	39n	.039	u039
39	39	39			47.000	473	47n	.047	u047
47	47	47			56.000	563	56n	.056	u056
56	56	56			68.000	683	68n	.068	u068
68	68	68			82.000	823	82n	.082	u082
82	82	82			100.000	104	100n	.1	u1
100	101	n10			120.000	124	120n	.12	u12
120	121	n12			150.000	154	150n	.15	u15
150	151	n15			180.000	184	180n	.18	u18
180	181	n18			220.000	224	220n	.22	u22
220	221	n22			270.000	274	270n	.27	u27
270	271	n27			330.000	334	330n	.33	u33
330	331	n33			390.000	394	390n	.39	u39
390	391	n39			470.000	474	470n	.47	u47
470	471	n47			560.000	564	560n	.56	u56
560	561	n56			680.000	684	680n	.68	u68
680	681	n68			820.000	824	820n	.82	u82
820	821	n82			1 microF	105	1	1	1u



Il condensatore è un dispositivo il cui valore è strettamente legato alla dimensione fisica.

Esclusi i condensatori elettrolitici dove sul corpo è stampato il valore effettivo, in quelli più piccoli il valore è espresso tramite un codice numerico (GIAPPONE) od un codice alfanumerico (EUROPA).

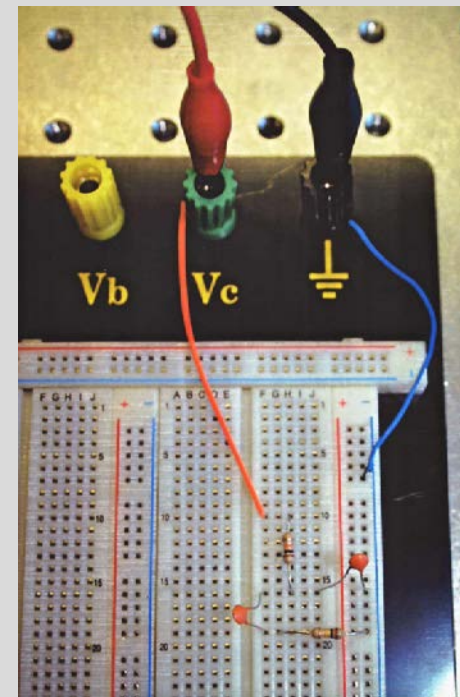
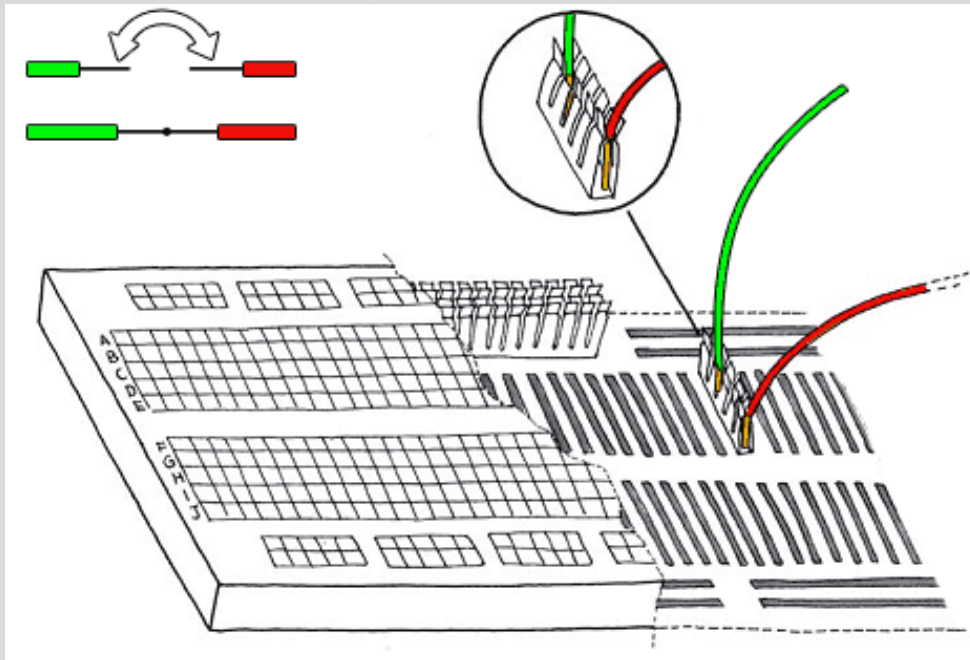
Nel codice Giapponese le prime due cifre rappresentano il valore e la terza il moltiplicatore

Nel codice Europeo la lettera rappresenta l'unità di misura che viene posizionata al posto del punto decimale.



# Montaggio su protoboard

*La PROTOBOARD è un supporto che permette di realizzare circuiti prototipali senza l'uso di saldature. Le connessioni sono già implementate all'interno ed è possibile connettere due fili o componenti allo stesso nodo inserendoli nella stessa riga.*





# Montaggio su protoboard

1

*La Protoboard si trova nell'armadio a vetri in fondo al laboratorio in una scatola NUMERATA come il VOSTRO BANCO. Portate la scatola alla postazione.*

2

*I componenti si trovano in una scatoletta sul tavolo all'ingresso NUMERATA come il VOSTRO BANCO. Portate la scatoletta alla postazione*

3

*Identificare i componenti secondo le tabelle delle precedenti slide e montarli secondo lo schematico.*

4

*Ricontrollare lo schematico prima di accendere è una buona prassi per semplificarsi la vita dopo!*



# Scopo dell'esercitazione

Seconda parte

**Misurare l'effettiva banda passante attraverso  
uno sweep in frequenza**



Conoscere ampiezza e fase del segnale di uscita per ogni frequenza, ovvero la funzione di trasferimento del circuito

Posizionare una sonda all'ingresso del circuito ed una all'uscita

Impostare il generatore di funzioni su SINUSOIDE con ampiezza  $5V_{pp}$  e frequenza 10kHz

**Controllare che le sonde con lo switch siano impostate su 10x o 1:10 e prima di iniziare COMPENSARE LA SONDA**



# Scopo dell'esercitazione

## Seconda parte

*Misurare l'effettiva banda passante attraverso uno sweep in frequenza*

### CENTROBANDA

Variare la frequenza del generatore di onda sinusoidale impostando un'ampiezza picco-picco sul display pari a **5 V** (corrispondente a  $V_1=10$  V, essendo il carico  $\gg$  di  $Z_{gen}=50\Omega$ ), fino a trovare la massima ampiezza del segnale di uscita  $V_{2max}$ . Tale frequenza è detta di centro banda e corrisponde a 0dB. Misurare lo sfasamento tra  $V_2$  e  $V_1$ .

### FREQUENZE DI TAGLIO

Variare la frequenza in basso ed in alto rispetto al valore di centro banda fino a trovare un valore della tensione di uscita pari a  $(1/\sqrt{2}) * V_{2max}$ . Misurare lo sfasamento per entrambe le frequenze.

Calcolare la banda come:

$$B_{-3dB} = f_{max_{-3dB}} - f_{min_{-3dB}}$$

**La frequenza di taglio è quella frequenza alla quale l'ampiezza del segnale è ridotta di un fattore pari a 0.707 ovvero -3dB**



# Scopo dell'esercitazione

## Seconda parte

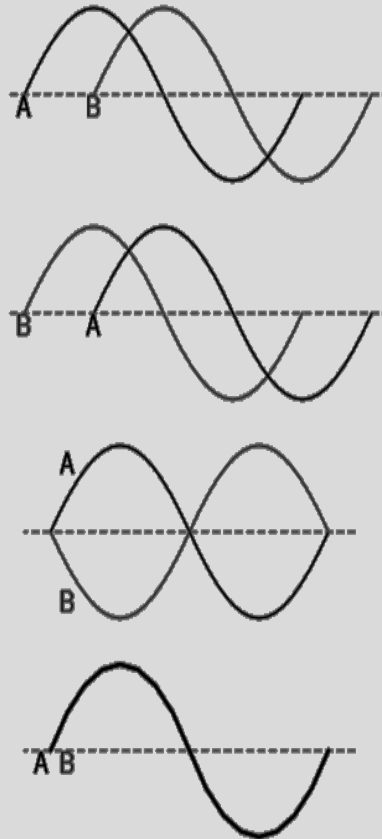
*Come si vede la differenza di fase su un oscilloscopio?*

### Confronto temporale

Visualizzando due tracce sull'oscilloscopio nel dominio temporale è possibile risalire allo sfasamento andando a misurare la distanza temporale tra gli attraversamenti dello zero (ovvero la distanza tra le creste). Infatti:

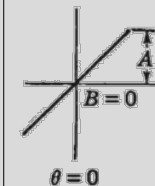
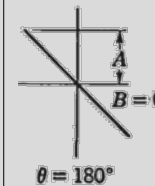
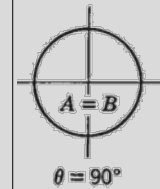
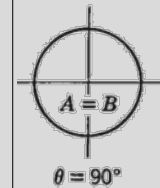
$$t_A - t_B = \Delta T$$

$$\Delta \varphi = \frac{2\pi \cdot \Delta T}{T} [\text{rad}]$$



### Figure di Lissajous

[LEE-sa-zhoo]



Passando dalla visualizzazione temporale a quella XY i due canali dell'oscilloscopio sono utilizzati uno per descrivere la funzione sull'asse X ed uno sull'asse Y. La forma ottenuta è strettamente legata alla fase ed al rapporto tra le frequenze.



# Scopo dell'esercitazione

## Seconda parte

*Esempi di figure di Lissajous per varie differenze di fase e Ampiezze*

$\varphi$ $f_x / f_y$	$0^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$135^\circ$	$180^\circ$
$\frac{f_x}{f_y} = \frac{1}{1}$					
$\frac{f_x}{f_y} = \frac{1}{2}$					
$\frac{f_x}{f_y} = \frac{1}{3}$					
$\frac{f_x}{f_y} = \frac{2}{3}$					

L'oscilloscopio digitale  
permette di  
effettuare misure  
automatiche di  
**AMPIEZZA**  
**FREQUENZA**  
**PERIODO**  
**FASE**

Per eseguire tali  
misure devono essere  
visualizzati più cicli  
usando più dinamica  
possibile



# Scopo dell'esercitazione

## Seconda parte

*Tracciare i grafici di modulo e fase*

Una volta trovata la banda del filtro sulla base delle frequenze di taglio è possibile eseguire le misure di ampiezza per il segnale di uscita e per il segnale di ingresso e contestualmente eseguire la misura di sfasamento.

**ANNOTARE** i risultati in una tabella ed iniziare a disegnare i grafici

**I grafici devono essere COMPLETI ed ORDINATI!**

**Eeguire misure più fitte (ogni 5kHz) nella banda del filtro**

**Fuoribanda è possibile ridurre il passo di campionamento**





## Alla fine?

*Siete pregati di smontare i componenti dalla protoboard, rimetterli nella scatola e riporre tutto come all'inizio dell'esercitazione*

*Così da facilitare i gruppi successivi*

***GRAZIE!***