



Elettronica Applicata
a.a. 2017/2018
Esercitazione N°1

STRUMENTAZIONE

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

www.uscndlab.dinfo.unifi.it



Sommario

STRUMENTI:

- Oscilloscopio digitale
- Generatore di forme d'onda
- Alimentatore da banco

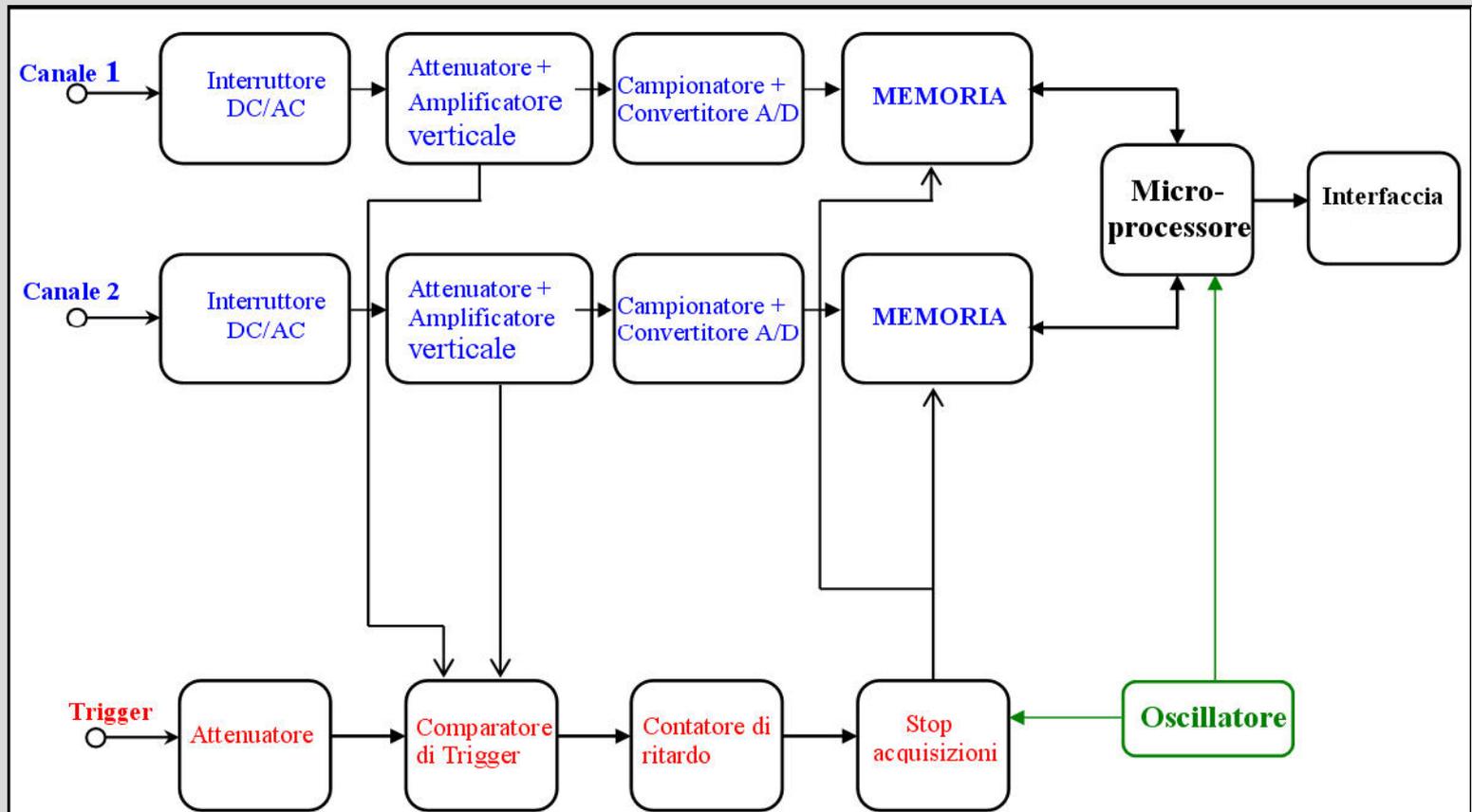
ACCESSORI:

- Sonda compensata 10x
- Cavo coassiale



Oscilloscopio digitale

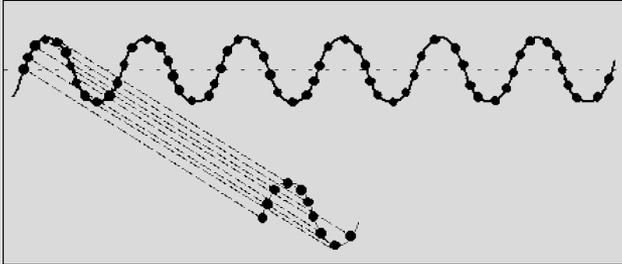
Schema a blocchi



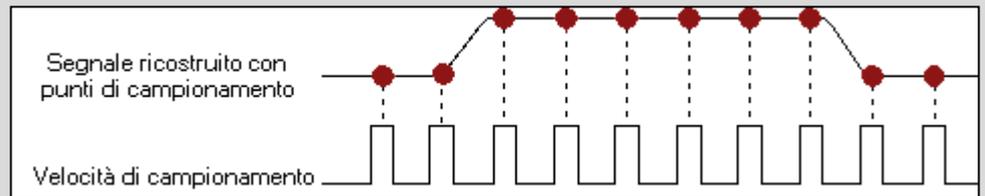


Oscilloscopio digitale

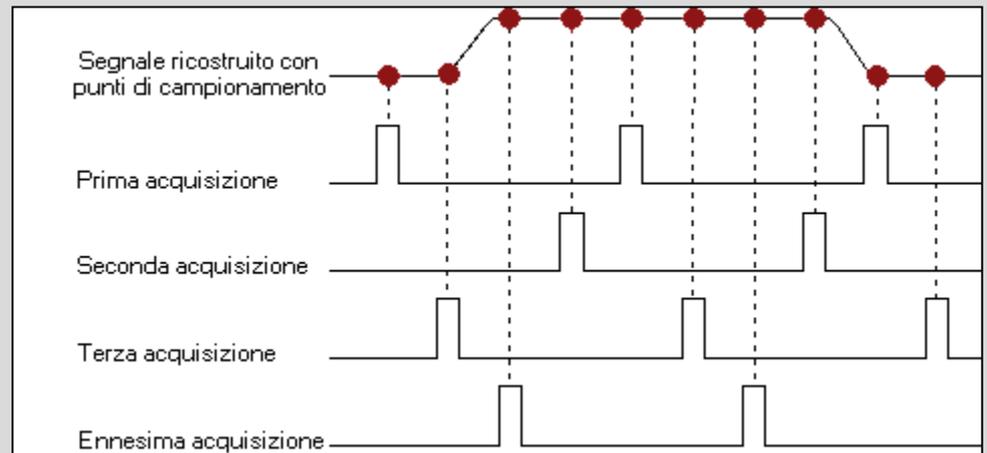
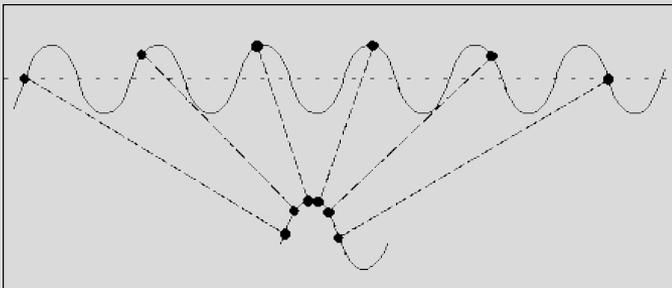
Campionamento



Campionamento in tempo reale



Campionamento in tempo equivalente





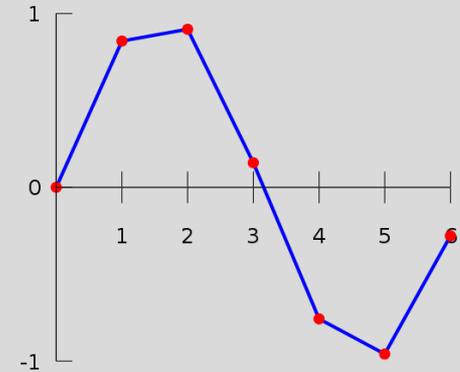
Oscilloscopio digitale

Visualizzazione (parte 1)

Interpolazione lineare

Errore di ricostruzione
inferiore al 1% se

$$F_S > 10F_{max}$$

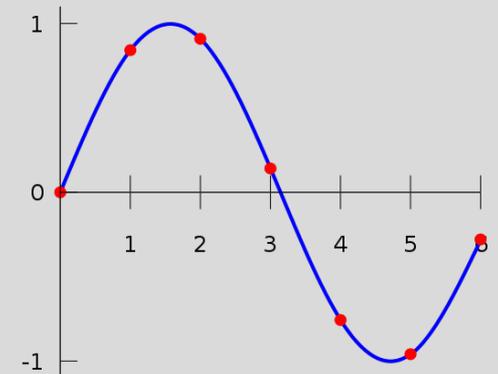


Interpolazione sinusoidale

$$\frac{\sin x}{x}$$

Errore di ricostruzione
inferiore al 1% se

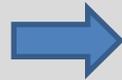
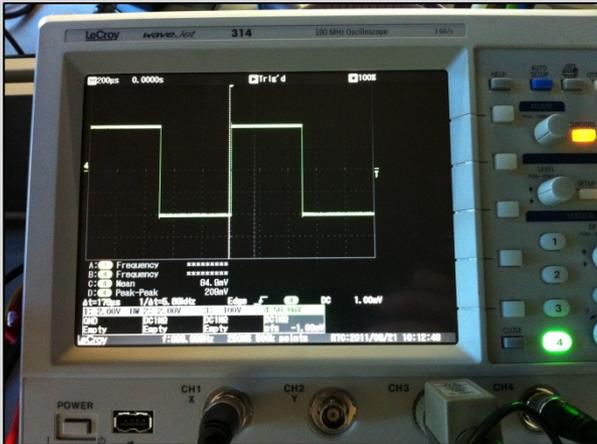
$$F_S > 4F_{max}$$



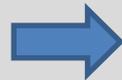


Oscilloscopio digitale

Visualizzazione (parte 2)



Il fronte di salita visualizzato dallo strumento digitale è frutto dell'interpolazione tra i punti campionati dal sistema, in realtà lo strumento non è in grado di seguire dei fronti istantanei.



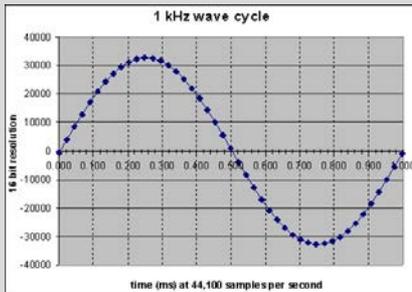
In un analogo strumento analogico infatti suddetti fronti non vengono visualizzati perché la visualizzazione non è frutto di un'interpolazione tra punti, ma è direttamente legata al segnale che si sta analizzando.



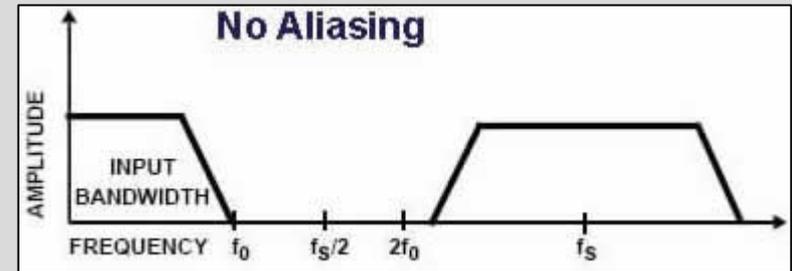
Oscilloscopio digitale

Aliasing

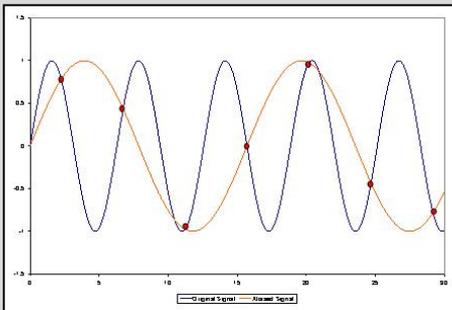
Campionamento SENZA aliasing



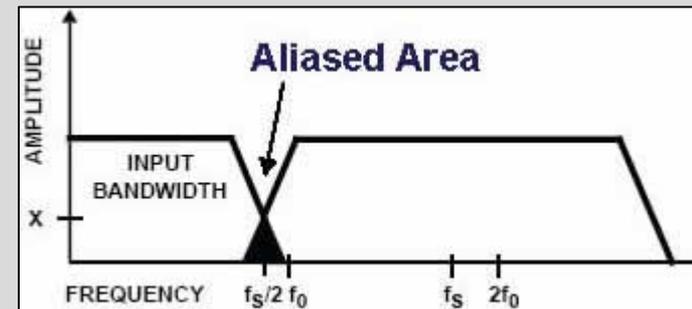
$$F_S \geq 2F_{max}$$



Campionamento CON aliasing



$$F_S < 2F_{max}$$

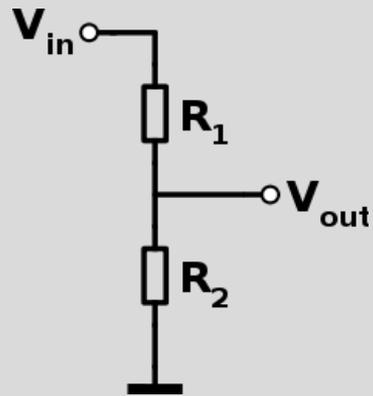




Oscilloscopio digitale

Circuito equivalente di ingresso

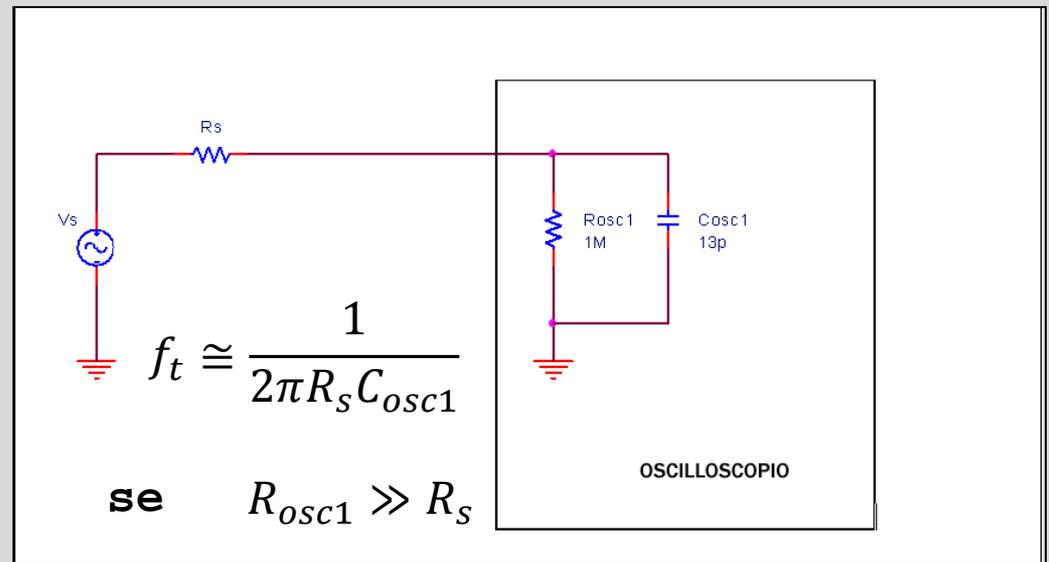
Per poter misurare in modo corretto segnali di tensione è necessario che l'oscilloscopio presenti un'impedenza di ingresso elevata rispetto all'impedenza di uscita del punto di misura.



$$R_{osc1} = 1M\Omega$$

$$C_{osc1} = 13pF$$

Il circuito di ingresso è un filtro passa-basso con frequenza di taglio pari a f_t



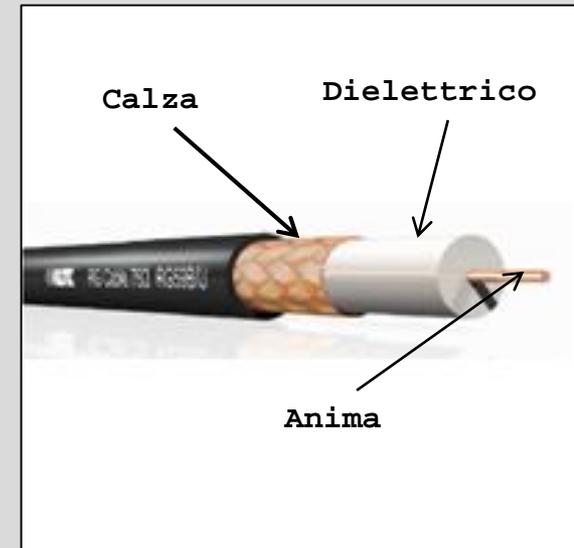
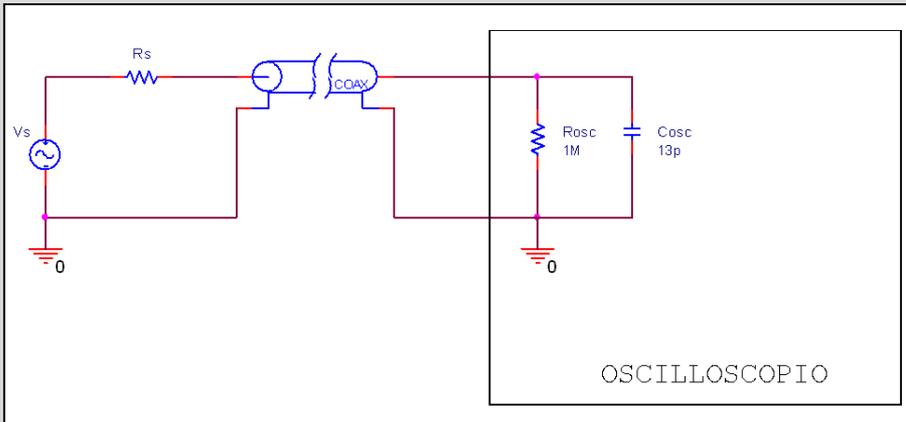
$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} \quad \text{se } R_2 \gg R_1 \quad \text{allora } V_{out} = V_{in} \quad \text{se } f_{segnale} < f_t$$



Oscilloscopio digitale

Collegamento con cavo coassiale (parte 1)

La calza del cavo coassiale permette di scaricare verso massa eventuali disturbi che potrebbero inficiare sulla misura



$$C_{coax} = 30pF$$



Oscilloscopio digitale

Collegamento con cavo coassiale (parte 2)

Senza perdita di generalità possiamo ricondurre il cavo coassiale ad una capacità dove anima e calza rappresentano le due armature del condensatore.

Questa approssimazione è possibile farla se la lunghezza l del cavo coassiale è molto minore della lunghezza d'onda del segnale all'interno del cavo (basse frequenze).

$$\lambda = \frac{ck}{f}$$

Dove:

$c = 3 \cdot 10^8$ m/s Velocità della luce nel vuoto

$k \cong 0.7$ Fattore di velocità nel cavo coassiale

f Frequenza del segnale

l Lunghezza del cavo coassiale

λ Lunghezza d'onda del segnale

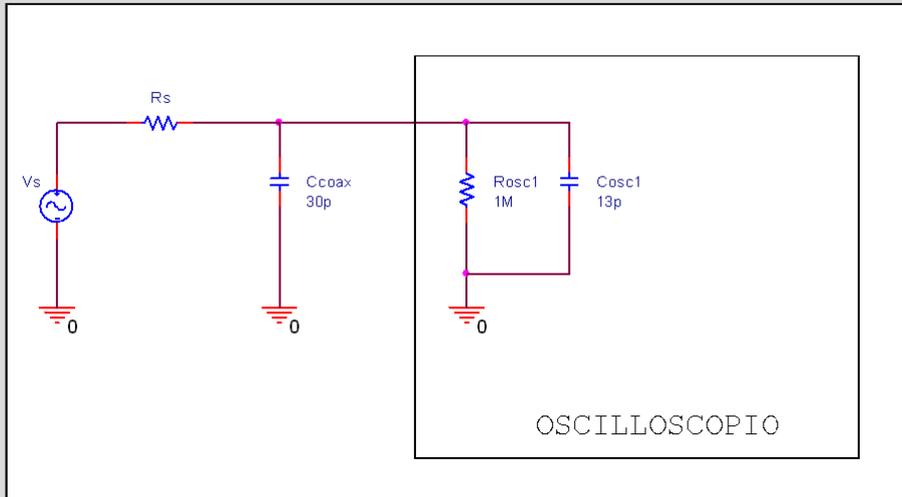
$l \ll \lambda$ Regime di basse frequenze

se $f = 15\text{MHz}$ allora $\lambda = 14\text{m}$ Noi lavoreremo in regime di basse frequenze



Oscilloscopio digitale

Collegamento con cavo coassiale (parte 3)



$$f_t \cong \frac{1}{2\pi R_s (C_{osc1} + C_{coax})}$$

$$C_{tot} = C_{osc1} + C_{coax}$$

$$V_{osc} \cong \frac{V_s}{1 + j\omega R_s (C_{tot})}$$

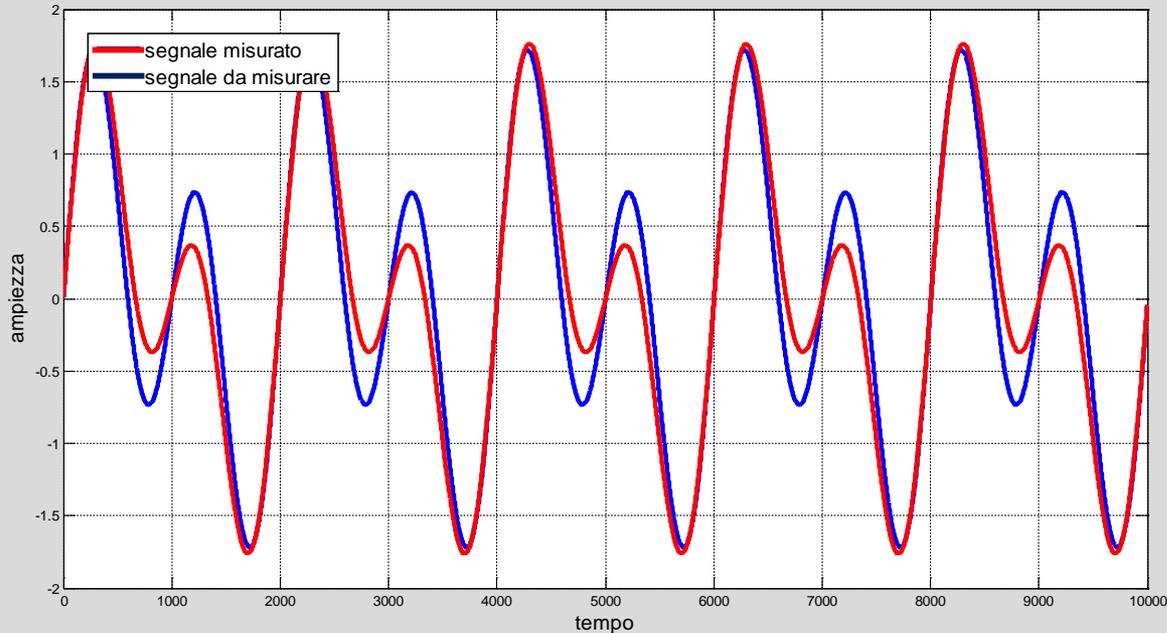
La presenza del cavo coassiale abbassa la frequenza di taglio del circuito di ingresso dell'oscilloscopio.

Con questo tipo di connessione la funzione di trasferimento tra sorgente e ingresso dell'oscilloscopio viene a dipendere dalla frequenza. Questo può provocare una distorsione sul segnale da misurare in quanto frequenze diverse vengono ad essere trattate in maniera differente.



Oscilloscopio digitale

Collegamento con cavo coassiale (parte 4)



ESEMPIO

$$V_S = \sin(2\pi 1000 * t) + \sin(2\pi 500 * t)$$

Segnale da misurare

$$V_{osc} = 0.7\sin(2\pi 1000 * t) + \sin(2\pi 500 * t)$$

Segnale misurato, distorto
dal sistema cavo coax +
oscilloscopio



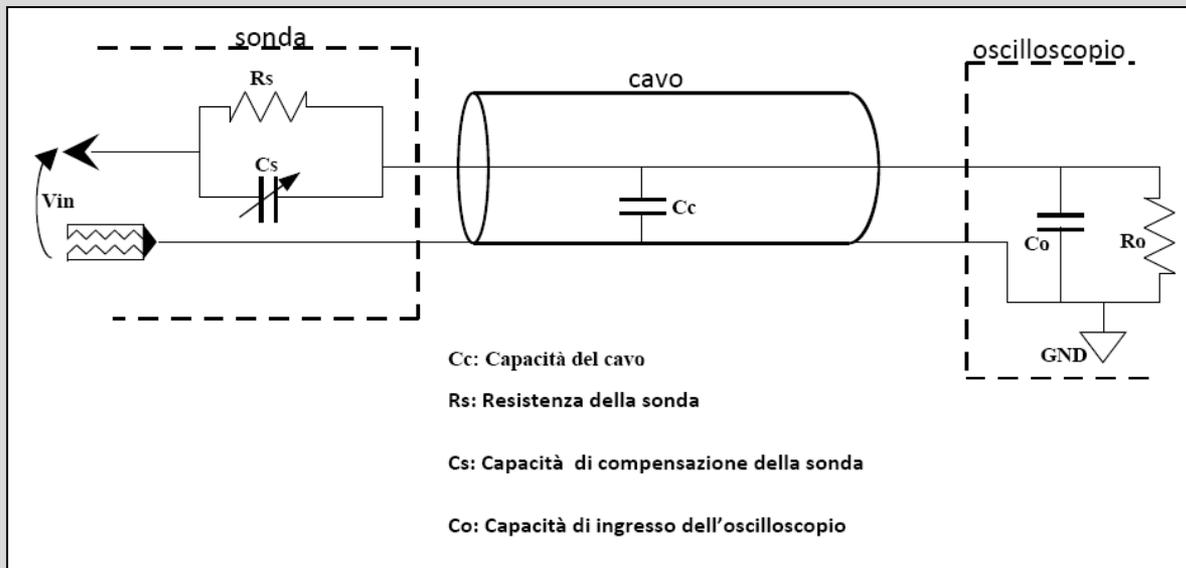
Oscilloscopio digitale

Collegamento con sonda compensata 10x (parte 1)

SCOPO: compensare la capacità del cavo coassiale e dell'oscilloscopio in modo da rendere la funzione di trasferimento «indipendente dalla frequenza»

$$V_{osc} \cong \frac{V_s}{1 + j\omega R_s (C_{osc1} + C_{coax})}$$

Eliminare la dipendenza da ω nella funzione di trasferimento





Oscilloscopio digitale

Collegamento con sonda compensata 10x (parte 2)

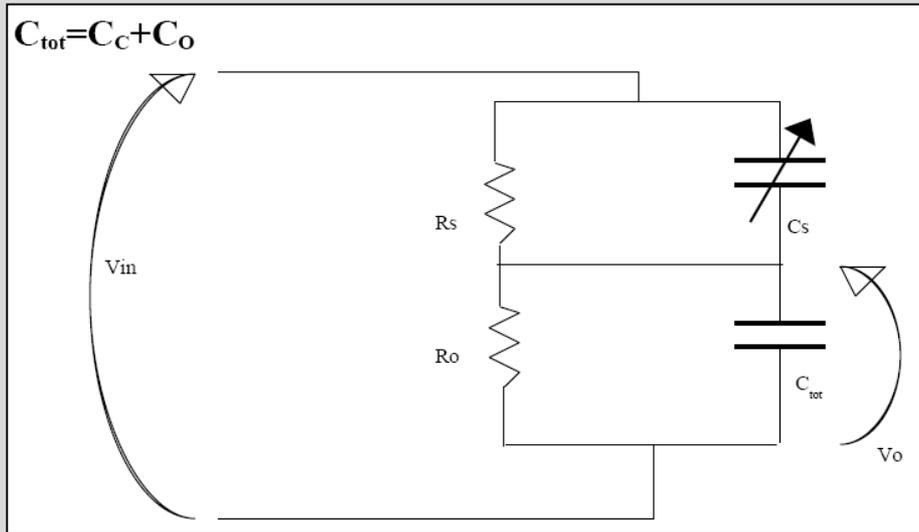


Capacità
variabile di
compensazione

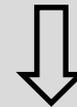


Oscilloscopio digitale

Collegamento con sonda compensata 10x (parte 3)



$$V_o = V_{in} \frac{\frac{R_o}{1 + j\omega R_o C_{tot}}}{\frac{R_o}{1 + j\omega R_o C_{tot}} + \frac{R_s}{1 + j\omega R_s C_s}}$$



$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_o}{R_o + R_s \left(\frac{1 + j\omega R_o C_{tot}}{1 + j\omega R_s C_s} \right)}$$

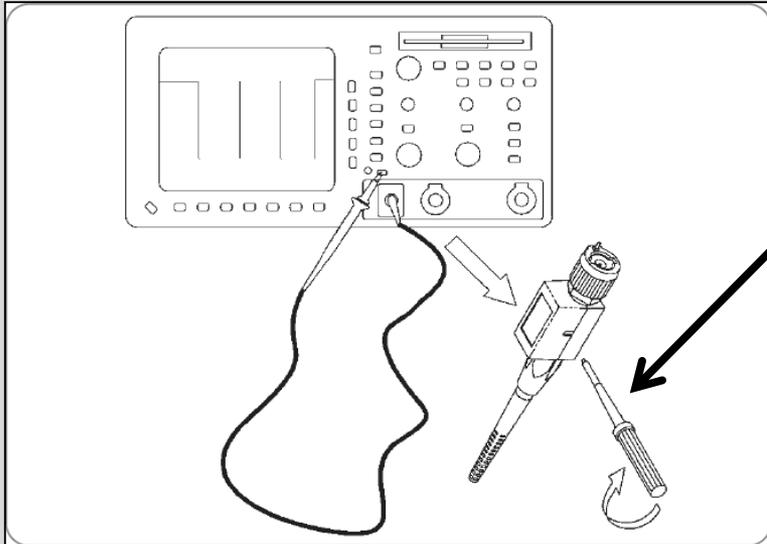
se $R_s C_s = R_o C_{tot}$ allora

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_o}{R_s + R_o} \quad \forall \omega$$



Oscilloscopio digitale

Collegamento con sonda compensata 10x (parte 4)



Probe compensation adjustments are done either at the probe head or at a compensation box where the box attaches to the oscilloscope input.

se $R_S C_S = R_O C_{tot}$ allora $\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_o}{R_s + R_o} \quad \forall \omega$

Considerazioni:

1. Questo risultato è stato ottenuto trascurando la presenza degli effetti dovuti a capacità e induttanze parassite presenti nel sistema sotto analisi. In realtà continua ad esserci una piccola dipendenza da ω che aumenta alle alte frequenze.
2. La compensazione viene ottenuta a scapito di una attenuazione sul segnale da misurare (solitamente attenuazioni di 10 o 100). La lettura da parte dell'oscilloscopio risulta comunque corretta impostando opportunamente un fattore moltiplicativo (solo visivo) sullo strumento.

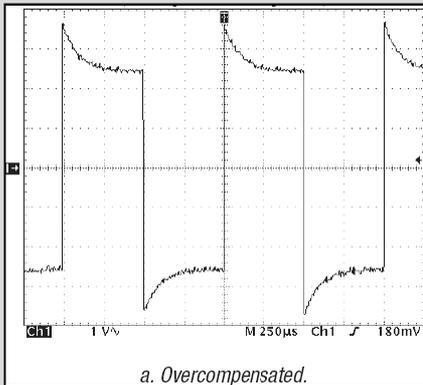
$R_S = 9M\Omega$ sonda

$R_O = 1M\Omega$ Oscilloscopio



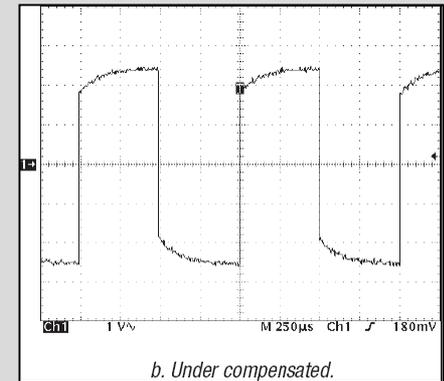
Oscilloscopio digitale

Collegamento con sonda compensata 10x (parte 5)

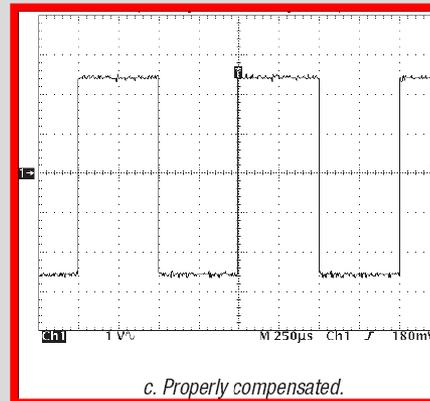


Sovracompensazione,
comportamento passa-
alto

Operazione di compensazione agendo sulla capacità variabile della sonda compensata 10x collegata all'apposito morsetto presente sull'oscilloscopio. Il segnale campione fornito dall'oscilloscopio per l'operazione di compensazione è un onda quadra alla frequenza di 1KHz. Per questa operazione sono importanti i fronti del segnale e non la frequenza dell'onda quadra, in quanto sono questi fronti che contengono il contributo frequenziale necessario all'operazione.



Sottocompensazione,
comportamento passa-
basso



Compensazione
corretta



Oscilloscopio digitale

Considerazioni sulla resistenza d'ingresso

Alcuni oscilloscopi permettono di impostare la propria resistenza di ingresso da alta impedenza (1 o 10 M Ω) a bassa impedenza di 50 Ω .

La resistenza di 50 Ω è quella che comunemente si trova come resistenza di uscita dei generatori di segnale e come impedenza caratteristica dei cavi coassiali comunemente utilizzati in laboratorio.

Questa soluzione viene utilizzata quando si deve lavorare in regime di alta frequenza ovvero quando le lunghezze dei cavi di connessione sono maggiori o paragonabili con le lunghezze d'onda dei segnali da analizzare. In questa situazione il cavo coassiale deve essere considerato come una linea di trasmissione e non può essere approssimato ad una capacità come invece abbiamo fatto precedentemente.

Questa condizione di lavoro porta ad avere le classiche problematiche dovute al disadattamento tra linea(cavo coassiale), sorgente e carico(oscilloscopio) come la riflessione. L'impedenza di 50 Ω permette di adattare tutto il sistema.

ATTENZIONE:

Con questa soluzione si ha il massimo trasferimento di potenza sul circuito di ingresso dell'oscilloscopio che porta ad avere correnti di ingresso non trascurabili che potrebbero danneggiare i circuiti dello strumento di misura.

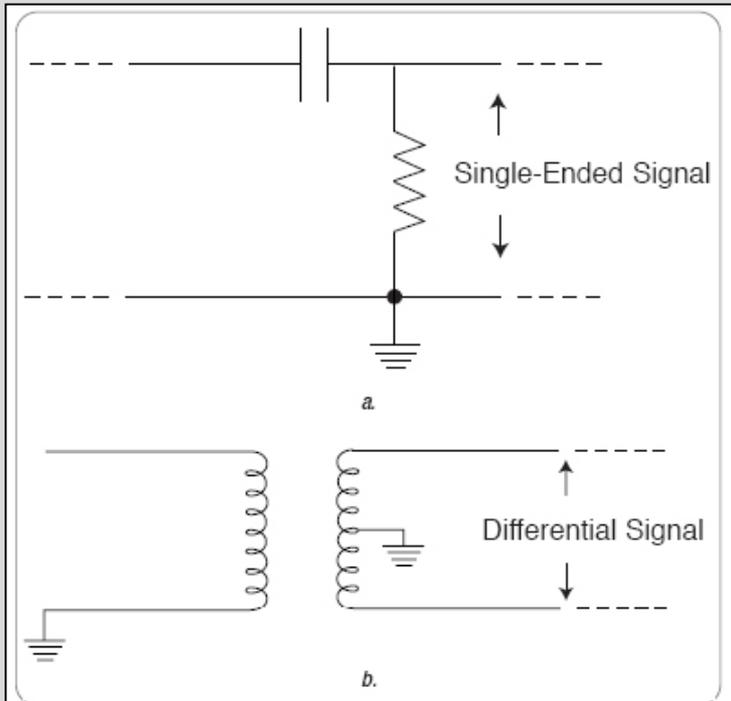
N.B.

L'oscilloscopio utilizzato in queste esercitazioni non consente l'utilizzo della bassa impedenza.



Oscilloscopio digitale

Misure differenziali



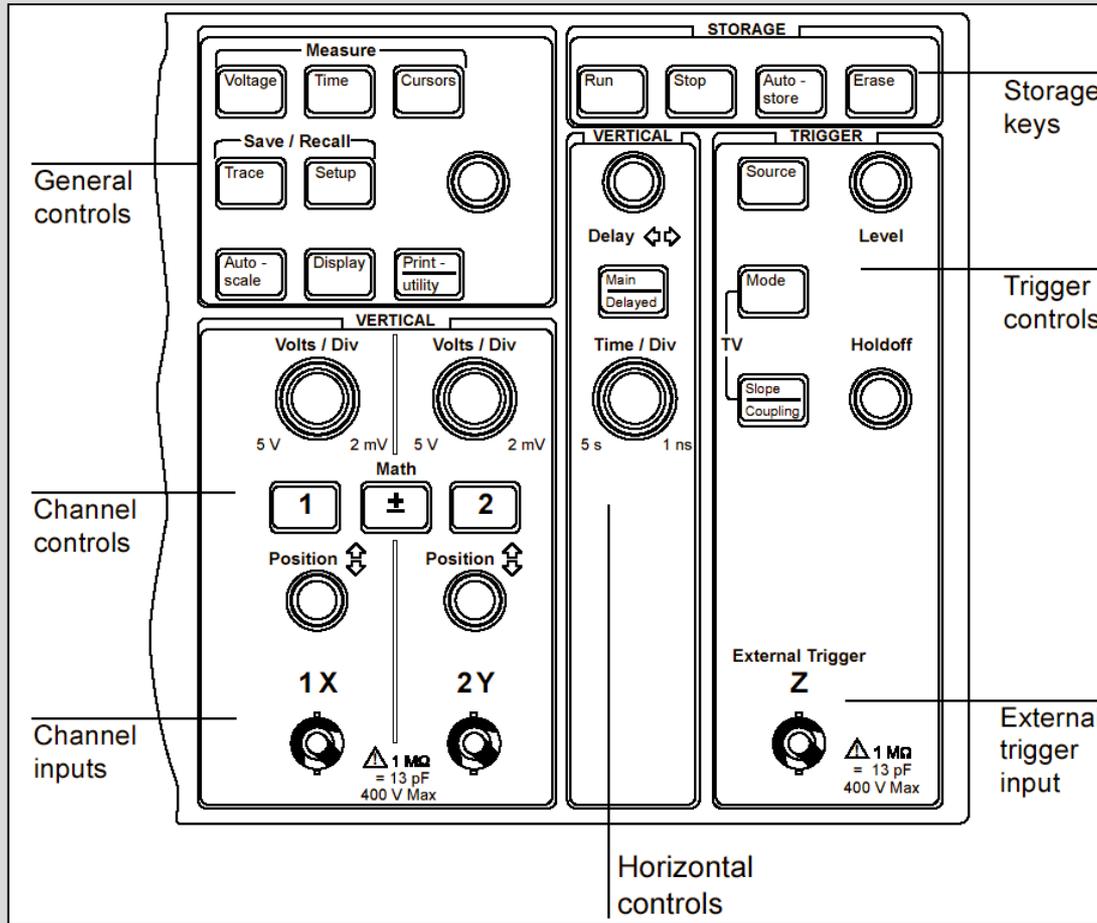
Single-ended signals are referenced to ground (a), while differential signals are the difference between two signal lines or test points (b).

Le sonde presenti in laboratorio servono a compiere misure di tensione con riferimento a massa; per compiere misure di segnali differenziali, ad esempio tra due punti o due fili, dei quali nessuno è al potenziale di massa, è necessario utilizzare una sonda differenziale oppure due sonde comuni e farne la sottrazione attraverso il software dell'oscilloscopio.



Oscilloscopio digitale

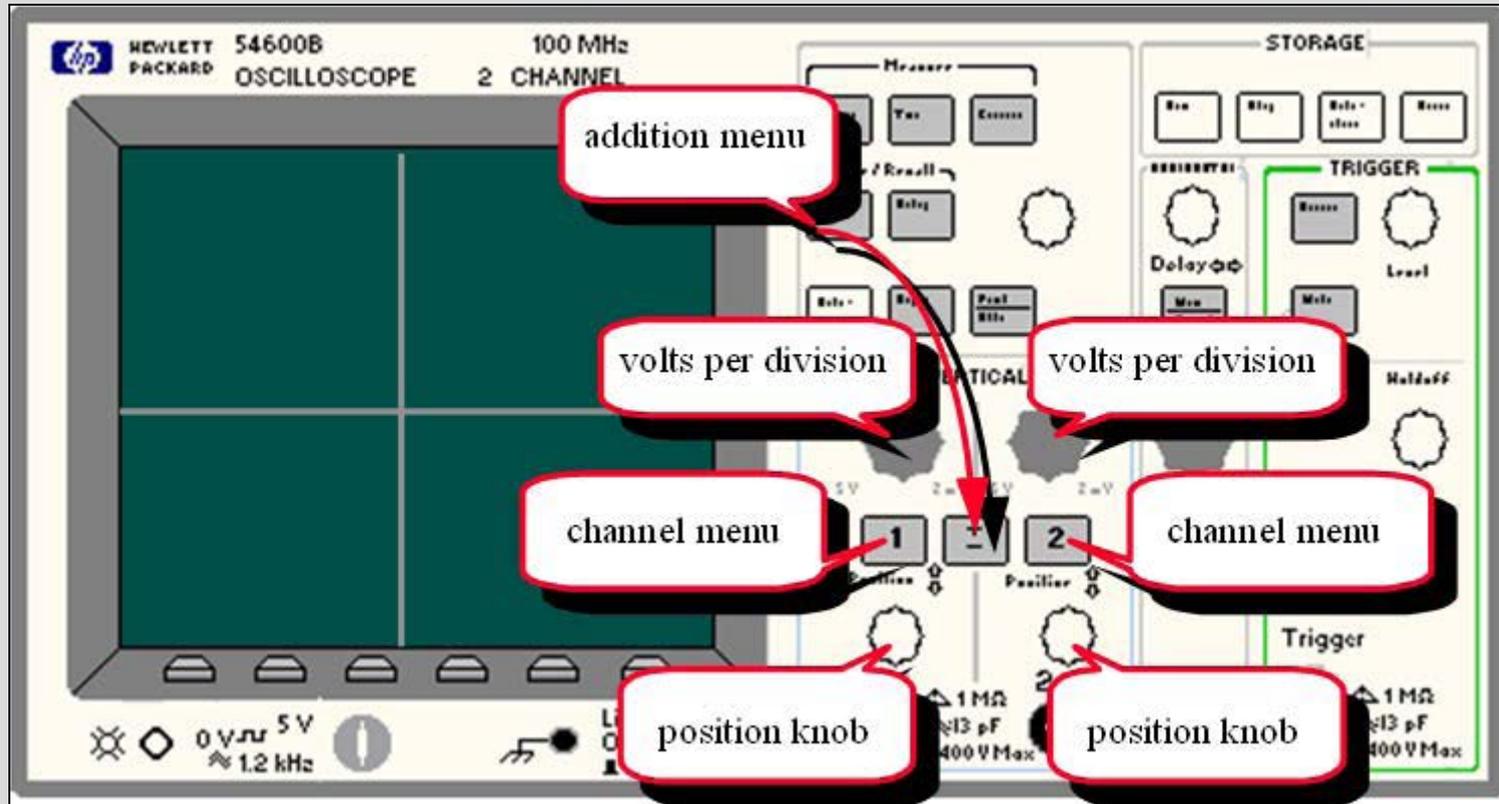
Comandi sul pannello frontale





Oscilloscopio digitale

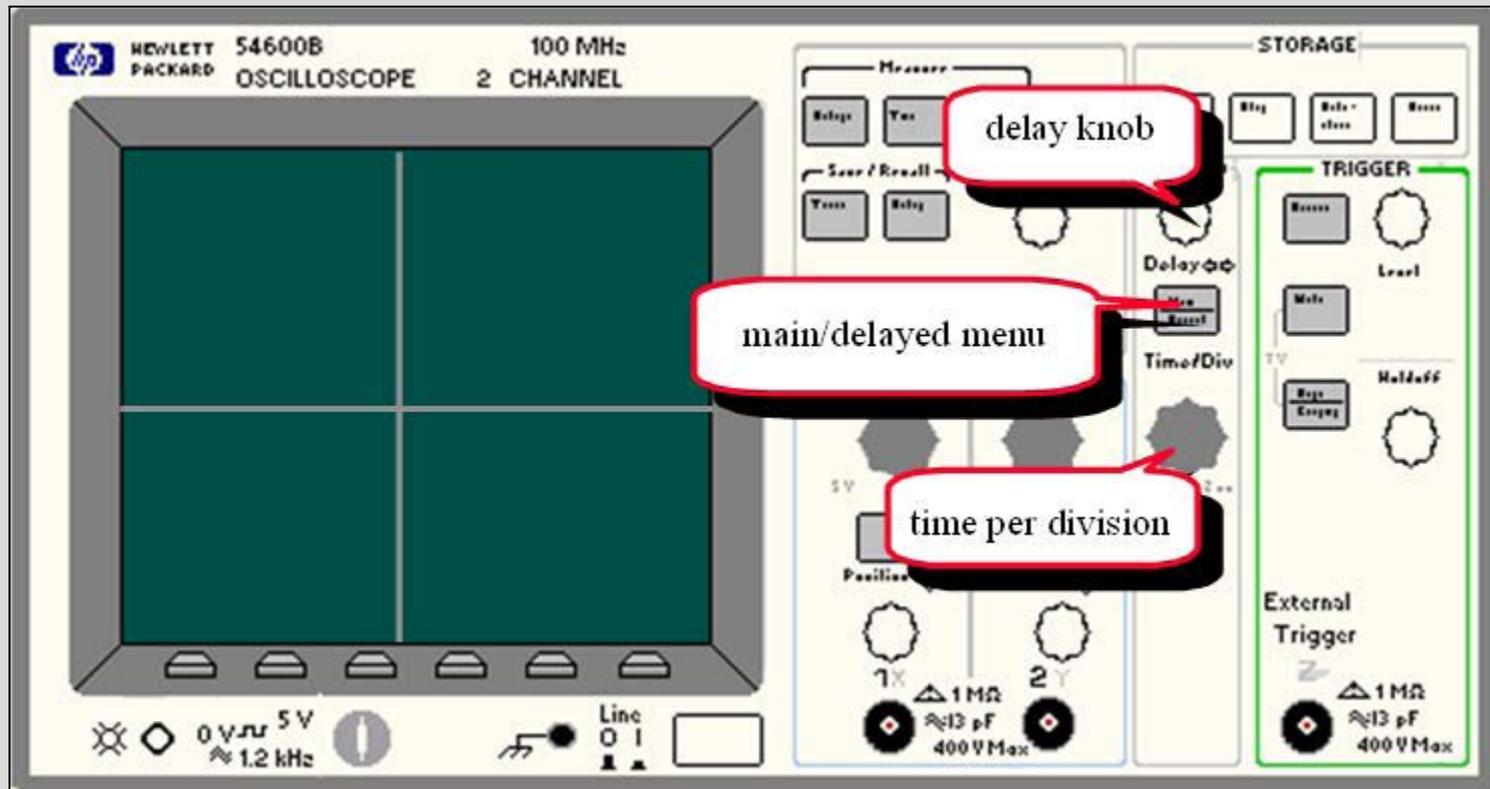
Comandi sul pannello frontale – Menu verticale





Oscilloscopio digitale

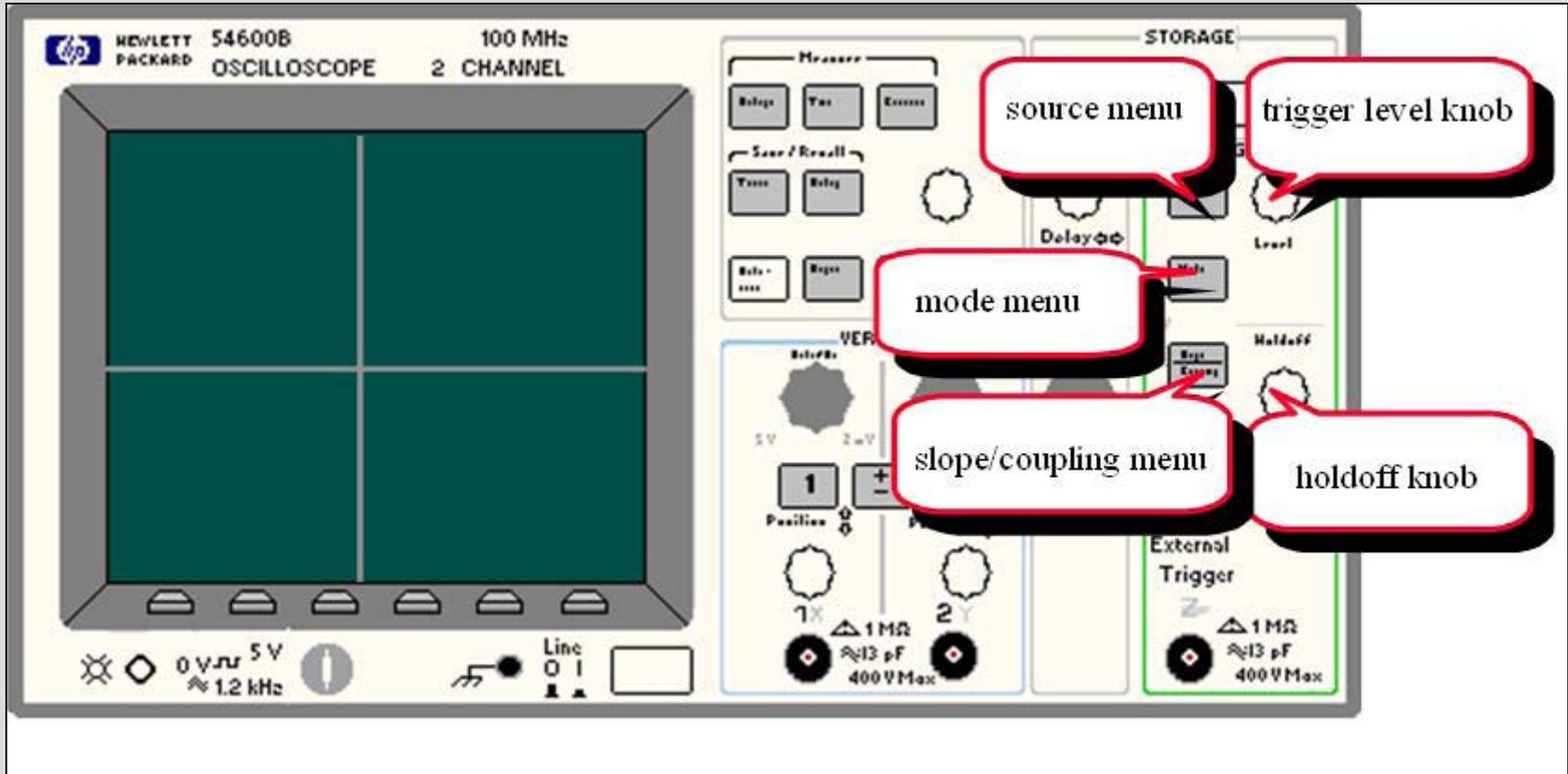
Comandi sul pannello frontale – Menu orizzontale





Oscilloscopio digitale

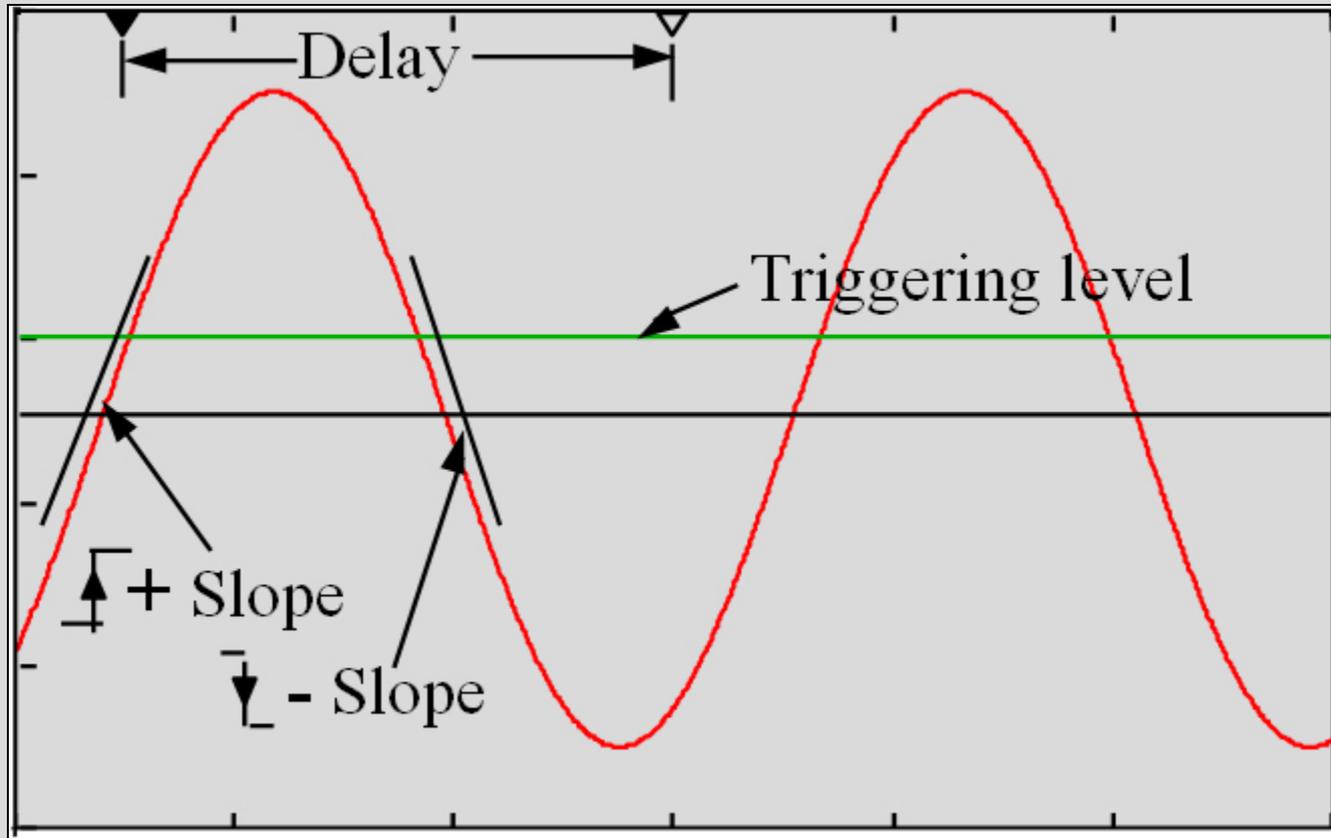
Comandi sul pannello frontale – Menu di trigger





Oscilloscopio digitale

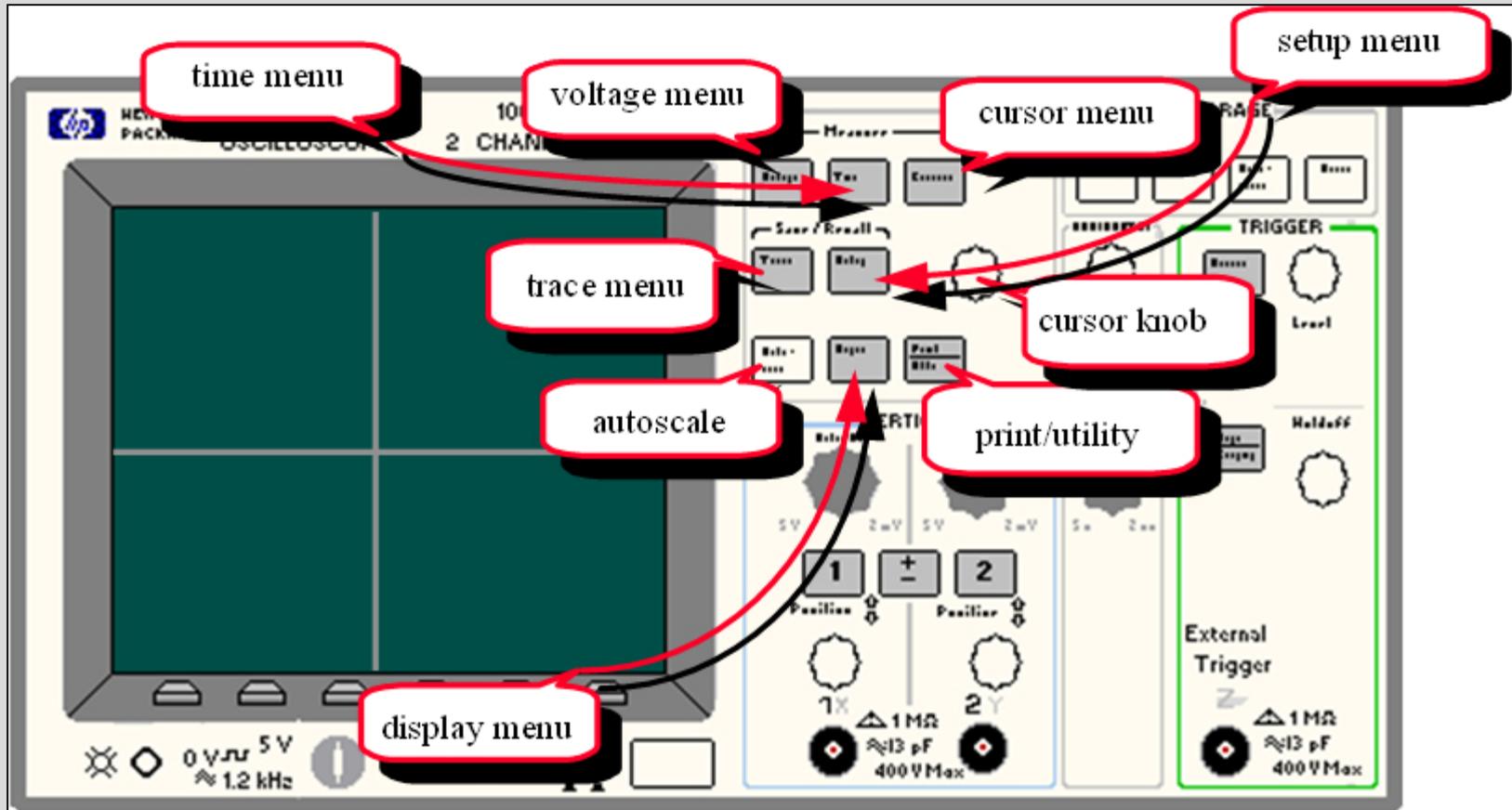
Comandi sul pannello frontale – Menu di trigger





Oscilloscopio digitale

Comandi sul pannello frontale – Misure automatiche e traccia





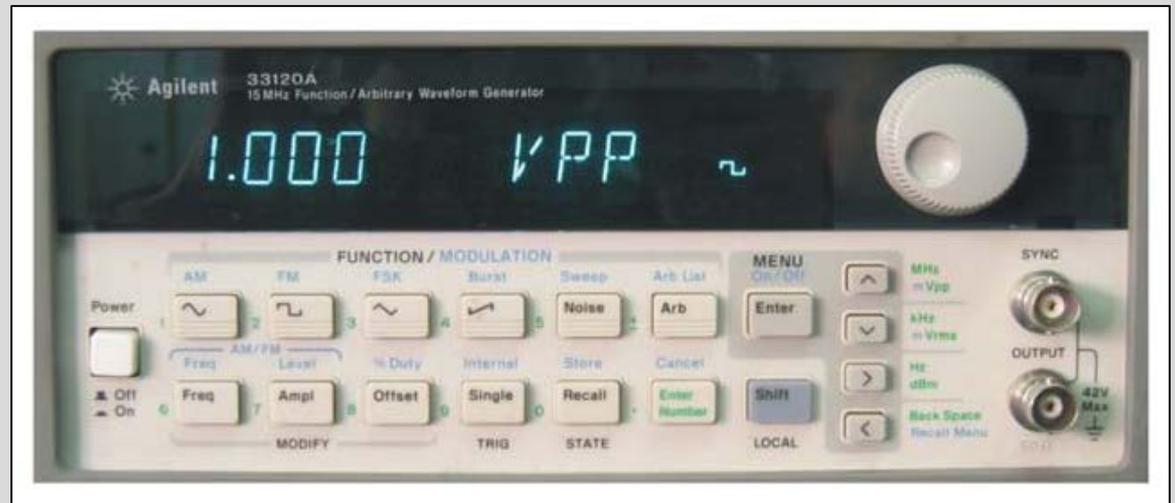
Generatore di funzioni

Genera forme d'onda:

- Sinusoidali
- Quadre
- Triangolari
- Dente di sega
- Arbitrarie

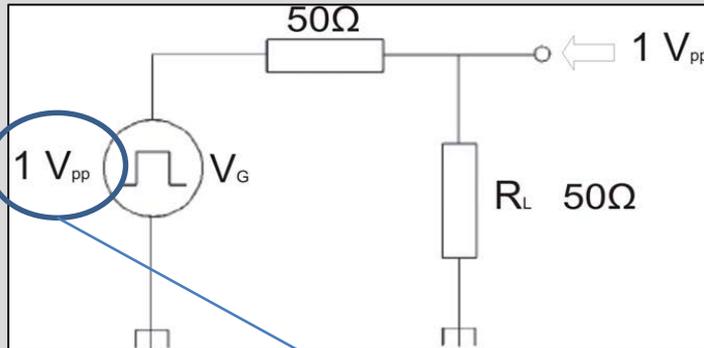
Permette la regolazione di:

- Frequenza
- Ampiezza
- Offset
- ...

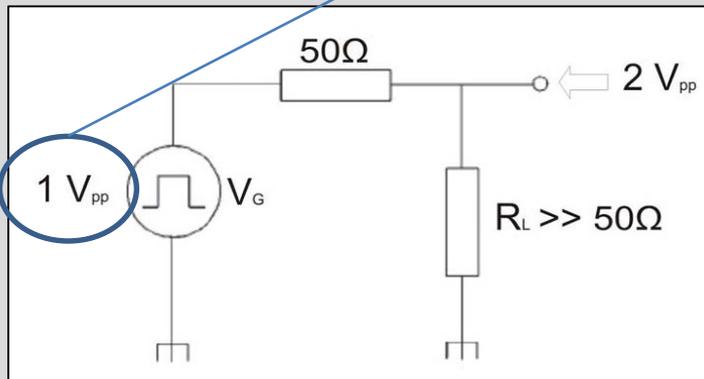




Generatore di funzioni



Tensione visualizzata sul display



La tensione visualizzata sul generatore di funzioni è un valore impostato via software che tiene conto di richiudere lo strumento su una resistenza di 50Ω . In caso contrario la tensione trasferita al carico sarà la risultante dal partitore di tensione che si viene a creare tra resistenza di uscita del generatore e il carico. In particolare per carichi di elevata resistenza rispetto ai 50Ω (come quello dell'oscilloscopio), la tensione trasferita sarà il doppio rispetto a quella visualizzata sul display del generatore.



Alimentatore da banco

- 1 uscita singola
- 1 uscita duale

ATTENZIONE

- Il morsetto di riferimento (massa) è quello indicato dalla scritta «COM». Il morsetto con il simbolo di terra è connesso al case metallico dello strumento
- La spia luminosa indicata con la scritta «OVL» (OverLoad) si accende in caso di cortocircuito dell'alimentazione e comunque nei casi in cui dal carico viene richiesta una potenza maggiore della massima trasferibile: **SPEGNERE IMMEDIATAMENTE L'ALIMENTATORE**



Raccomandazioni

- Non usare la sonda compensata per connettere il generatore di forme d'onda al circuito in prova: per fare questo ci sono i cavi coassiale terminati con due coccodrilli.
- Connettere sempre tutti i riferimenti di massa assieme.
- Attenzione ad impostare la corretta tensione di alimentazione durante l'utilizzo dell'alimentatore da banco



Misura della banda passante di un filtro RC-CR



Dalla lezione precedente

Generatore di
funzioni



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

$$V_{\text{max}} = 42\text{V}$$

$$f_{\text{max}} = 15\text{MHz}$$

Oscilloscopio
&
Sonda
compensata



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

$$C_{\text{osc}} = 13\text{pF}$$



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

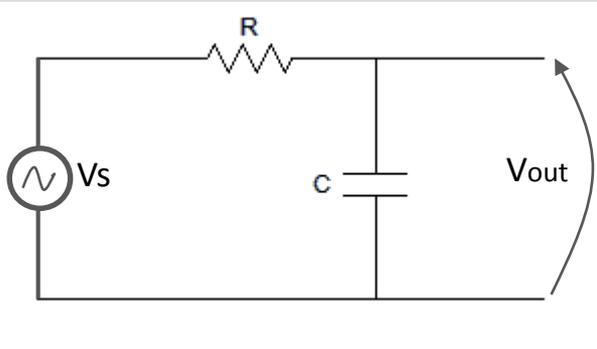
Oscilloscopio e sonda



Scopo dell'esercitazione

Richiami Teorici

FILTRO PASSA BASSO R-C

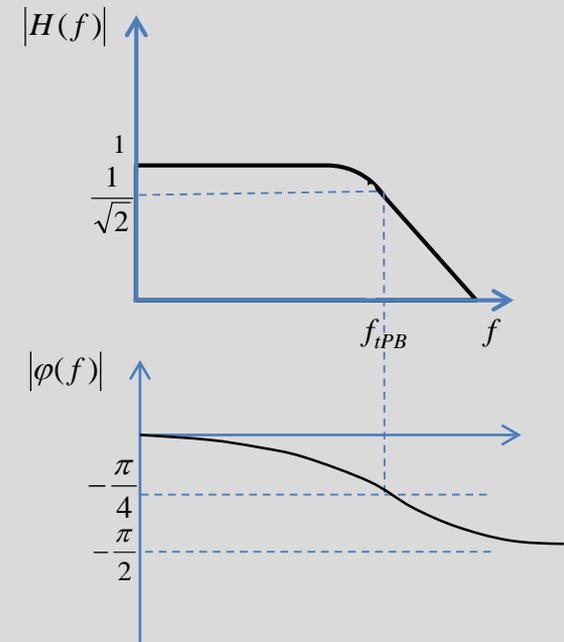


Funzione di trasferimento:

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

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:

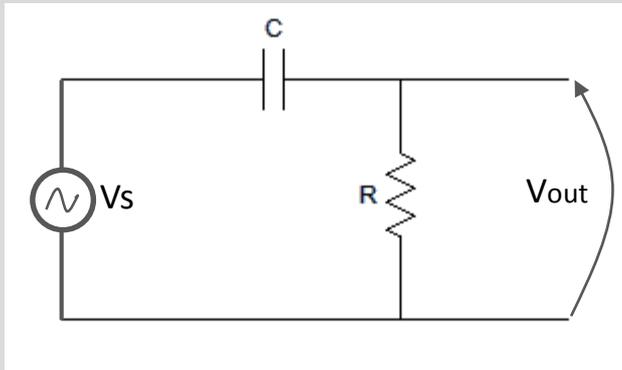
$$|H(j\omega_{tPB})| = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \frac{1}{RC\sqrt{\omega^2 + \left(\frac{1}{RC}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow \omega_{tPB} = \frac{1}{RC} \Rightarrow f_{tPB} = \frac{1}{2\pi RC}$$



Scopo dell'esercitazione

Richiami Teorici

FILTRO PASSA ALTO C-R

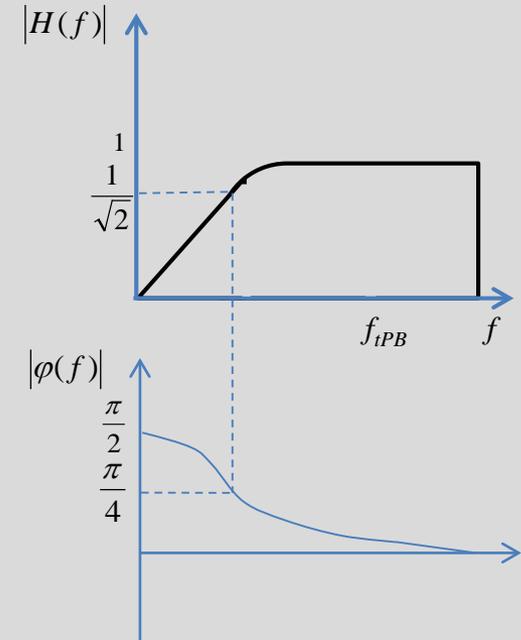


Funzione di trasferimento:

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

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

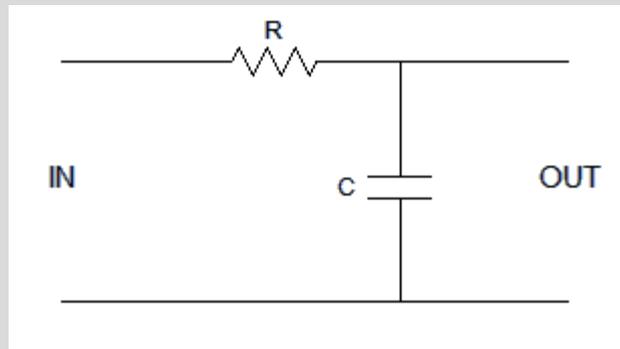
Prima parte

Realizzare un filtro passivo passabanda con le seguenti specifiche:

Tipo = Cascata RC-CR

Freq. Taglio inferiore = **1.6 kHz**

Freq. Taglio superiore = **72 kHz**



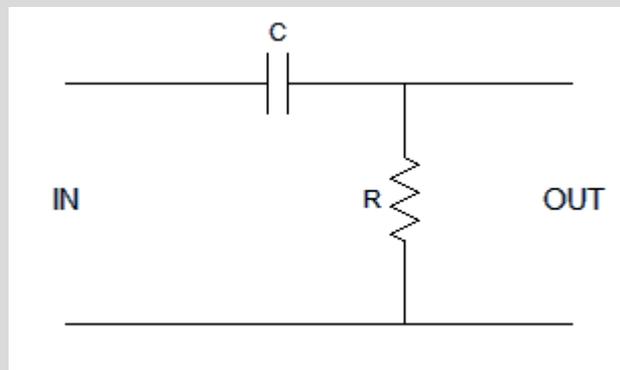
PASSA BASSO, sezione di ingresso

$R \gg 50\Omega$

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

$$R = 10k\Omega$$

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



PASSA ALTO, sezione di uscita

$R \ll 10M\Omega$

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

$$R = 100k\Omega$$

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



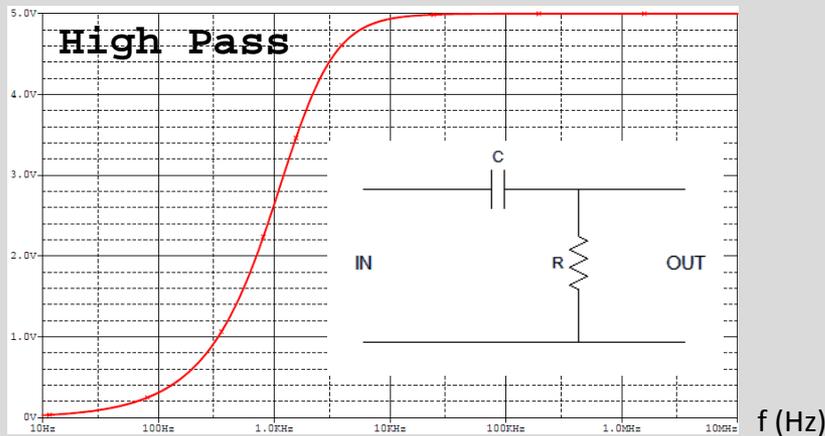
Scopo dell'esercitazione

Prima parte

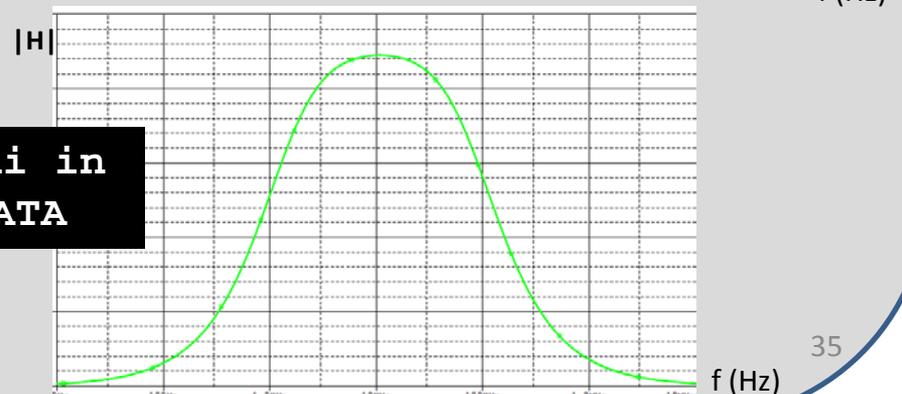
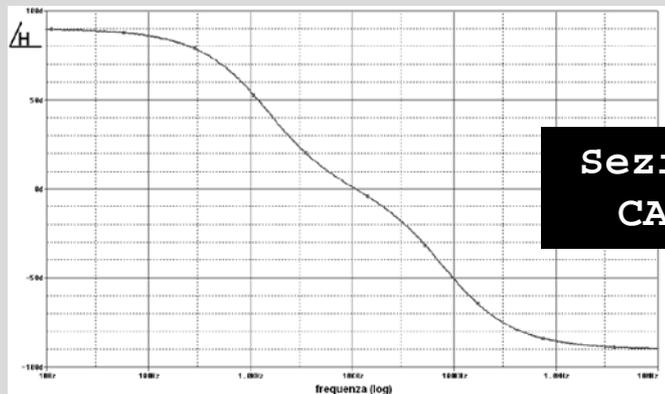
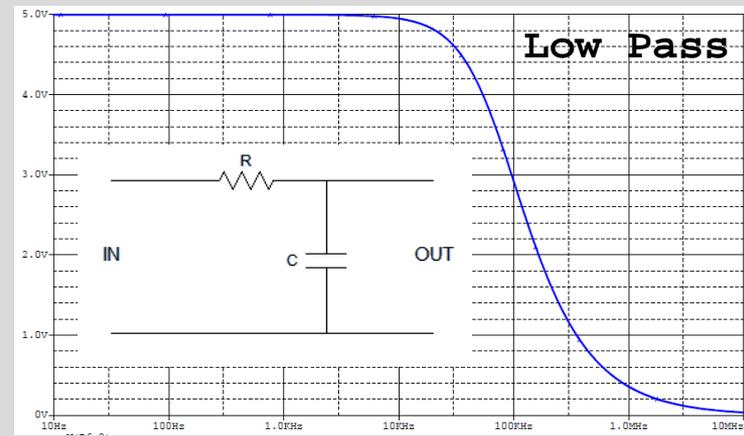
Per mettere in cascata due filtri senza modificare le caratteristiche di ognuno è necessario che i poli delle due sezioni siano

NON INTERAGENTI

V_{out} [V]



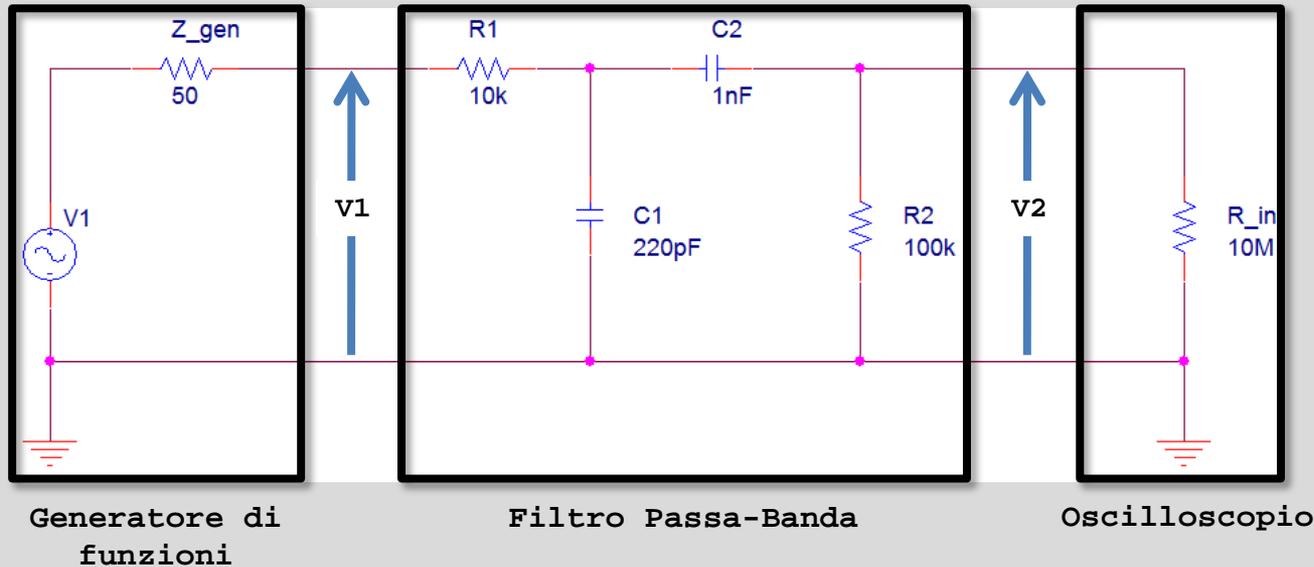
V_{out} [V]



**Sezioni in
CASCATA**



Schema Circuitale



$R1 = 10k\Omega$ 0.25W 5%

$R2 = 100k\Omega$ 0.25W 5%

$C1 = 220pF$ Ceramico

$C2 = 1nF$ Ceramico



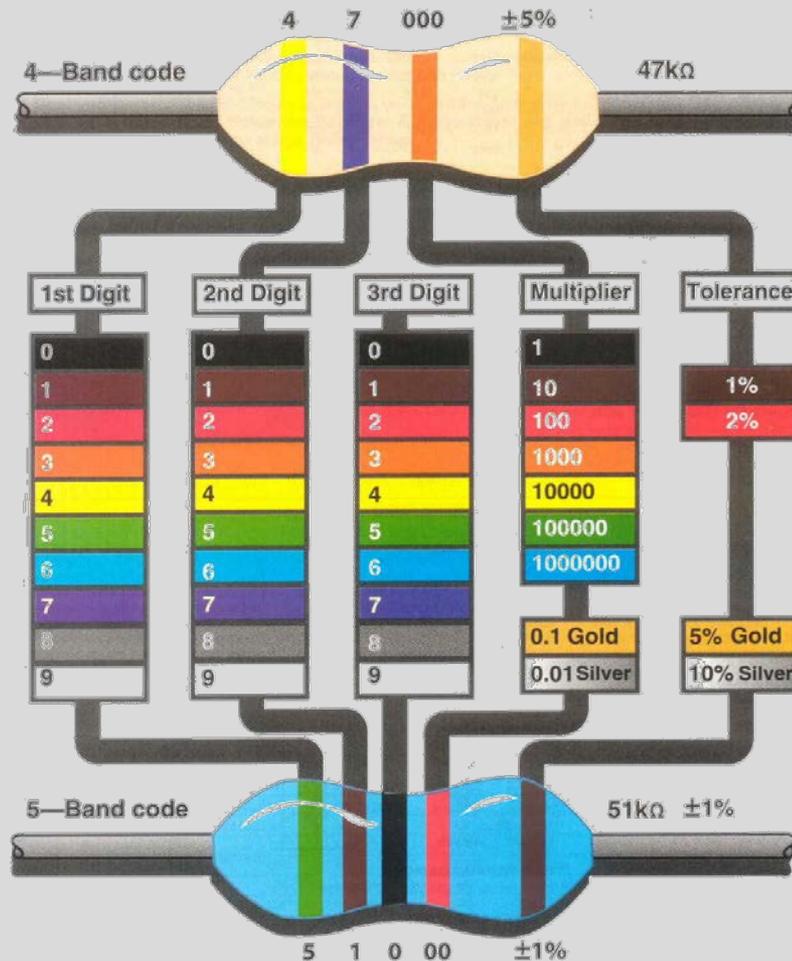
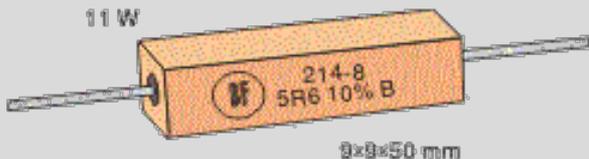
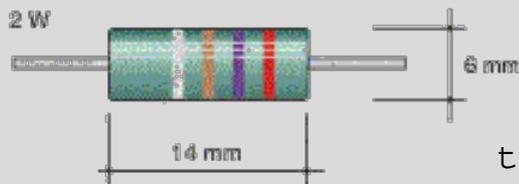
Come si riconoscono
i componenti?



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 (Ω), la loro tolleranza e, qual'ora si tratti di resistenze di precisione, il coefficiente di temperatura espresso in parti per milione per grado Kelvin (ppm/K).



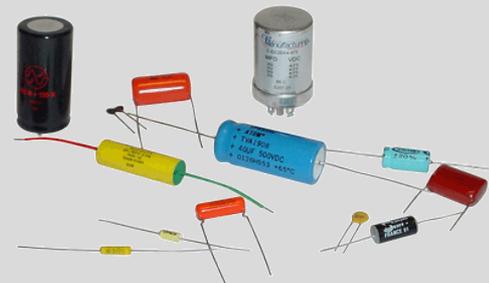


I codici dei componenti

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).

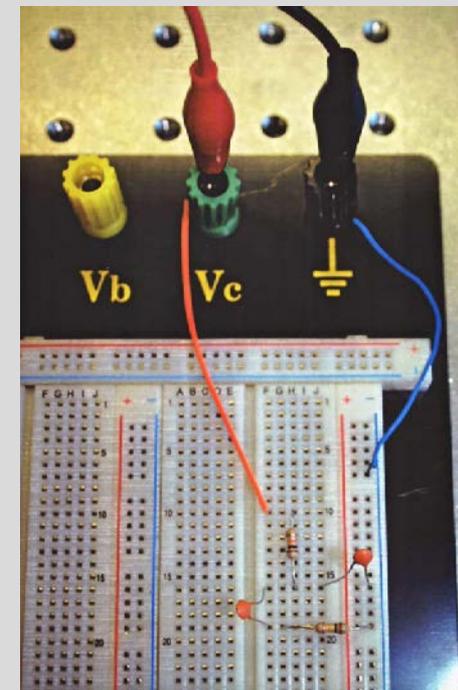
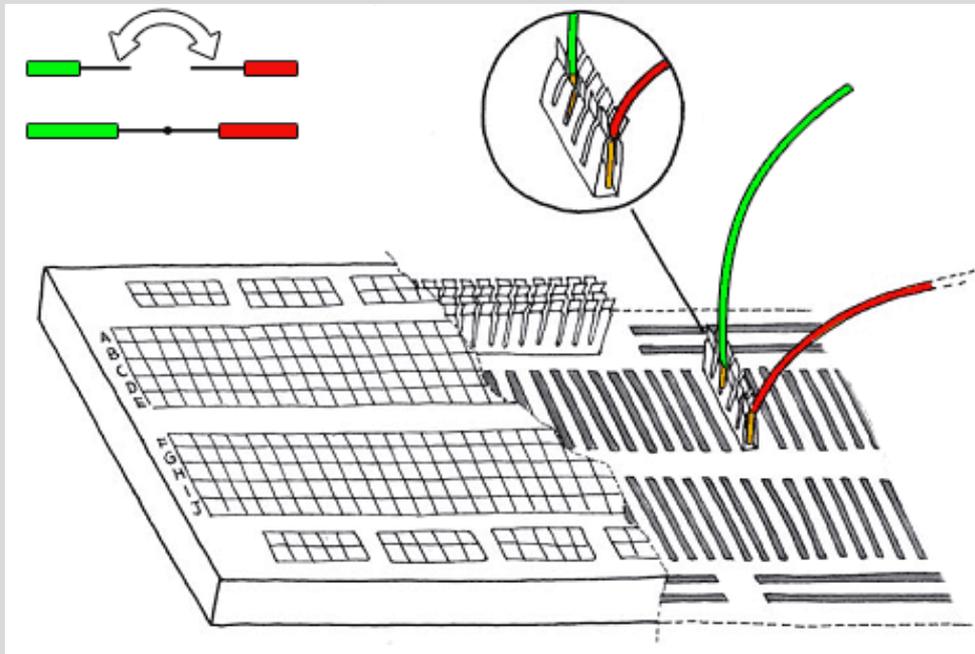
Nel codice Giapponese le prime due cifre rappresentano il valore e la terza il moltiplicatore

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:

$$t_A - t_B = \Delta T$$

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

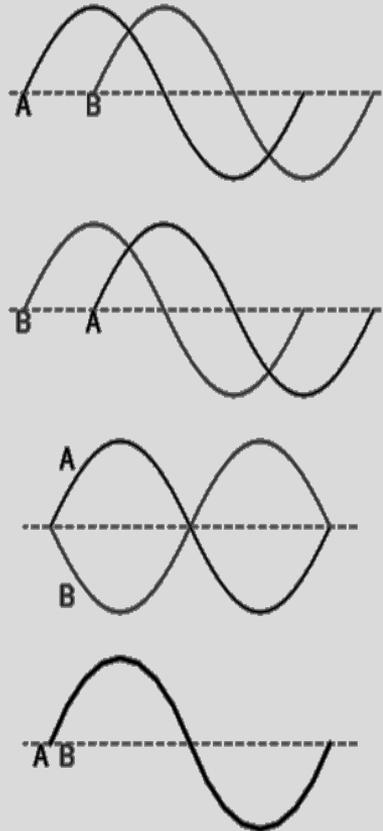
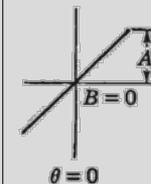
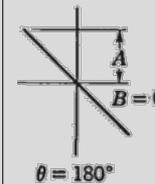
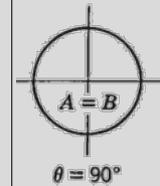
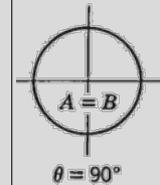


Figure di Lissajous

[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

φ f_x / f_y	0°	45°	90°	135°	180°
$\frac{f_x}{f_y} = \frac{1}{1}$					
$\frac{f_x}{f_y} = \frac{1}{2}$					
$\frac{f_x}{f_y} = \frac{1}{3}$					
$\frac{f_x}{f_y} = \frac{2}{3}$					

**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!