



Elettronica Applicata
a.a. 2016/2017
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

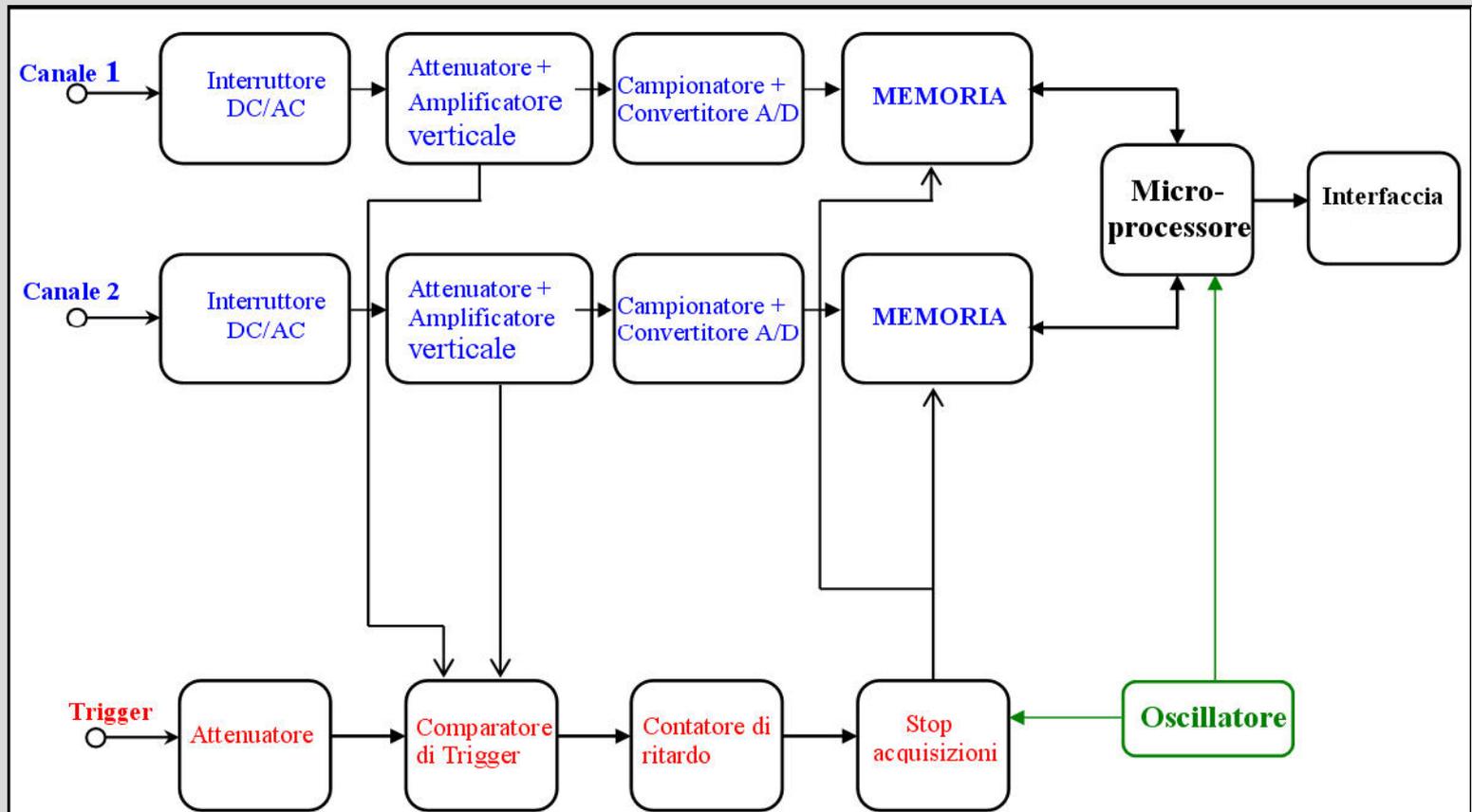
ACCESSORI:

- Sonda compensata 10x
- Cavo coassiale



Oscilloscopio digitale

Schema a blocchi

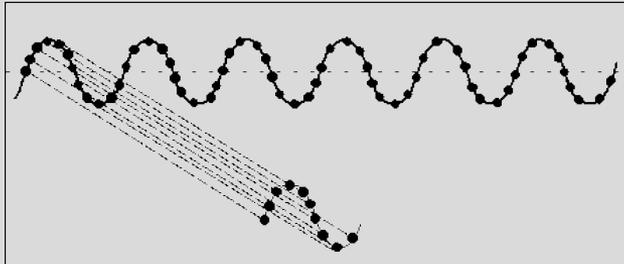




Oscilloscopio digitale

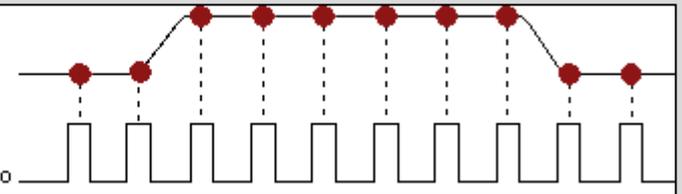
Campionamento

Campionamento in tempo reale

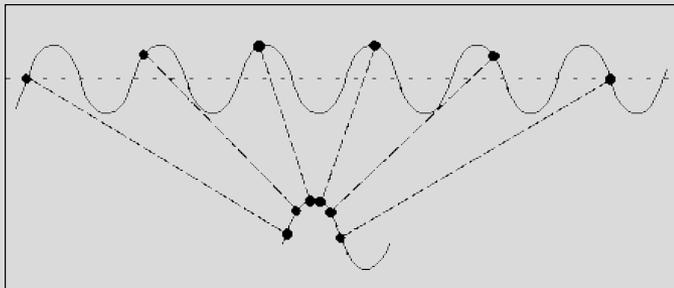


Segnale ricostruito con
punti di campionamento

Velocità di campionamento



Campionamento in tempo equivalente



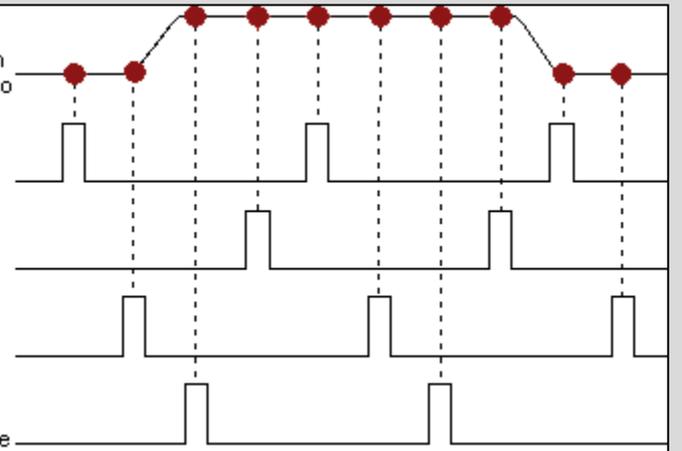
Segnale ricostruito con
punti di campionamento

Prima acquisizione

Seconda acquisizione

Terza acquisizione

Ennesima acquisizione





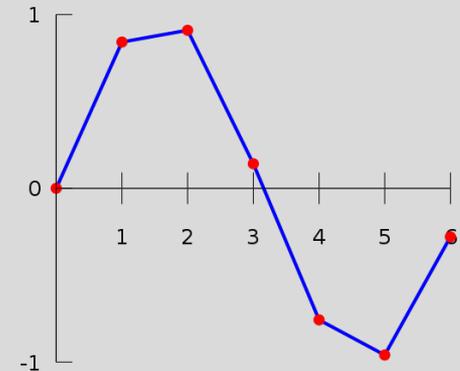
Oscilloscopio digitale

Visualizzazione (parte 1)

Interpolazione lineare

Errore di ricostruzione
inferiore al 1% se

$$F_S > 10F_{max}$$

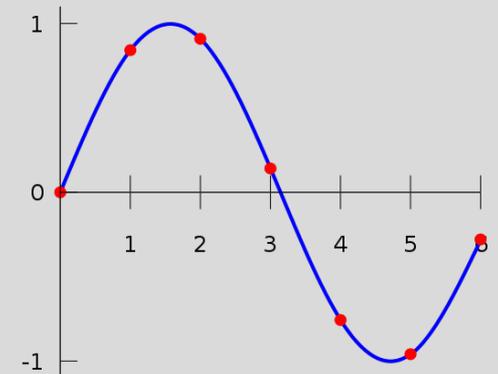


Interpolazione sinusoidale

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

Errore di ricostruzione
inferiore al 1% se

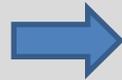
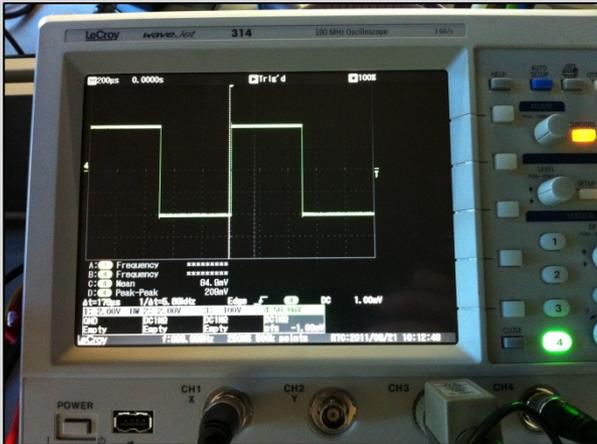
$$F_S > 4F_{max}$$



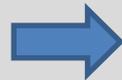


Oscilloscopio digitale

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.



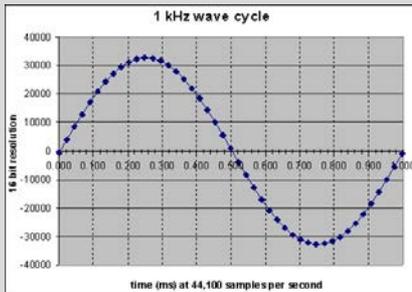
In un analogo strumento analogico infatti suddetti fronti non vengono visualizzati perché la visualizzazione non è frutto di un'interpolazione tra punti, ma è direttamente legata al segnale che si sta analizzando.



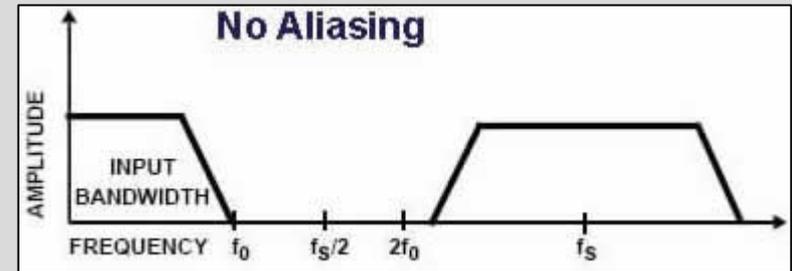
Oscilloscopio digitale

Aliasing

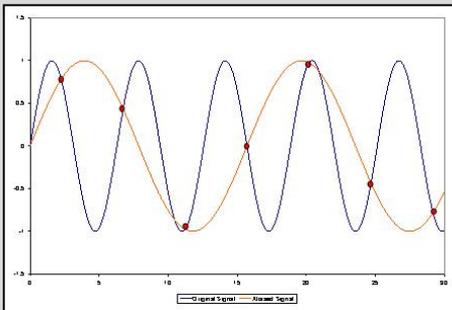
Campionamento SENZA aliasing



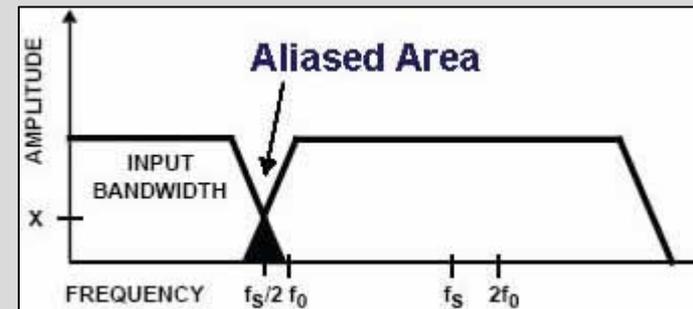
$$F_S \geq 2F_{max}$$



Campionamento CON aliasing



$$F_S < 2F_{max}$$

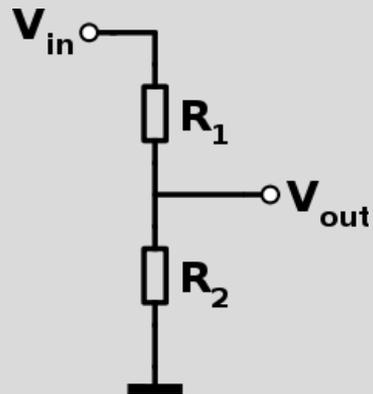




Oscilloscopio digitale

Circuito equivalente di ingresso

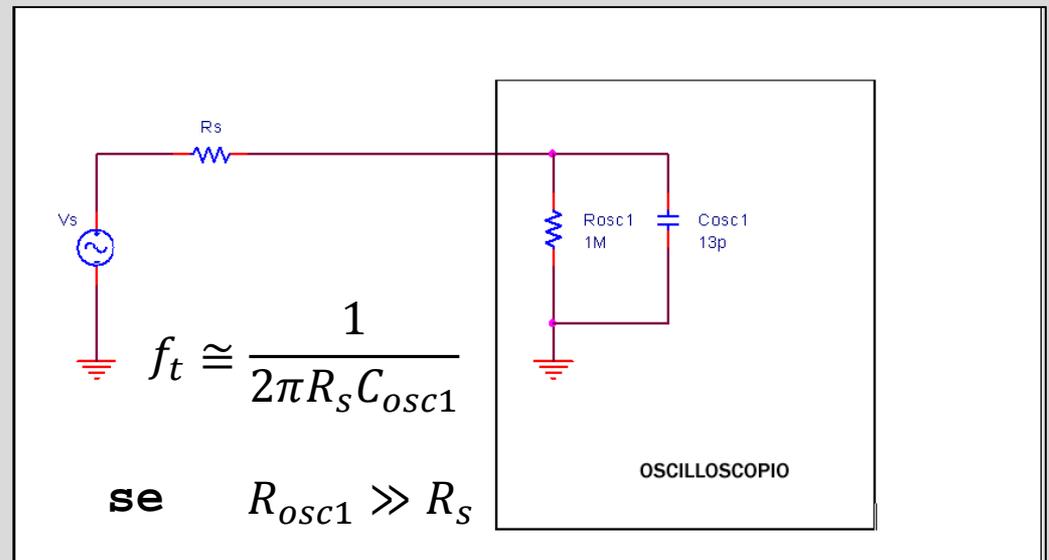
Per poter misurare in modo corretto segnali di tensione è necessario che l'oscilloscopio presenti un'impedenza di ingresso elevata rispetto all'impedenza di uscita del punto di misura.



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

$$C_{osc1} = 13pF$$

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



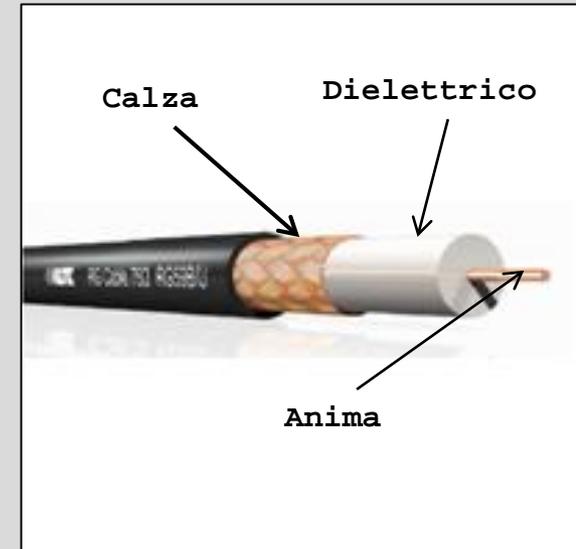
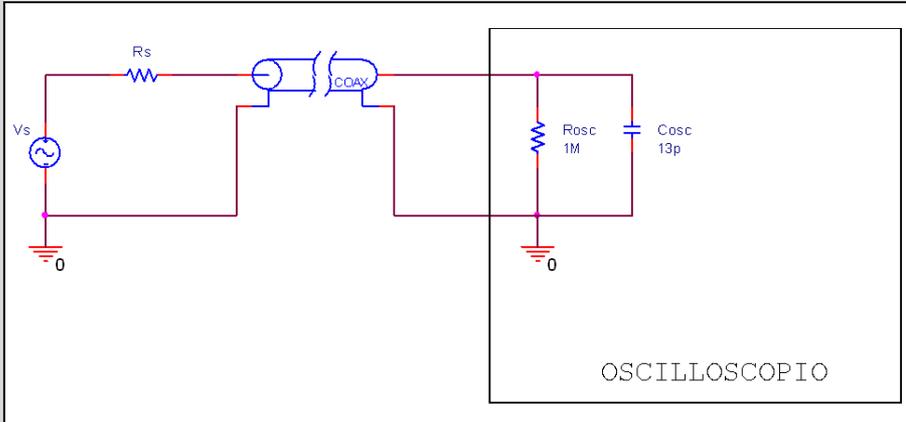
$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} \quad \text{se } R_2 \gg R_1 \quad \text{allora } V_{out} = V_{in} \quad \text{se } f_{segnale} < f_t$$



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

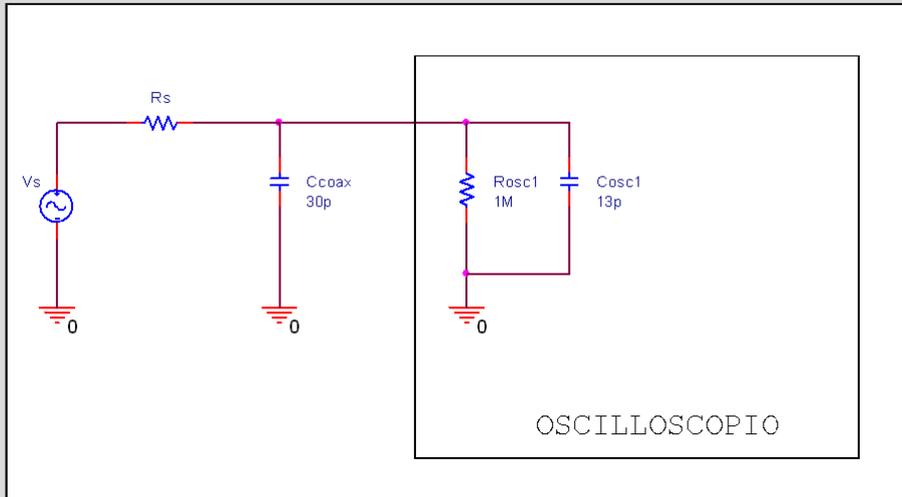
$l \ll \lambda$ Regime di basse frequenze

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)



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

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

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

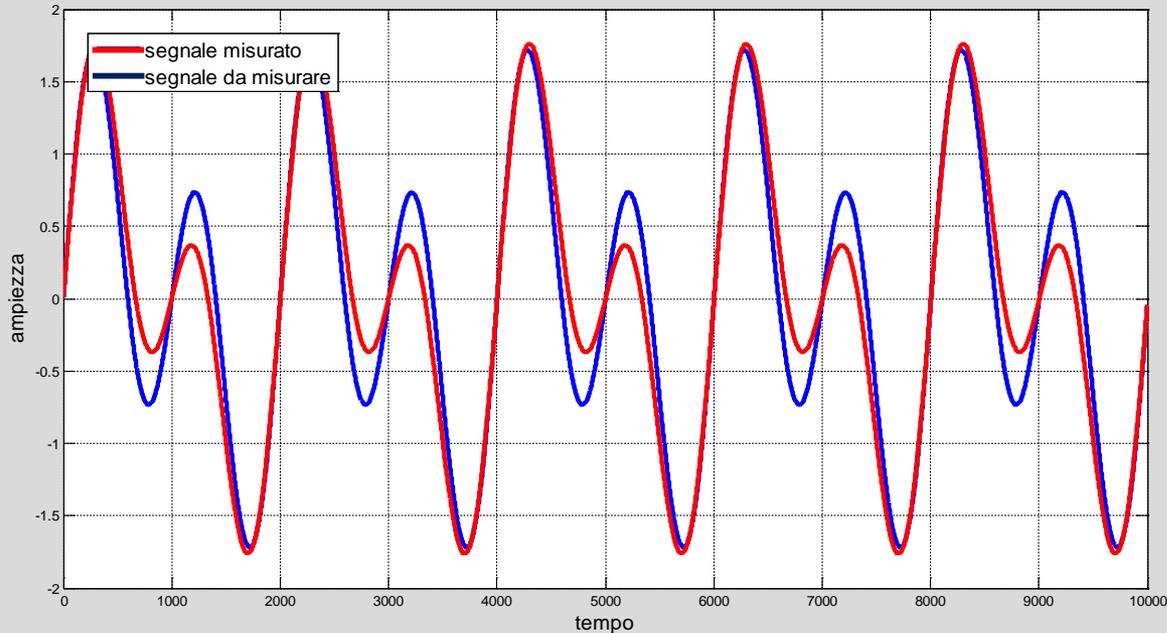
La presenza del cavo coassiale abbassa la frequenza di taglio del circuito di ingresso dell'oscilloscopio.

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



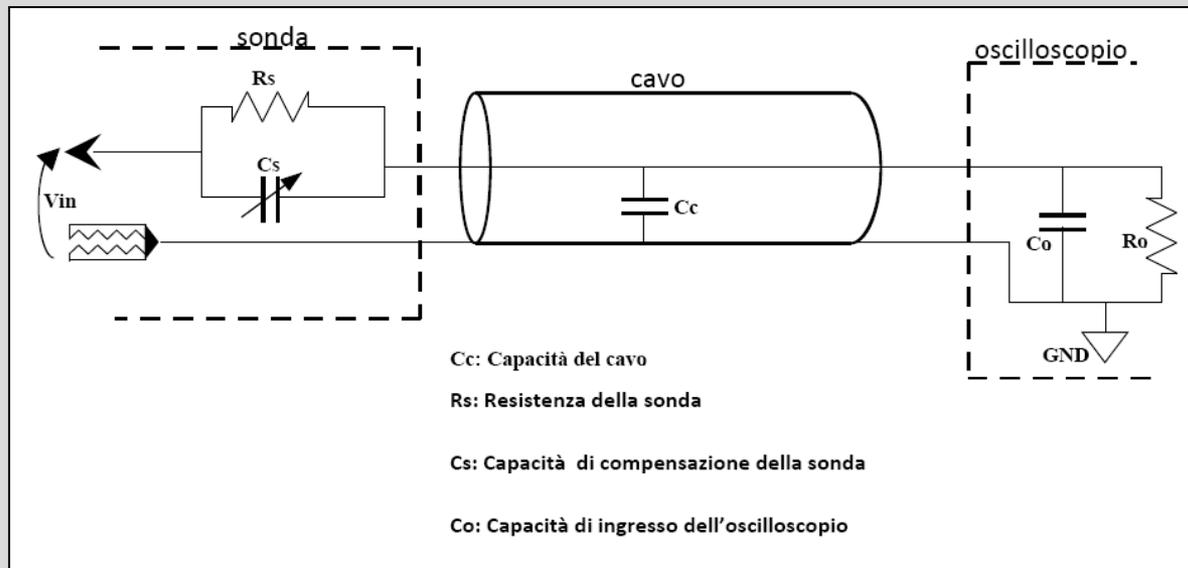
Oscilloscopio digitale

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)

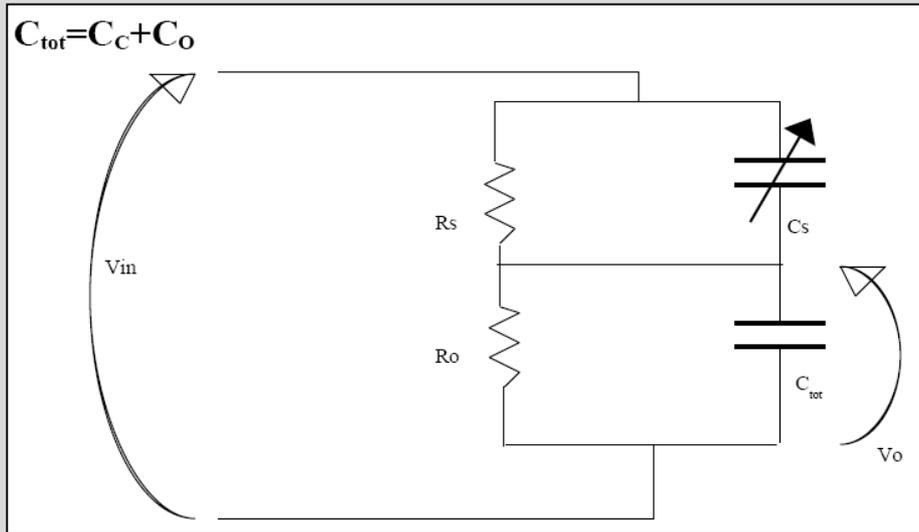


Capacità
variabile di
compensazione

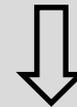


Oscilloscopio digitale

Collegamento con sonda compensata 10x (parte 3)



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



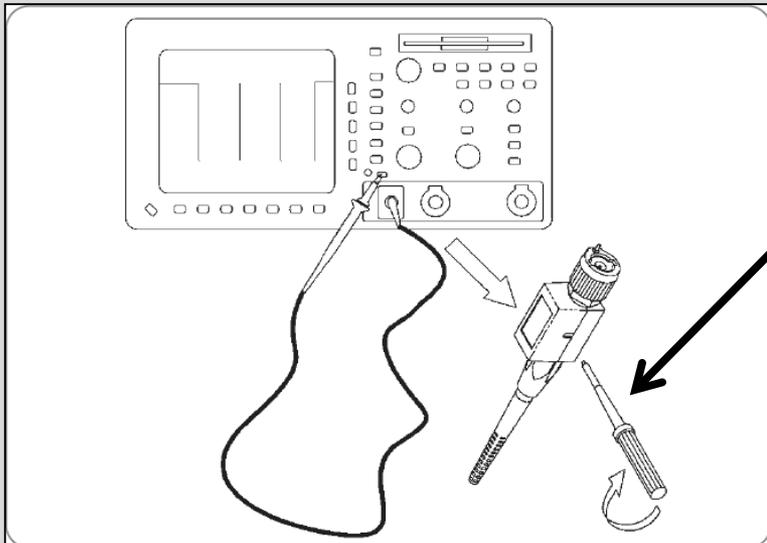
$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_o}{R_o + R_s \left(\frac{1 + j\omega R_o C_{tot}}{1 + j\omega R_s C_s} \right)}$$

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.

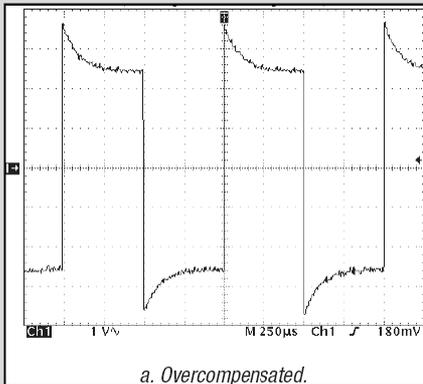
$R_S = 9M\Omega$ sonda

$R_O = 1M\Omega$ Oscilloscopio



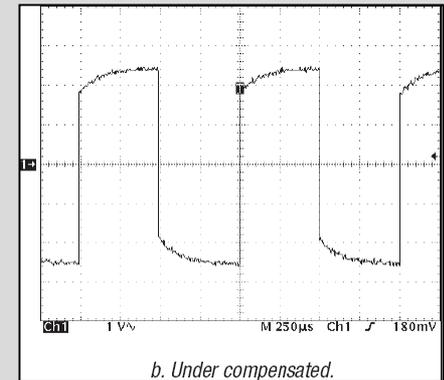
Oscilloscopio digitale

Collegamento con sonda compensata 10x (parte 5)

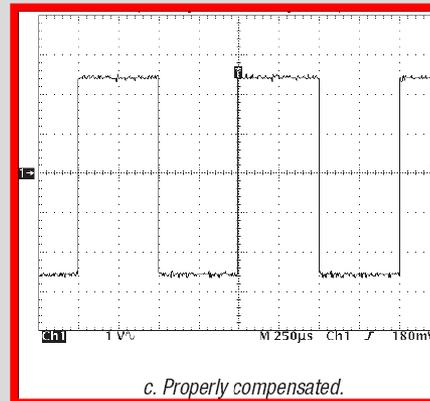


Sovracompensazione,
comportamento passa-
alto

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.

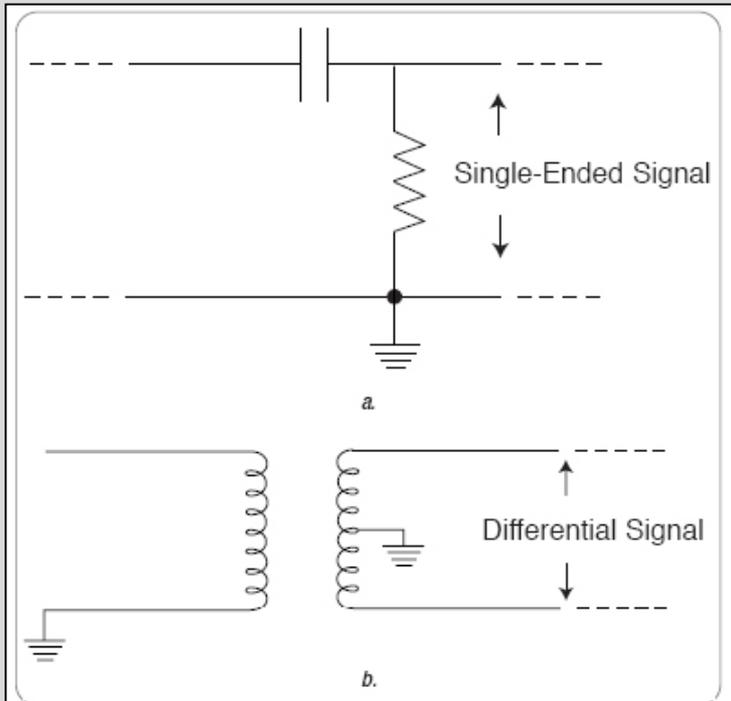
N.B.

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



Oscilloscopio digitale

Misure differenziali



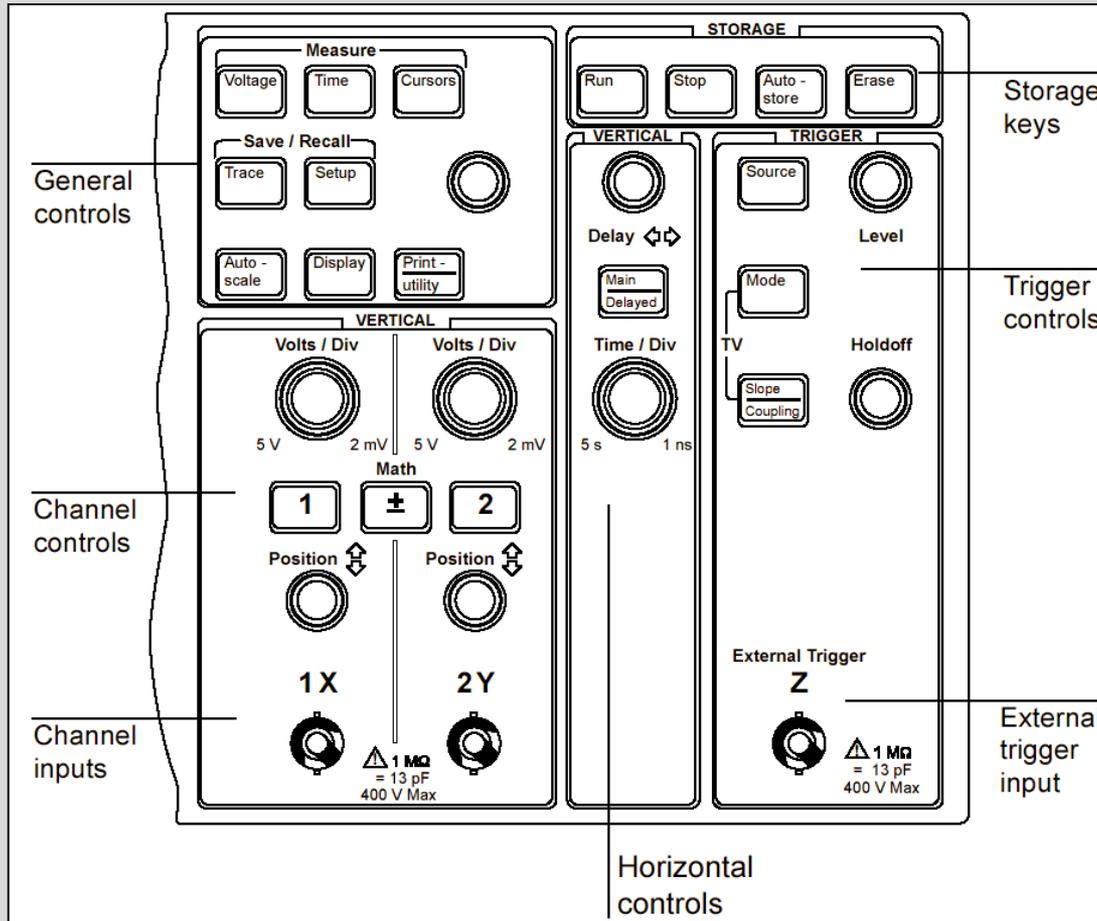
Single-ended signals are referenced to ground (a), while differential signals are the difference between two signal lines or test points (b).

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

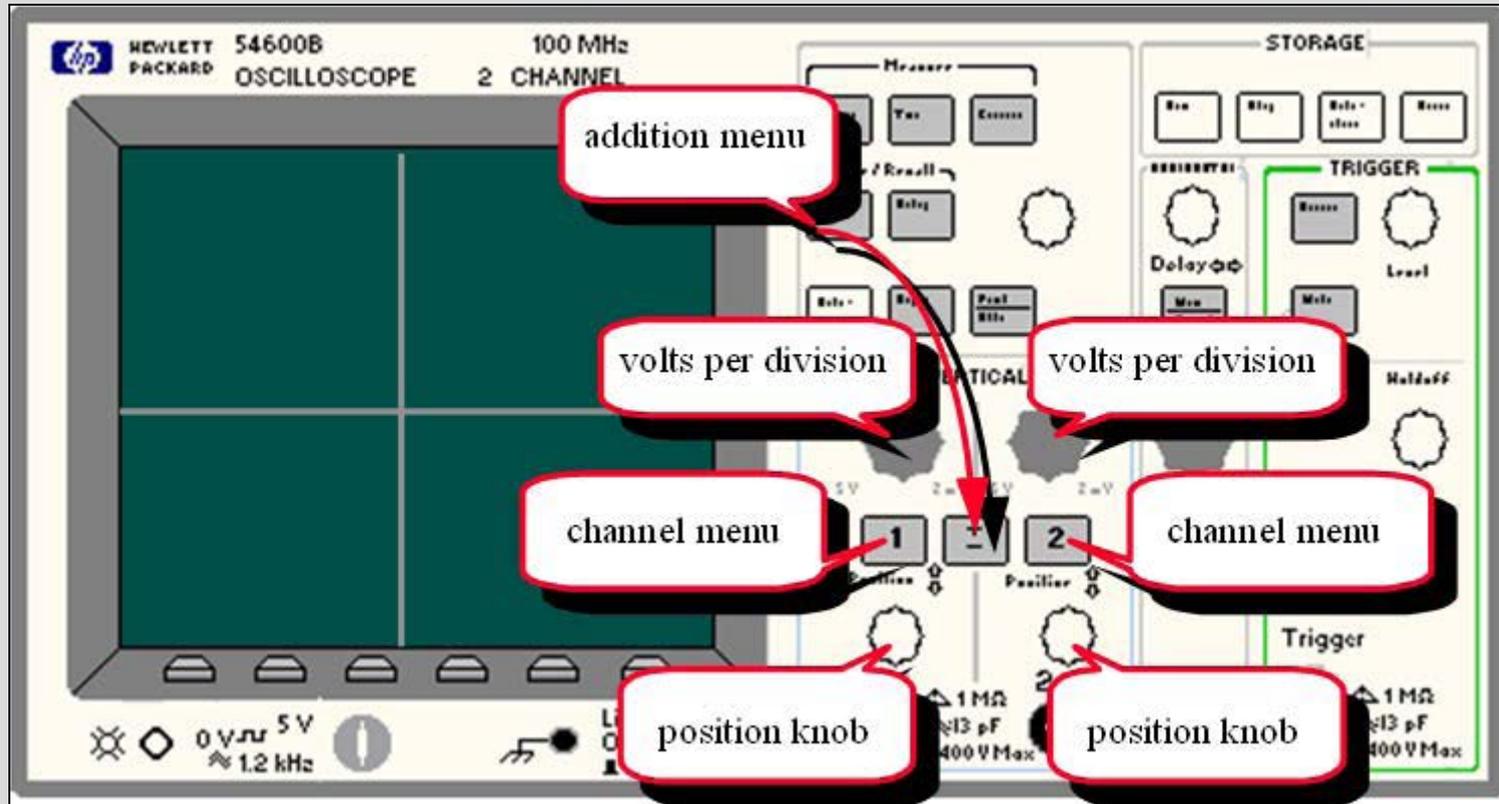
Comandi sul pannello frontale





Oscilloscopio digitale

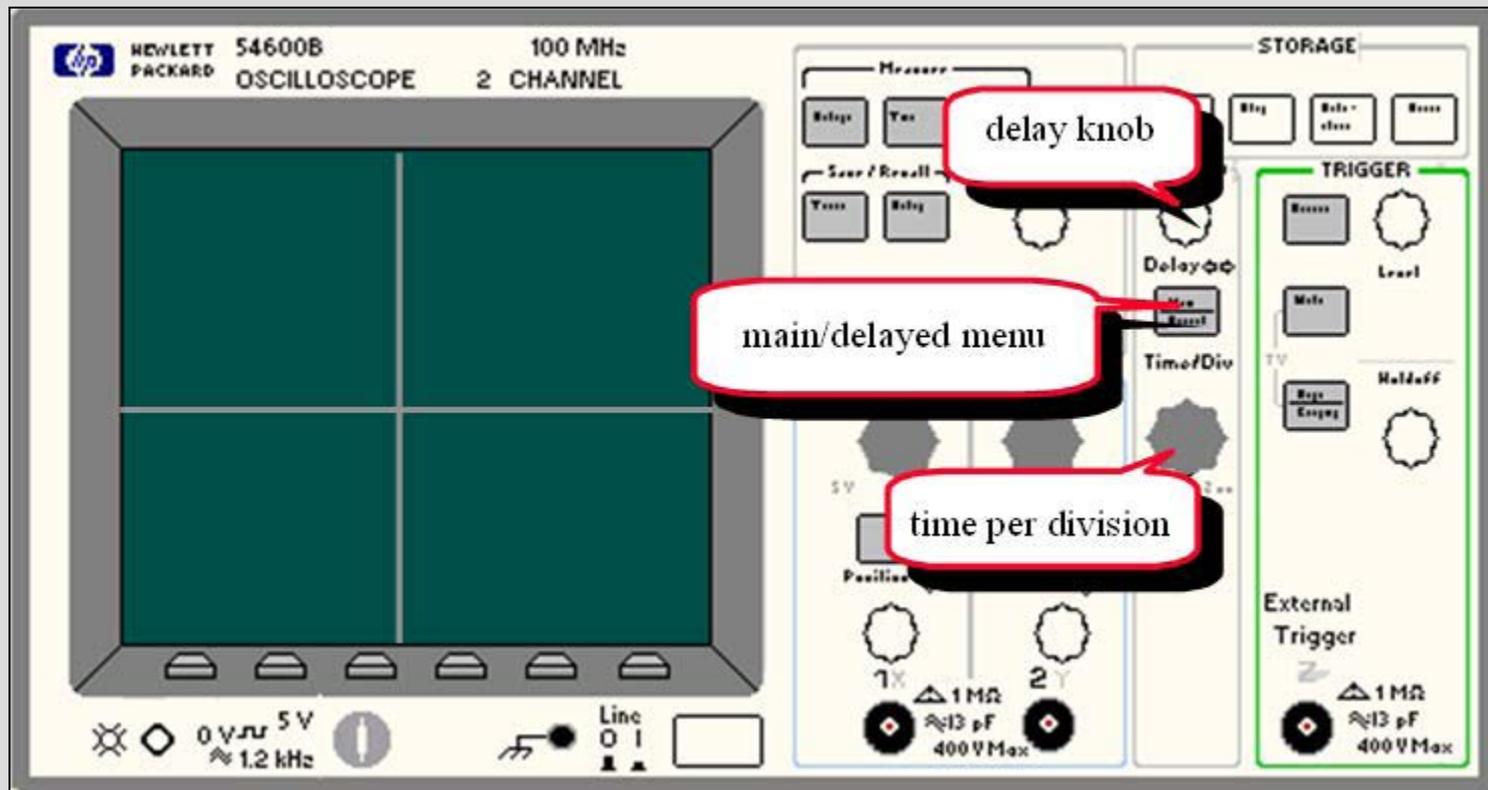
Comandi sul pannello frontale – Menu verticale





Oscilloscopio digitale

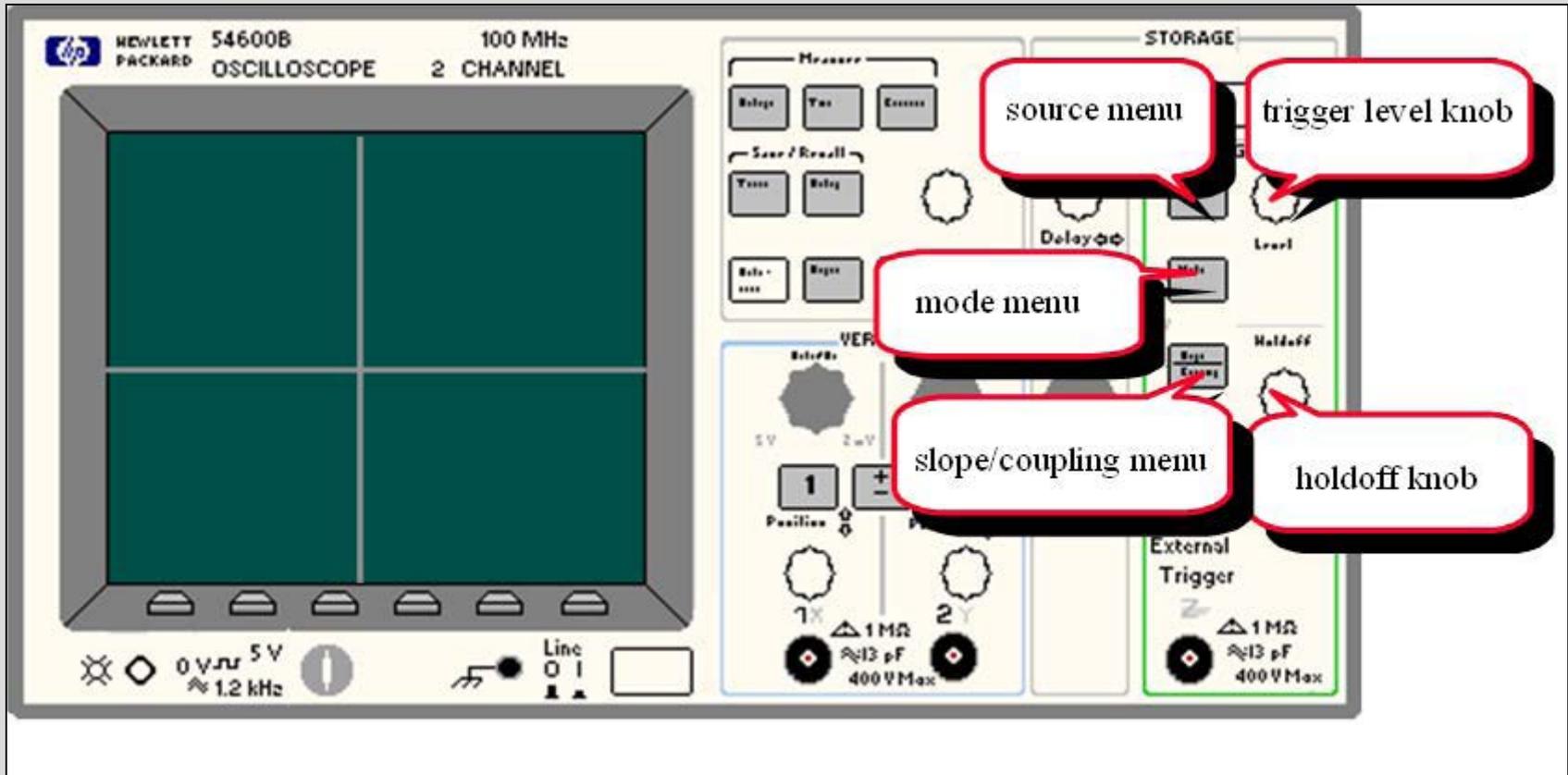
Comandi sul pannello frontale – Menu orizzontale





Oscilloscopio digitale

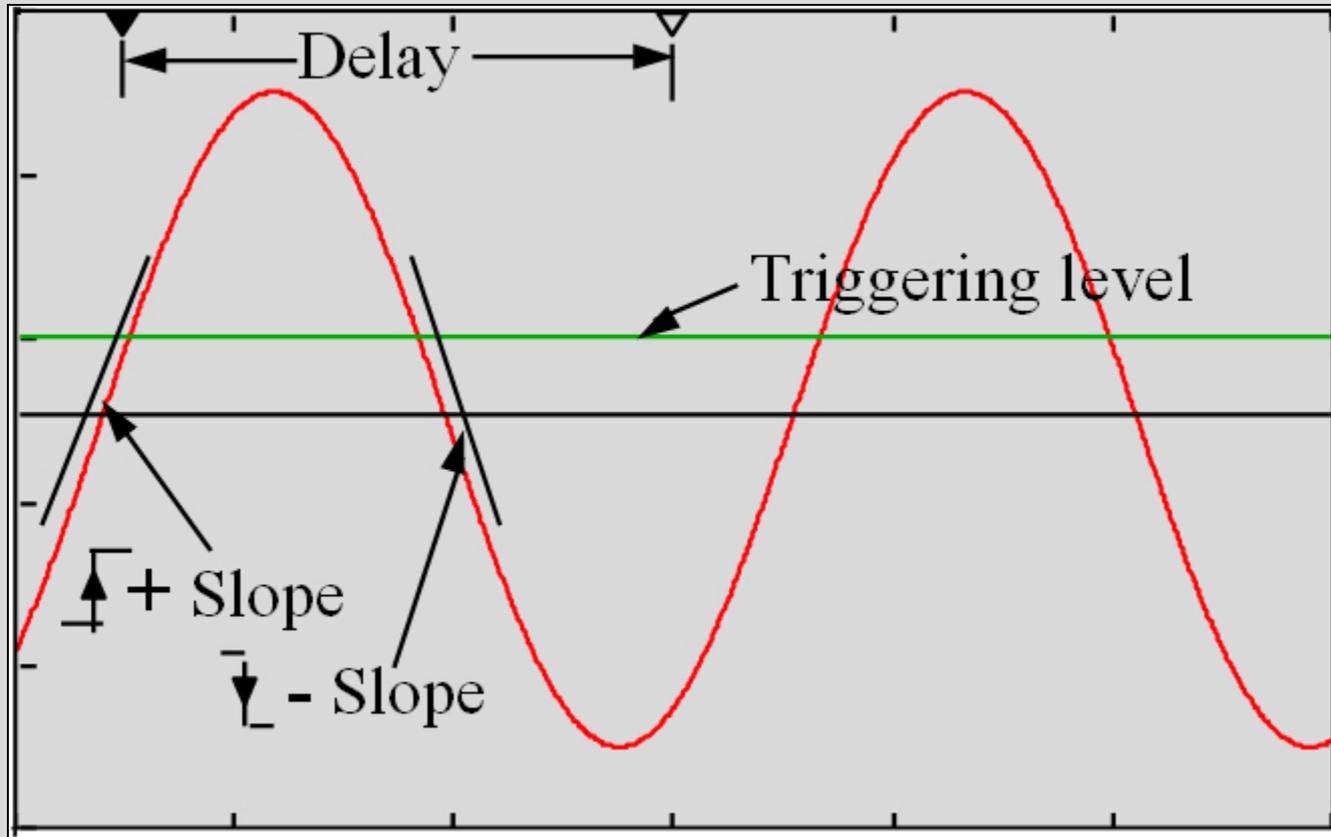
Comandi sul pannello frontale – Menu di trigger





Oscilloscopio digitale

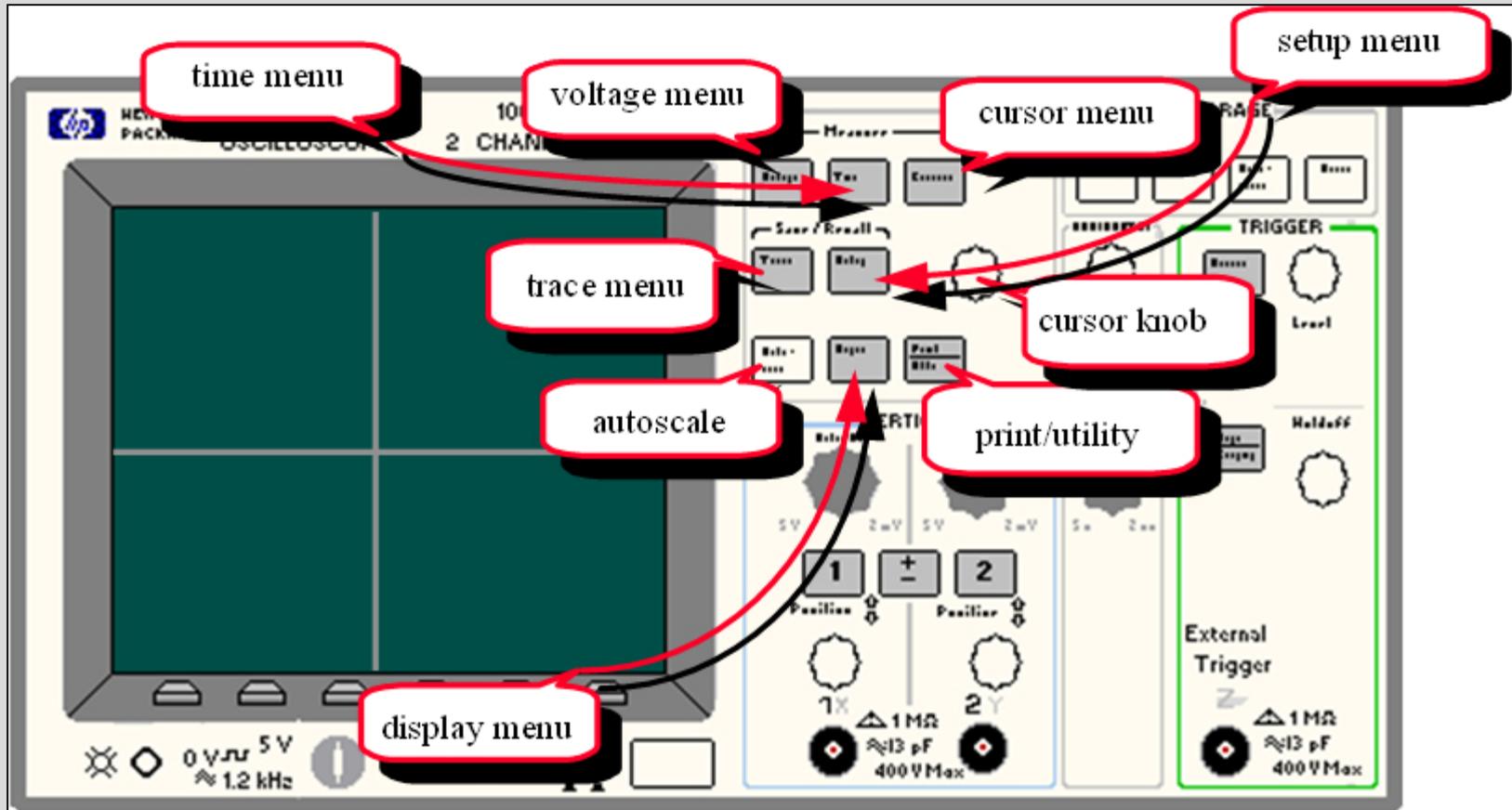
Comandi sul pannello frontale – Menu di trigger





Oscilloscopio digitale

Comandi sul pannello frontale – Misure automatiche e traccia





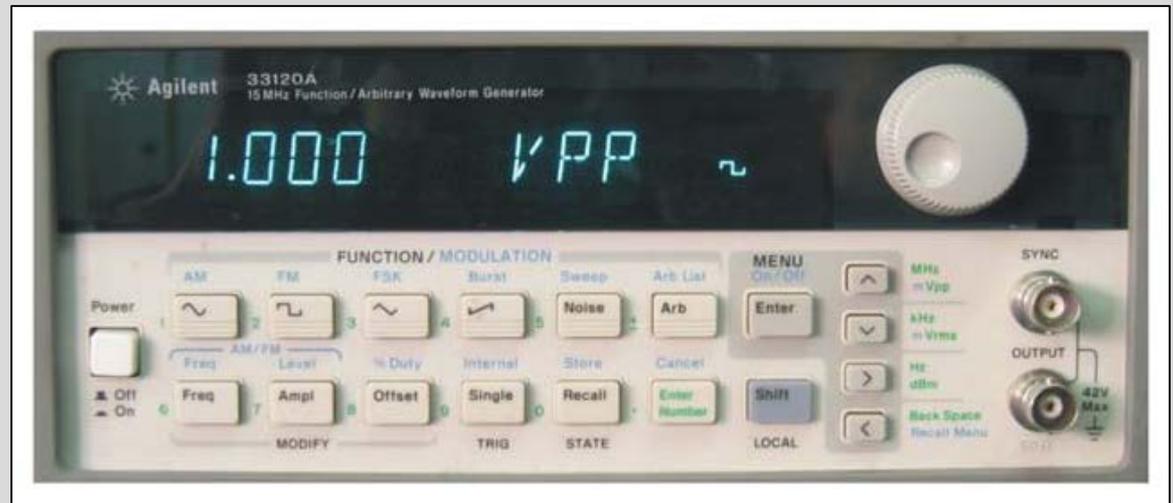
Generatore di funzioni

Genera forme d'onda:

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

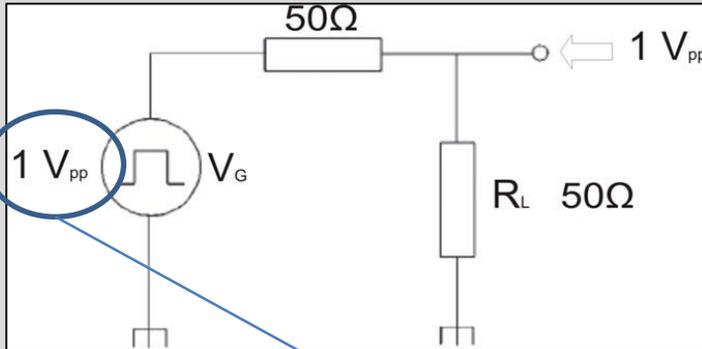
Permette la regolazione di:

- Frequenza
- Ampiezza
- Offset
- ...

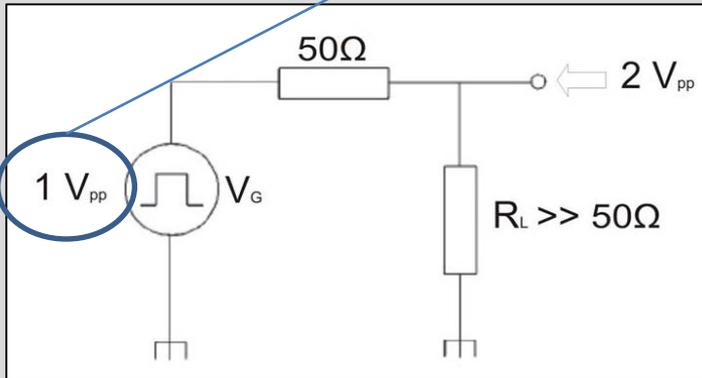




Generatore di funzioni



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