



# **Elettronica I**

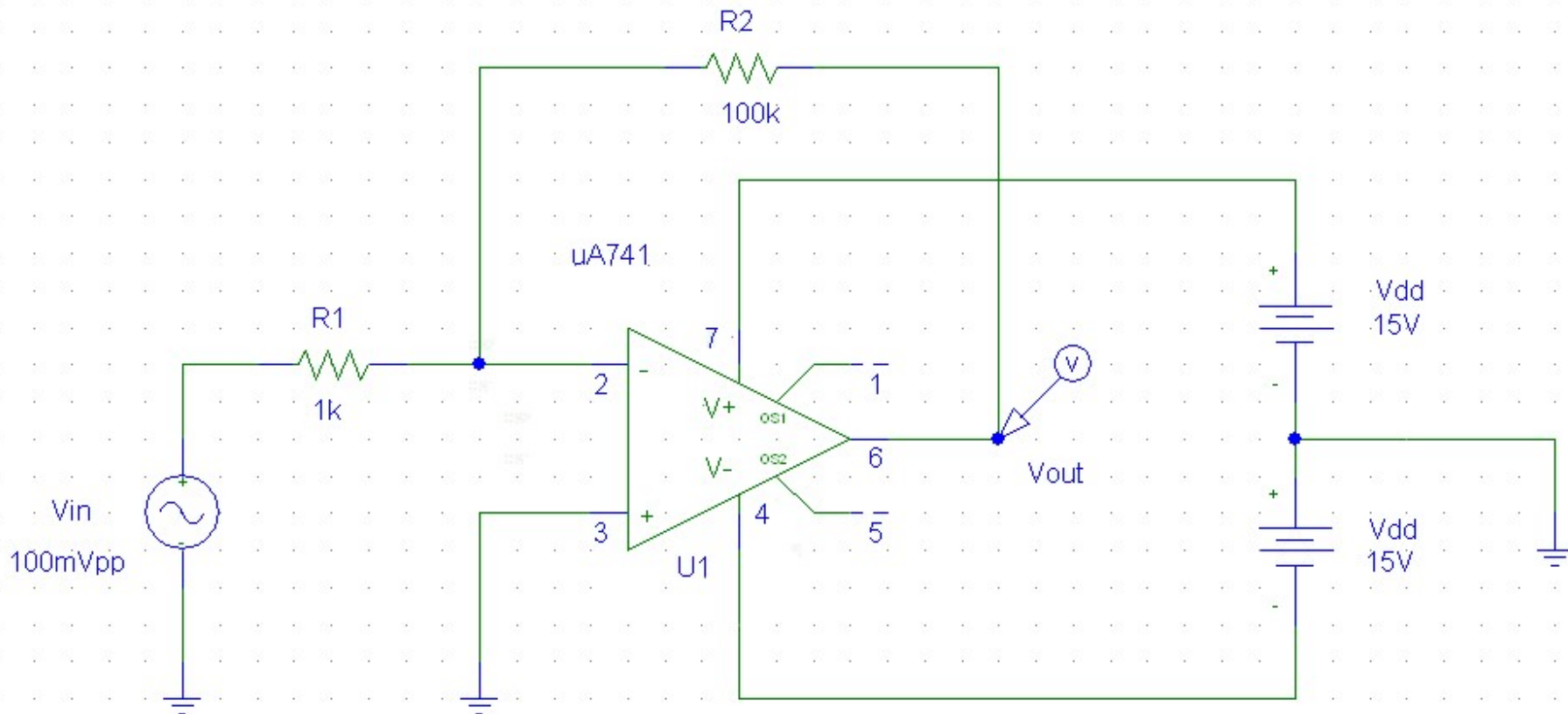
## **Esercitazione OP - AMP**

---

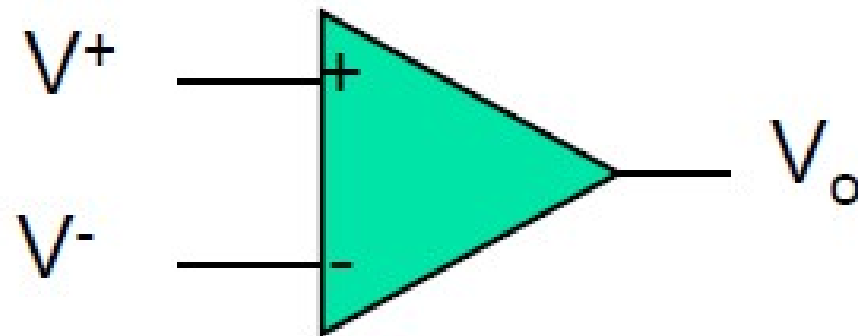
### ***RISPOSTA IN FREQUENZA DI CIRCUITI CON AMPLIFICATORI OPERAZIONALI OpAmp***

# Configurazione Invertente

Circuito ATTIVO: l'OpAmp va alimentato



# OpAmp Ideale



$$A_a = \frac{V_o}{V^+ - V^-} = +\infty$$

$$R_{in} = +\infty$$

$$R_{out} = 0 \Omega$$



# Configurazione Invertente con OpAmp Ideale

---

**Corto Circuito Virtuale:**

$$V^+ = V^-$$

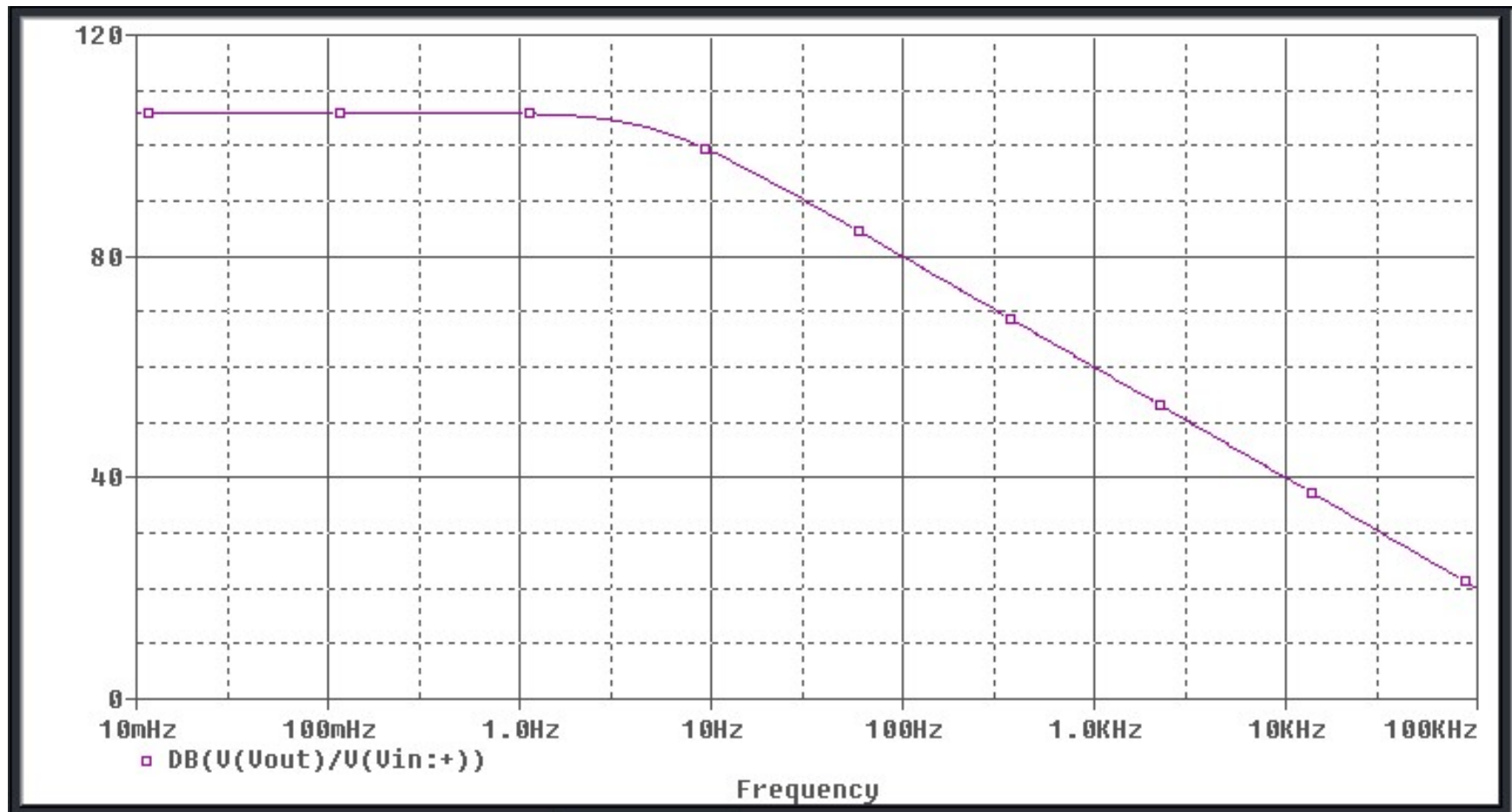
**Guadagno Configurazione Invertente:**

$$G_{CI} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{R_2}{R_1}$$

# OpAmp $\mu$ A741 – Anello Aperto

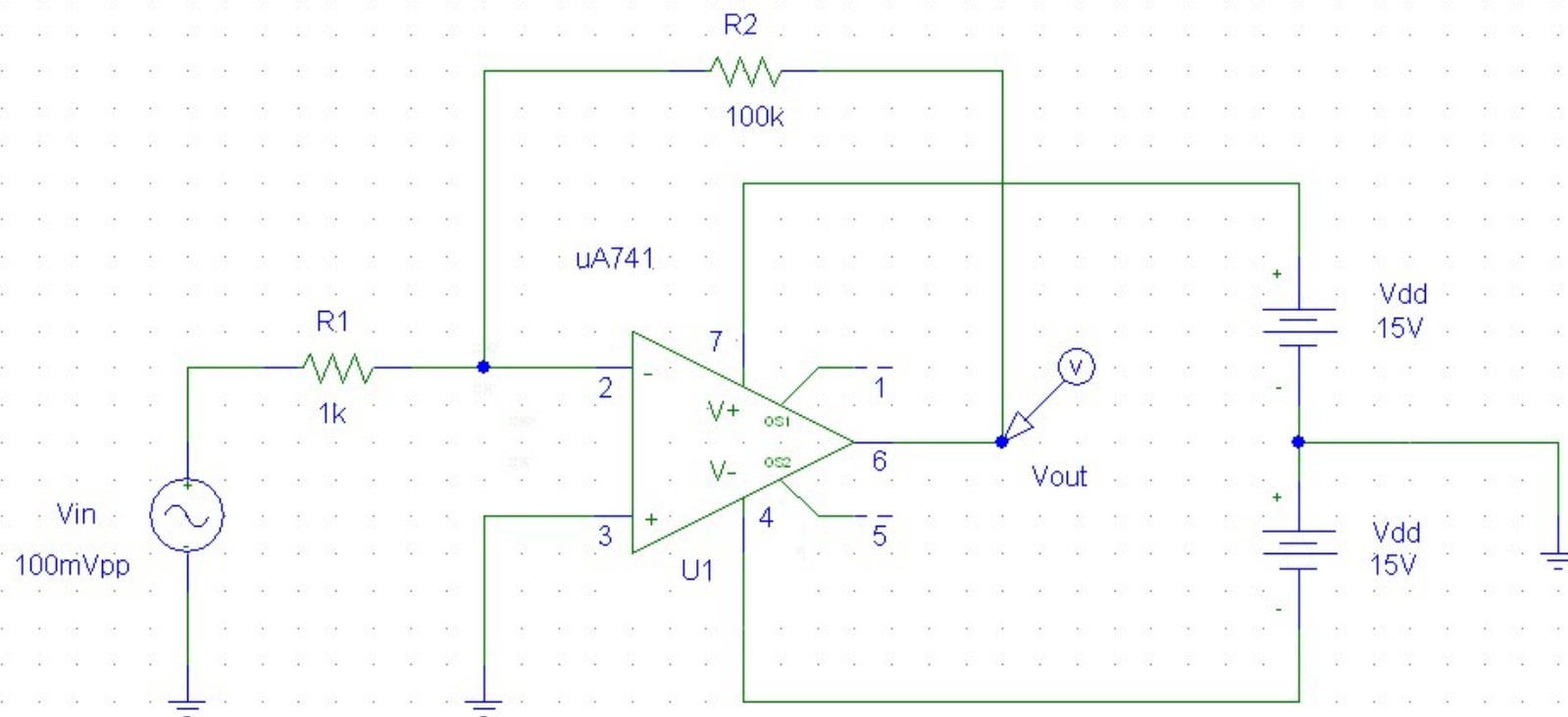
## Diagramma di Bode – Modulo

Vedi anche grafico a pag. 81 in basso sulle dispense



# Configurazione Invertente

Circuito ATTIVO: l'OpAmp va alimentato  
SATURAZIONE DEL NODO DI USCITA



# Elettronica I



## Lab. Didattico di Elettronica

---

### ***BREVE INTRODUZIONE AGLI STRUMENTI DEL BANCO DI MISURA***

## n.3 Strumenti Utilizzati



**Alimentatore**



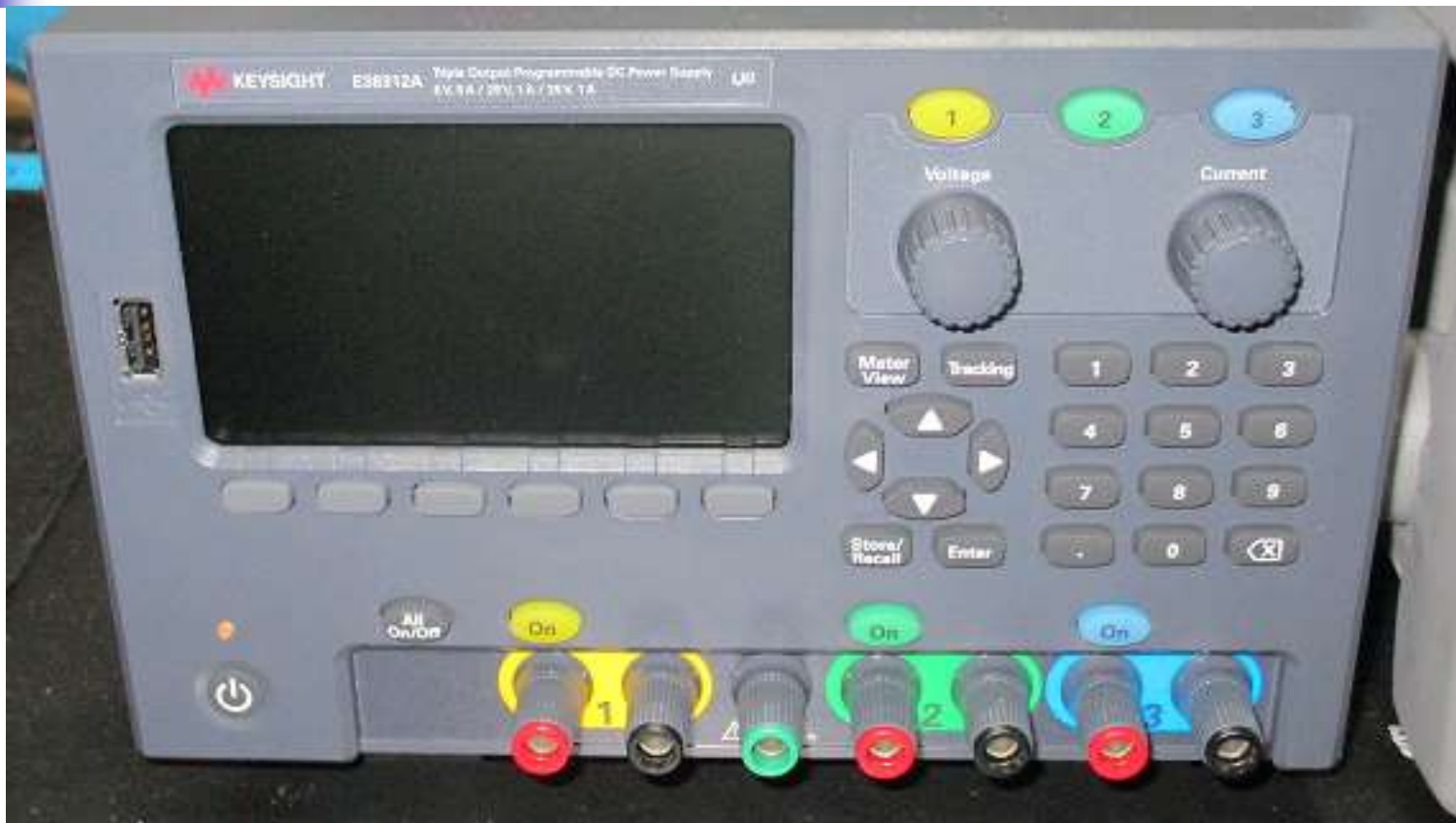
**Generatore di Funzioni**



**Oscilloscopio  
Digitale**



# Alimentatore KEYSIGHT E36312A



# Alimentatore KEYSIGHT E36312A



**Tasto accensione ( premere )**

# Generatore di Tensione



( si accende il led verde )

# Generatore di Tensione con n. 3 canali indipendenti con potenza totale di 80 W



# DC Output Rating

## Collegamento Indipendente



↑ 5A ↑  
+ | -  
0 - 6V

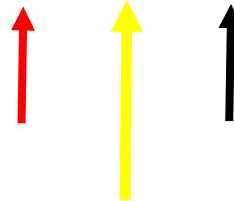
↑ 1A ↑  
+ | -  
0 - 25V

↑ 1A ↑  
+ | -  
0 - 25V

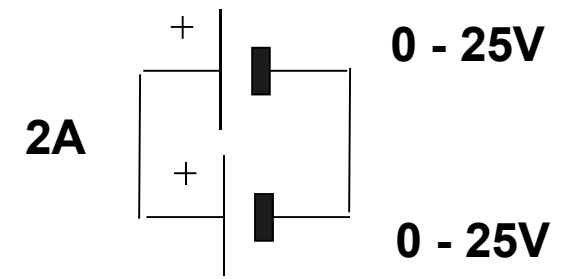
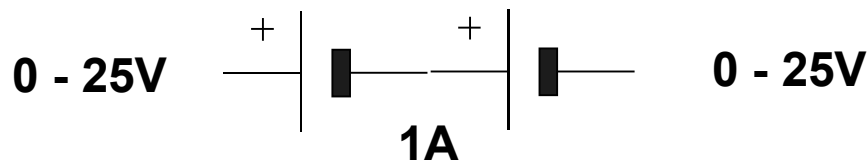


# Generatore di Tensione

## Collegamento Serie e Parallelo



**Collegamento interno dello strumento se si imposta in modalità Serie**



# Per selezionare modalità Serie ( prima SLIDE )



**Selezionare Output Setting**

# Per selezionare modalità Serie ( seconda SLIDE )



**Selezionare Operation Mode**



# Collegamento Serie

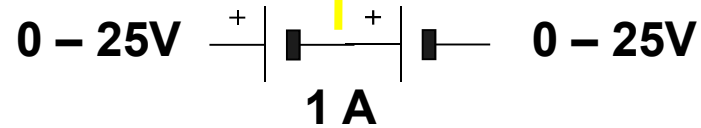


**Selezionare Mode Series**

# Serie



Collegamento interno  
dello strumento se si imposta  
in modalità Serie



# Premere n.2 volte Back



**Back = torna indietro**

# Accendere il canale 2





# Impostare la tensione totale Serie a 30V



1:  
imposta 30

2: premi Enter

# IMPORTANTE:

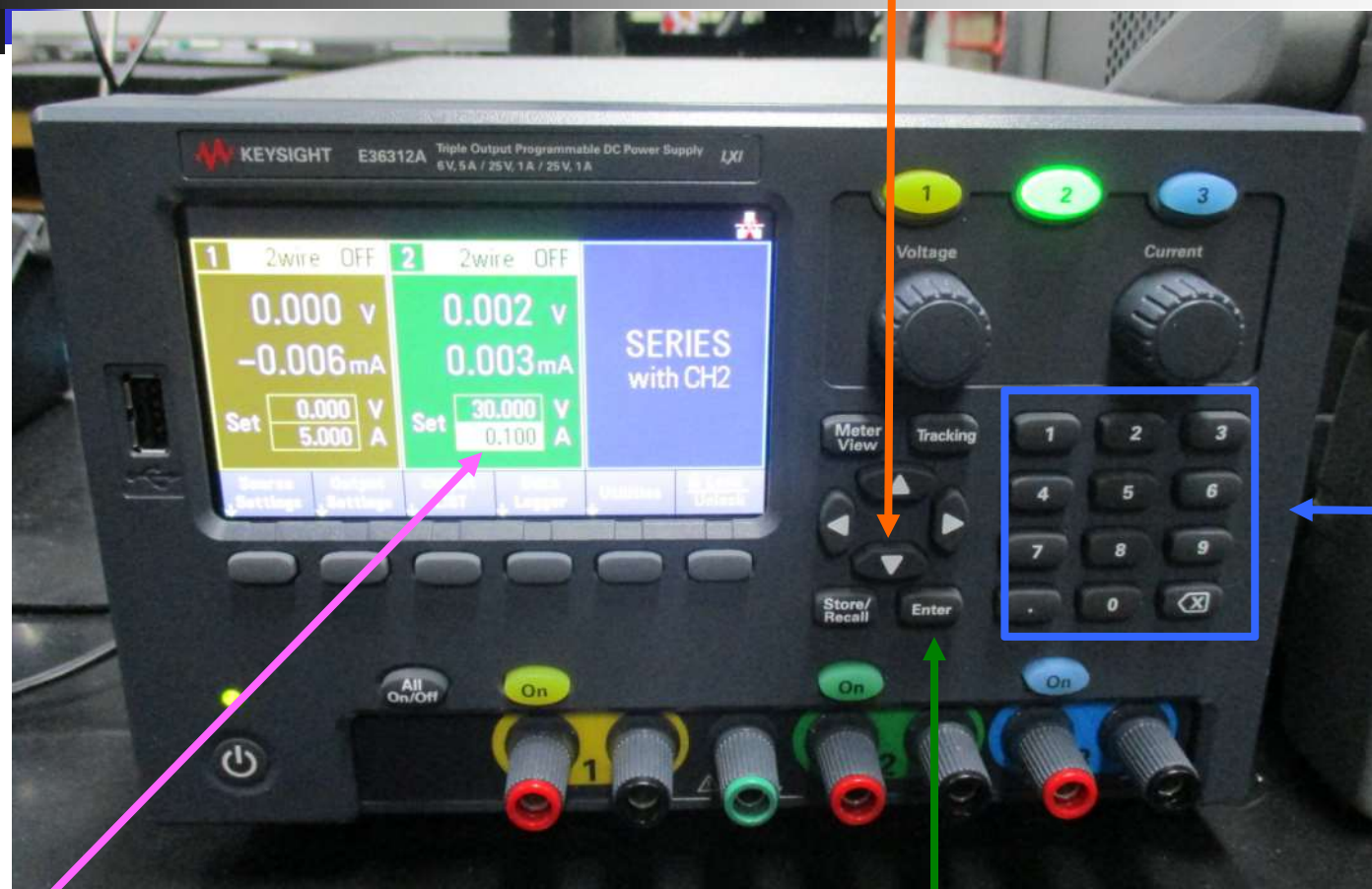
**limitare SEMPRE la corrente**



**scegli il  
valore di  
corrente**

**...  
comincia  
con  
valori  
piccoli**

# Limitare la corrente a 0.1A



1: premi

2: imposta 0.1

3: premi Enter



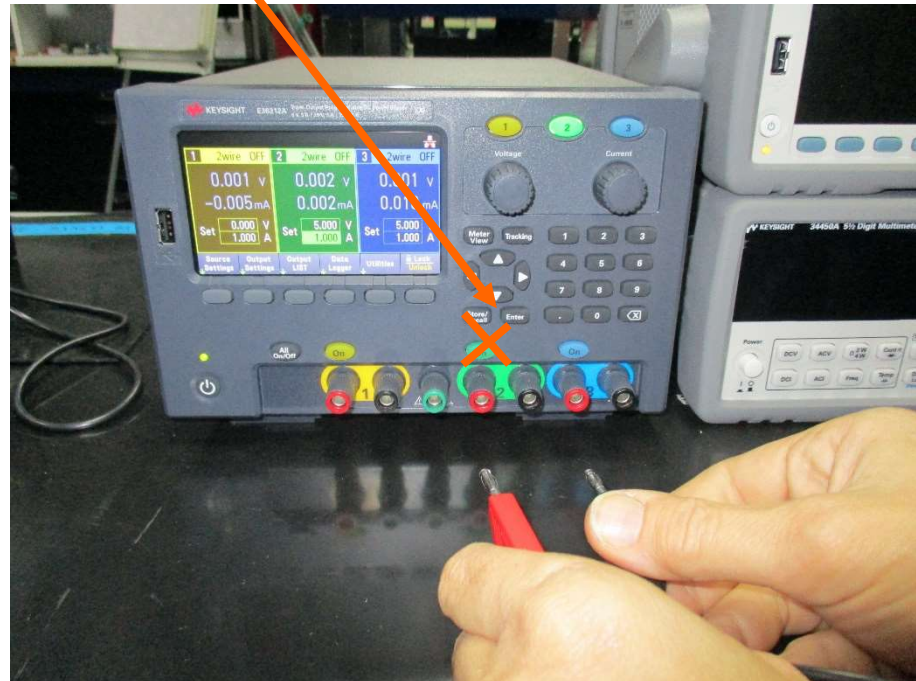
# Cavetti

spina banana / spina banana





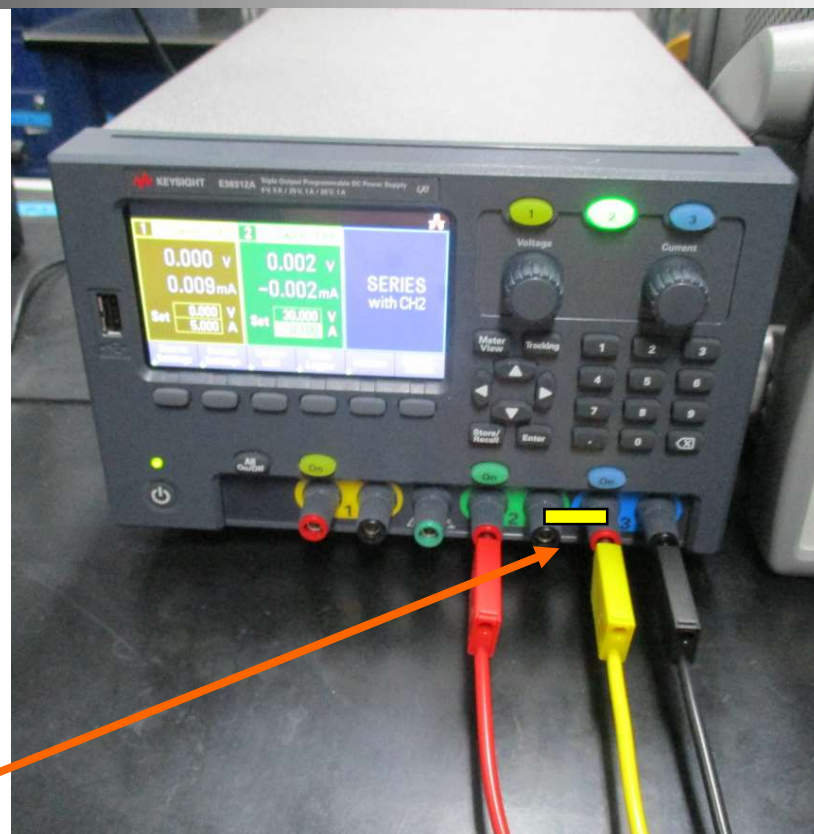
# L'uscita DEVE ESSERE SEMPRE SPENTA



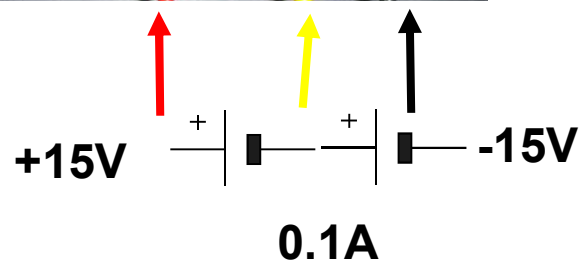
**quando si collegano / scollegano i cavi banana**

# Posizione cavi banana

## Es: Serie +15V e -15V senza GND

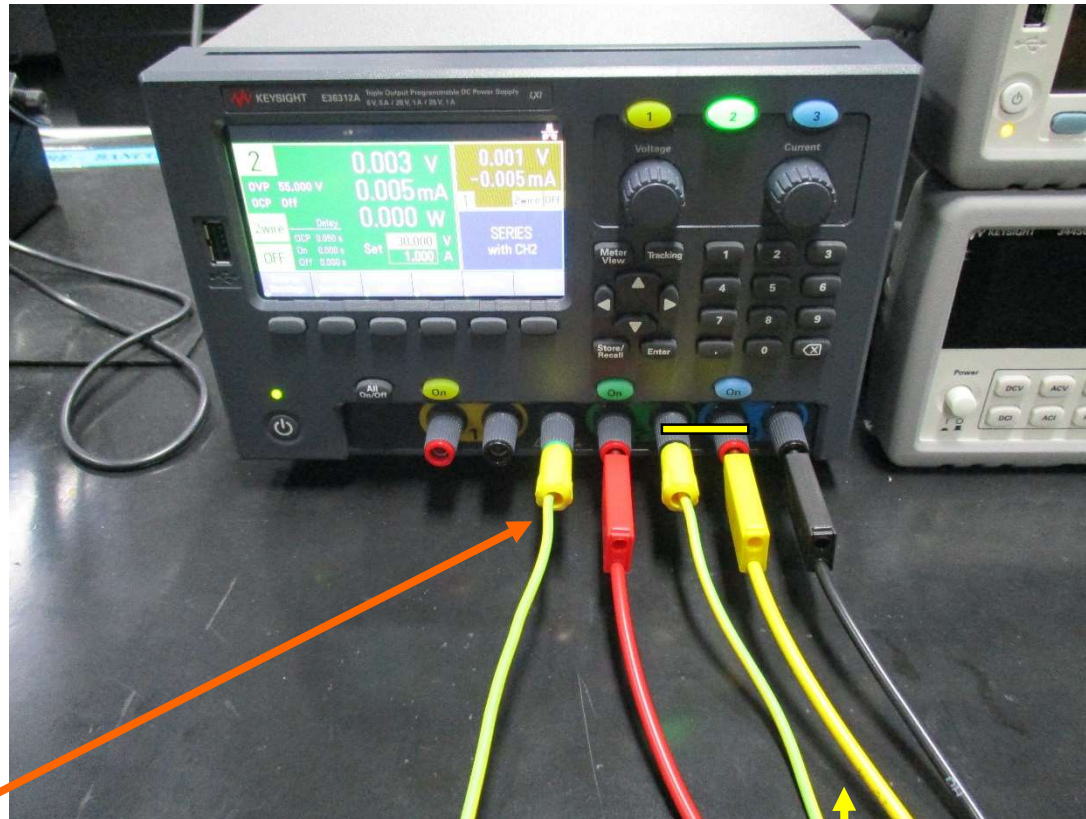


Collegamento interno  
dello strumento se si imposta  
in modalità Serie

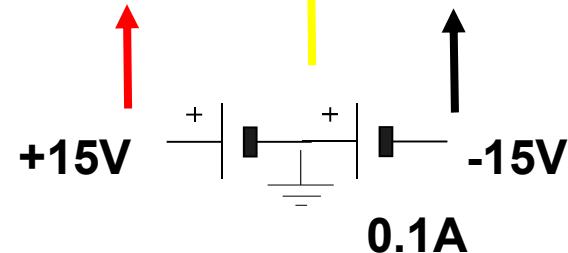


# Posizione cavi banana

## Es: Serie +15V e -15V con GND

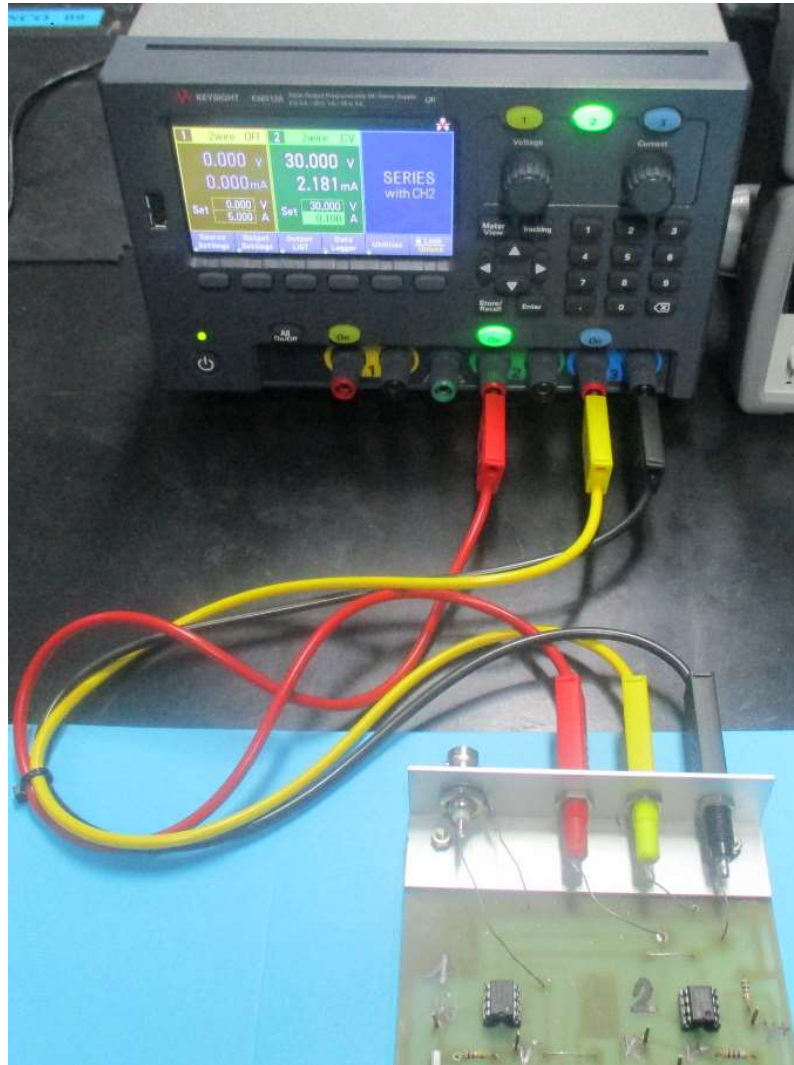


non colleghiamo il cavo singolo giallo banana-banana a GND perché la GND viene fornita dal Generatore di Funzioni



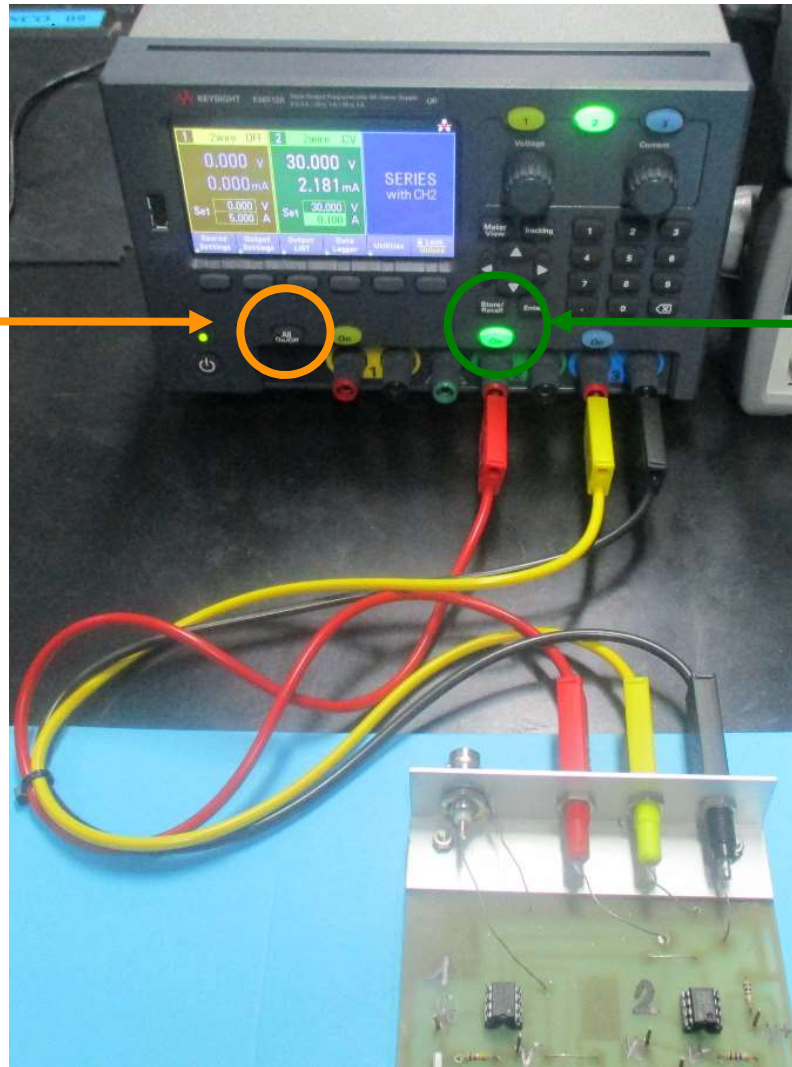


# Collegamento Alimentatore e Basetta OpAmp



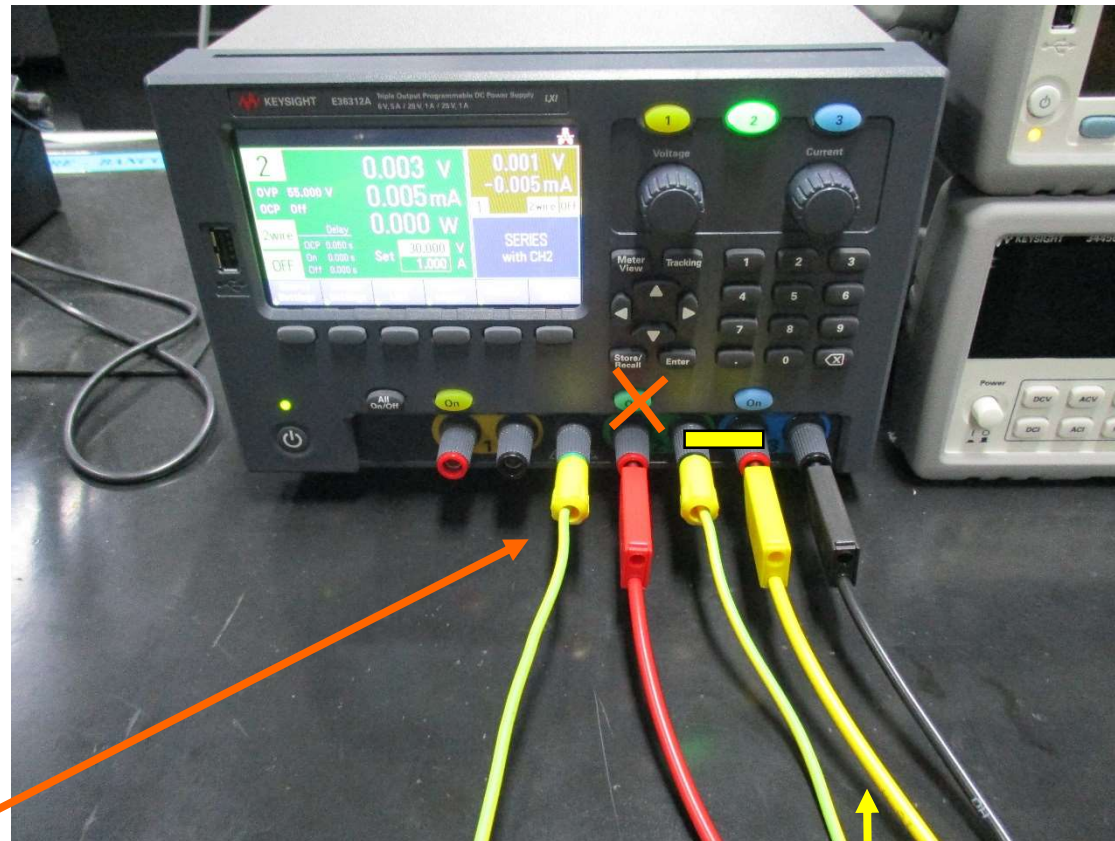
# Per alimentare il circuito OpAmp

Questo tasto  
Accende / Spegne  
tutti i canali  
simultaneamente

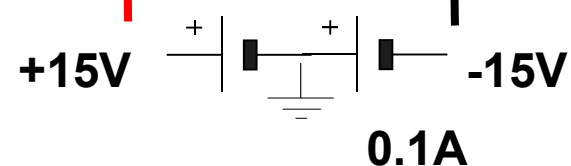


1: accendere  
l'uscita 2

# Abbiamo impostato l'alimentatore in Serie +15V e -15V 0.1A con GND + cavi banana ... ora **SPEGNERE L'USCITA 2**



non colleghiamo il cavo singolo  
giallo banana-banana a GND  
perché la GND viene fornita dal  
Generatore di Funzioni



# Generatore di Funzioni KEYSIGHT 33500B





# Generatore di Funzioni KEYSIGHT 33500B



**Genera i segnali di tensione**

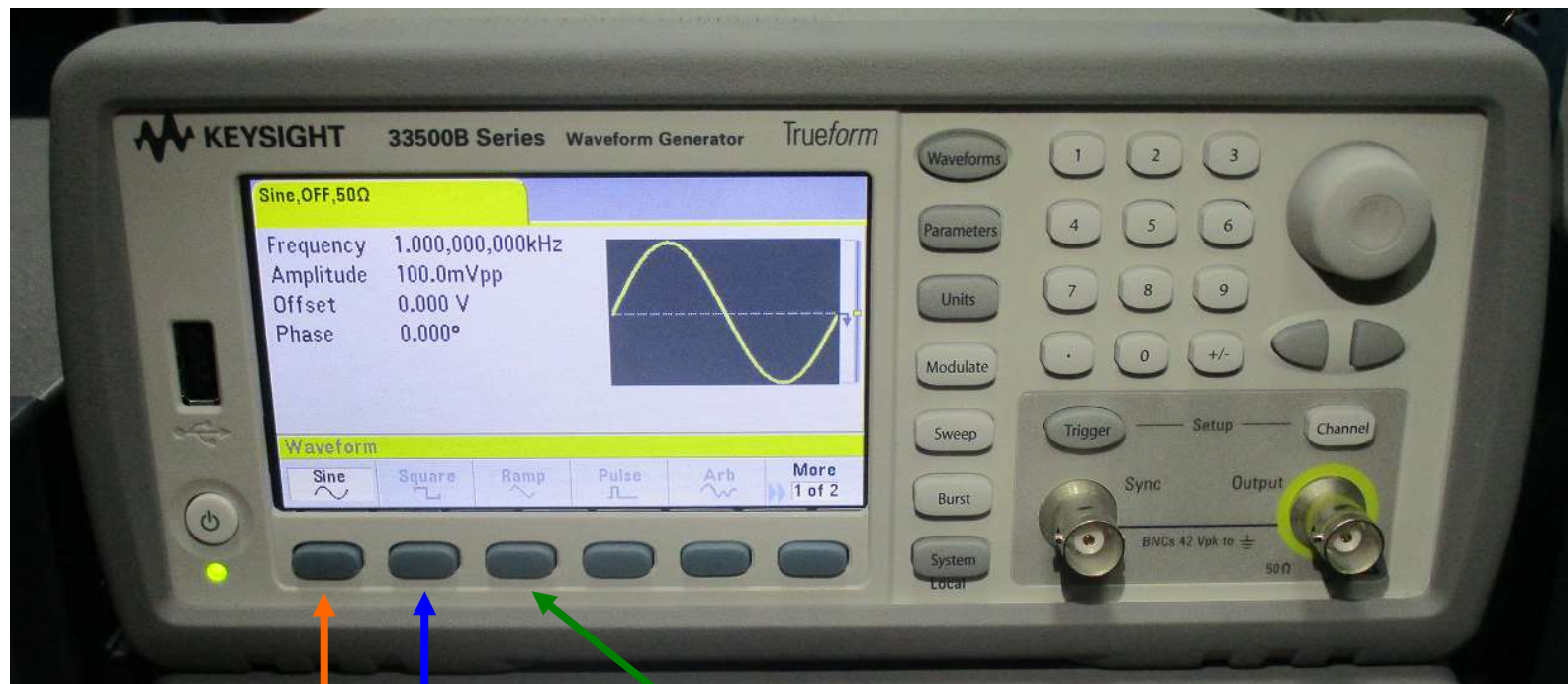


# Generatore di Funzioni KEYSIGHT 33500B



**Tasto accensione ( premere )  
( si accende il led verde )**

# Forma d'Onda del Segnale

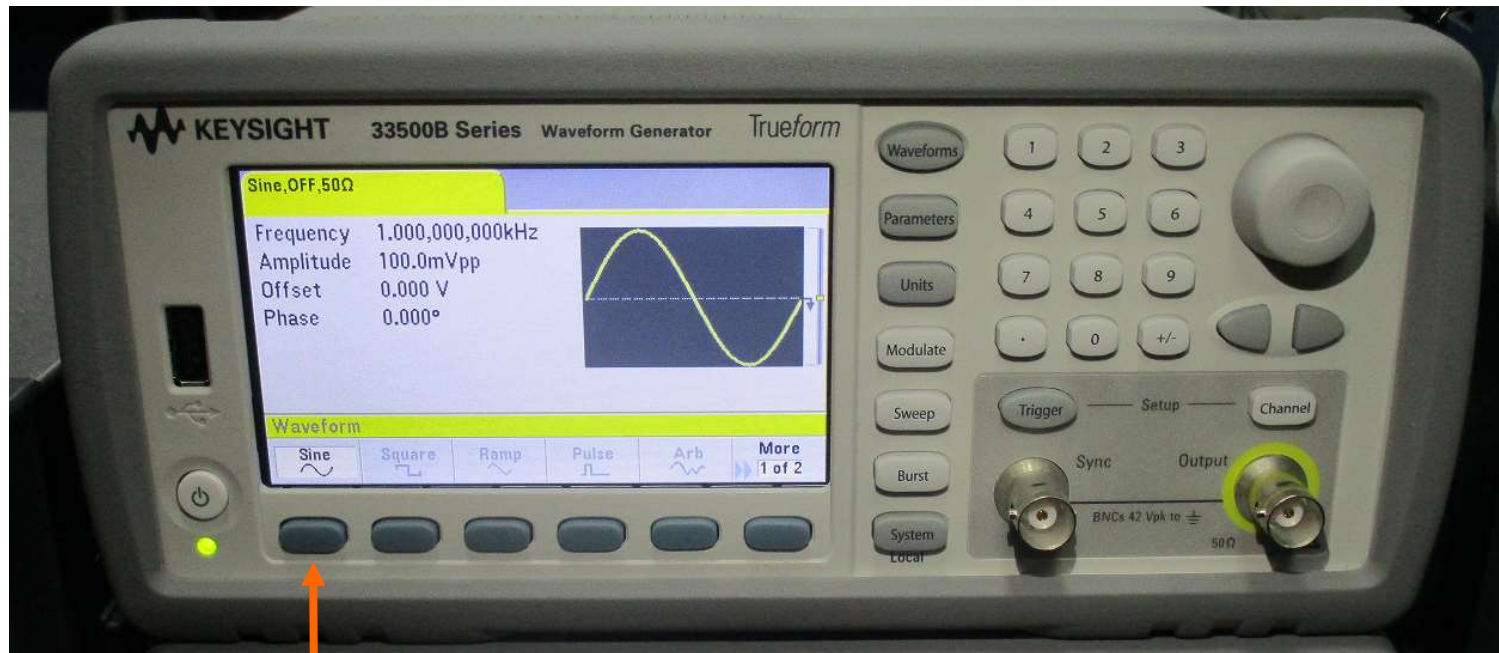


**Onda  
Sinusoidale**

**Onda  
Quadra**

**Rampa**

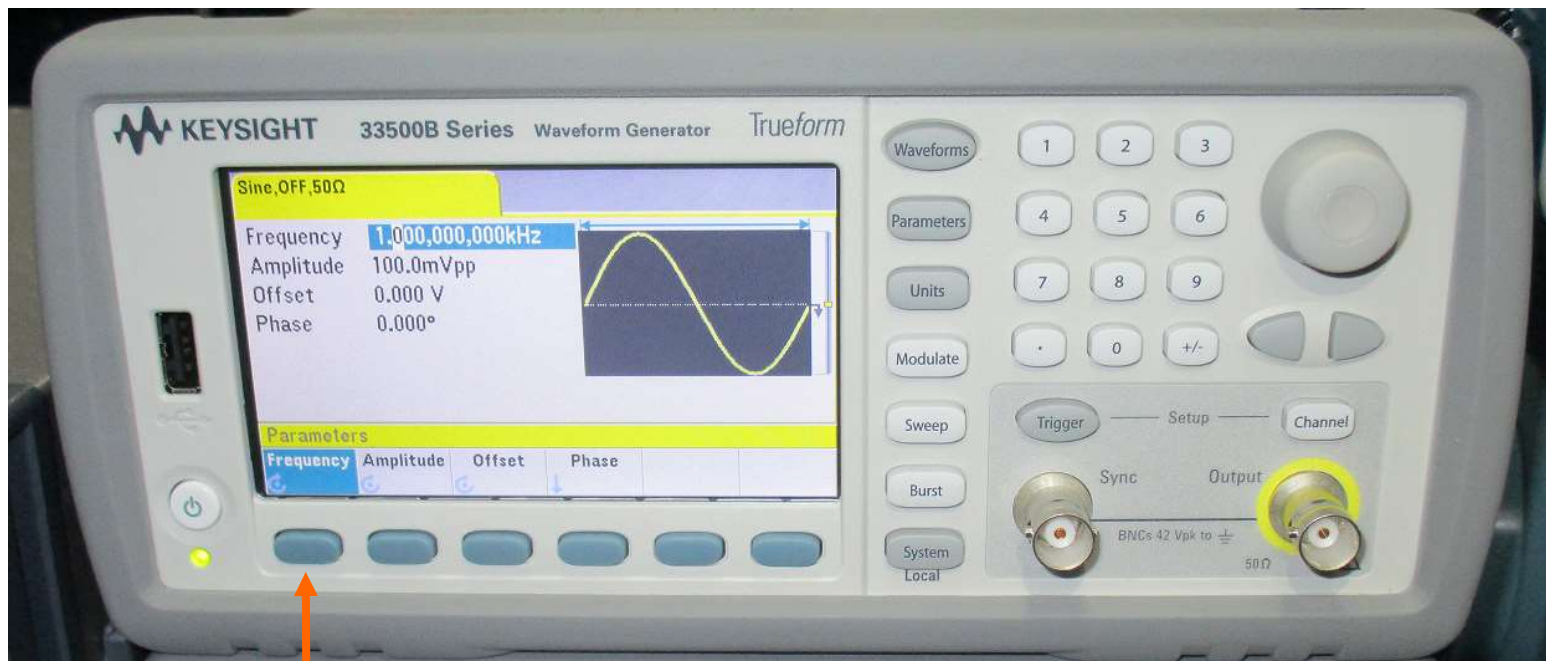
# Forma d'Onda Sinusoidale



**1: premi Sine**

# Frequenza del Segnale Sinusoidale

( prima SLIDE )



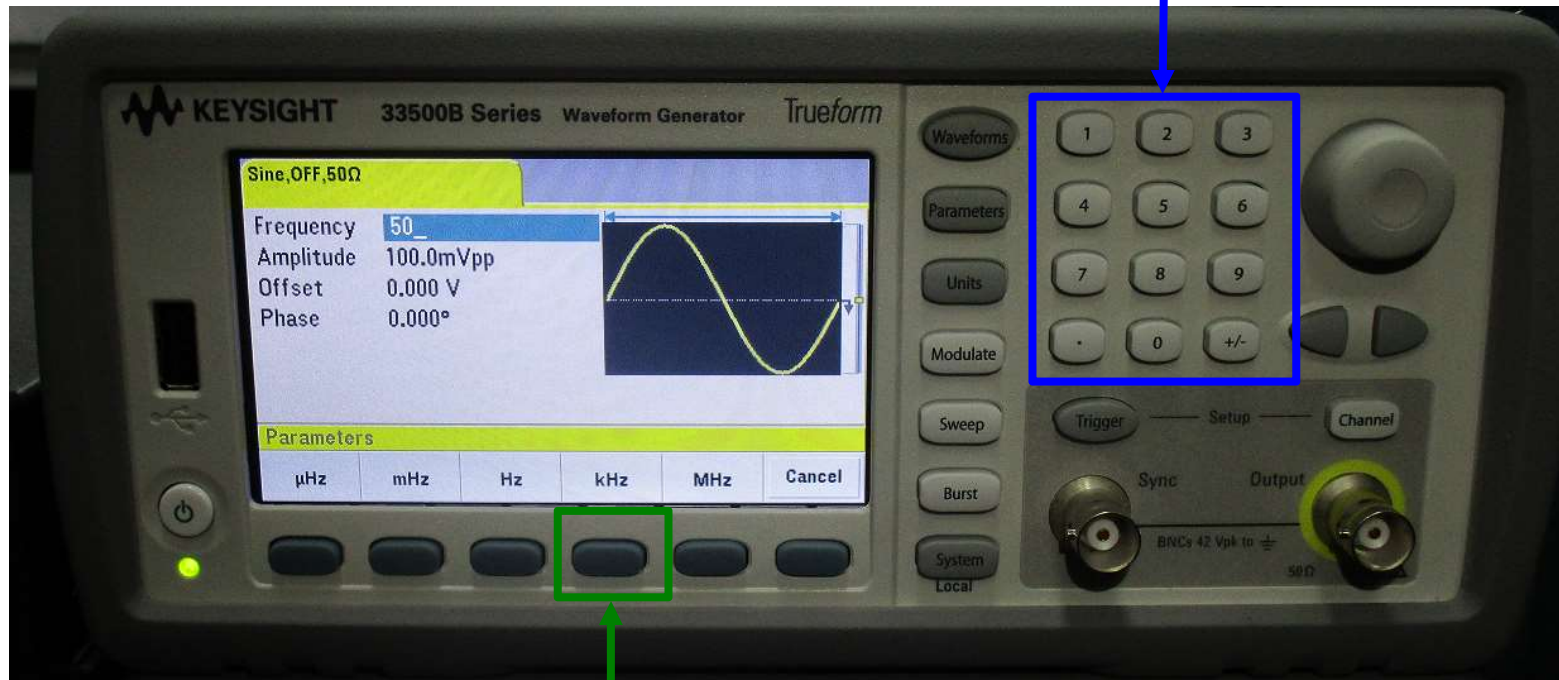
**1: premi Frequency**



# Frequenza del Segnale Sinusoidale

( seconda SLIDE ) = inserisci 1 kHz

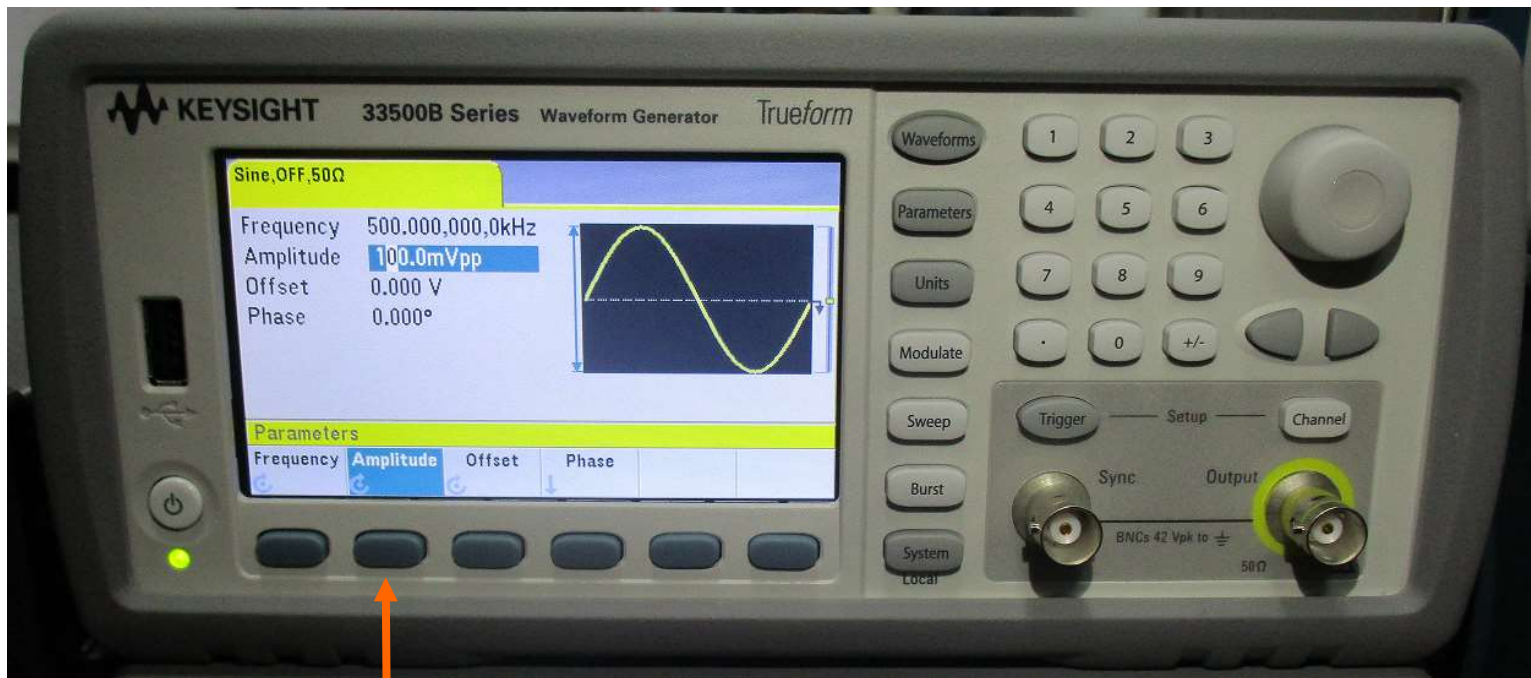
2: inserisci valore



3: scegli unità di misura

# Ampiezza del Segnale Sinusoidale

( prima SLIDE )

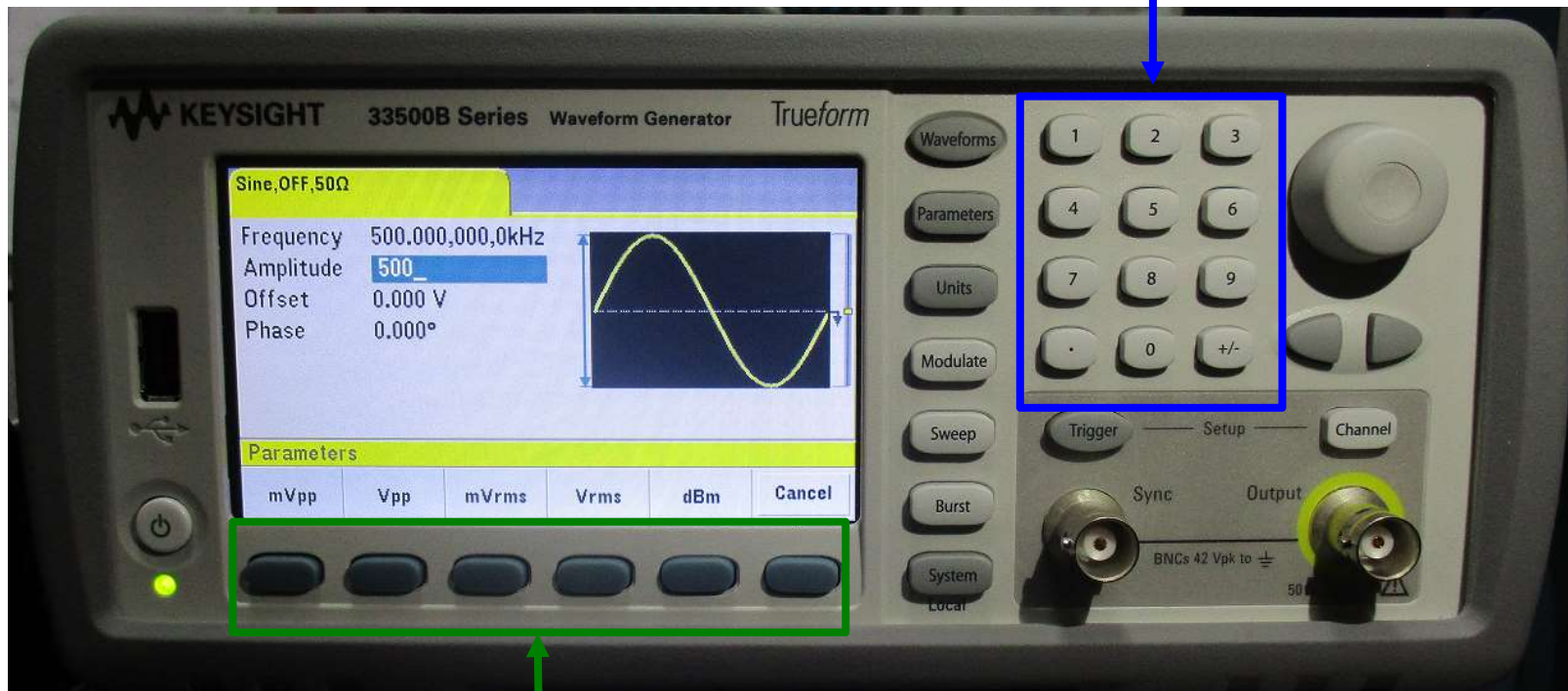


**1: premi Amplitude**

# Ampiezza del Segnale Sinusoidale

( seconda SLIDE ) = inserisci 100mVpp

2: inserisci valore



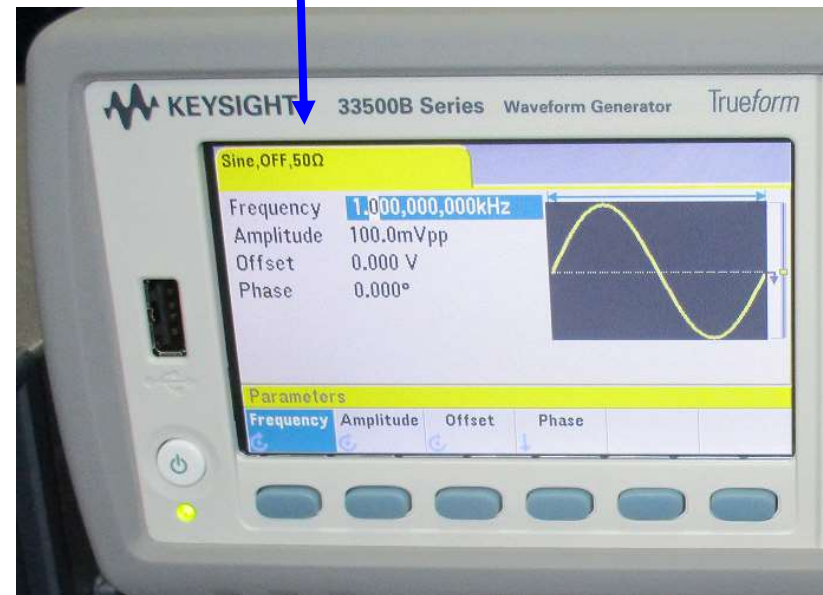
3: scegli unità di misura

# IMPORTANTE:

controllare l'impedenza che per le nostre misure deve essere: HiZ ( alta impedenza )

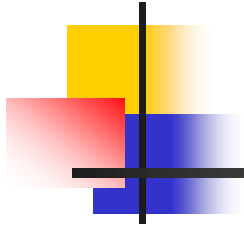


( NO = ~~50Ω~~ )

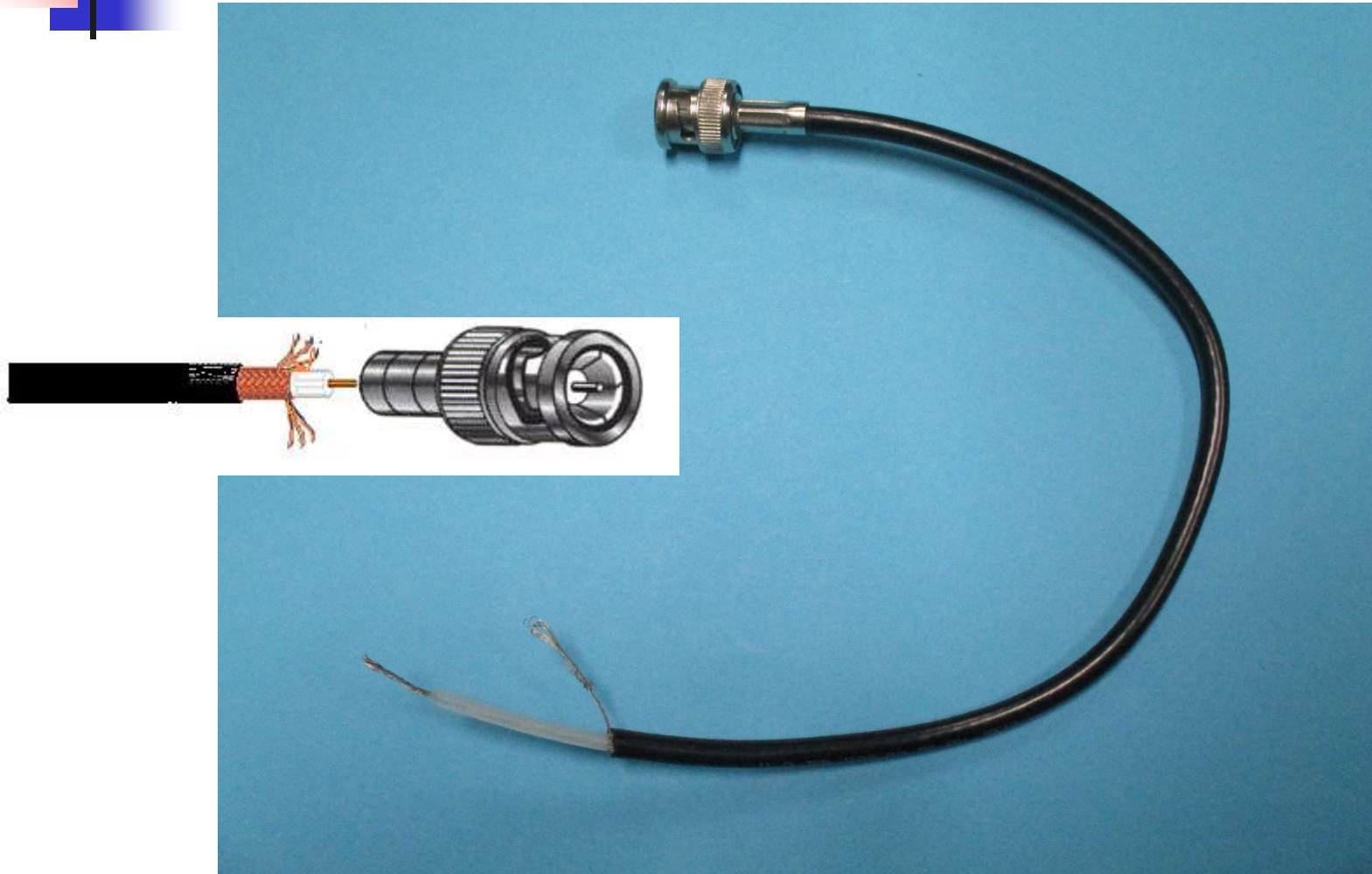
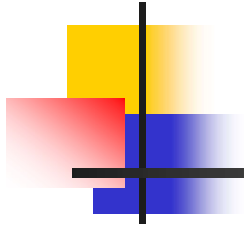




# Cavetti spina BNC / spina BNC e T BNC



# Cavo coassiale RG 58 C/U



**Collegare il cavo BNC all'uscita...  
e visto che voglio vedere il segnale anche  
sull'Oscilloscopio metto il T BNC**



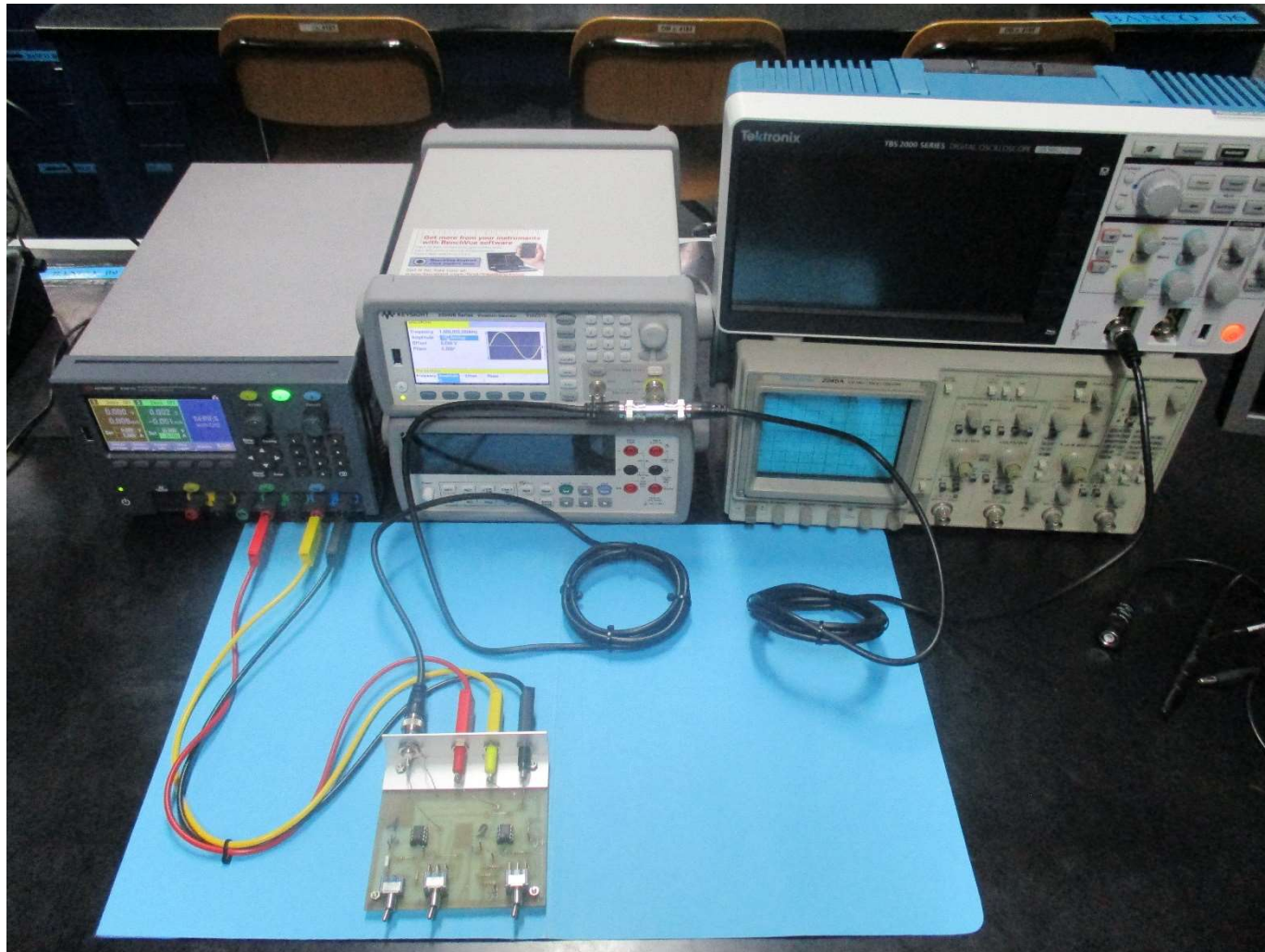
**Uscita**



# Collegare il Generatore di Funzioni a CH1 dell'Oscilloscopio Digitale

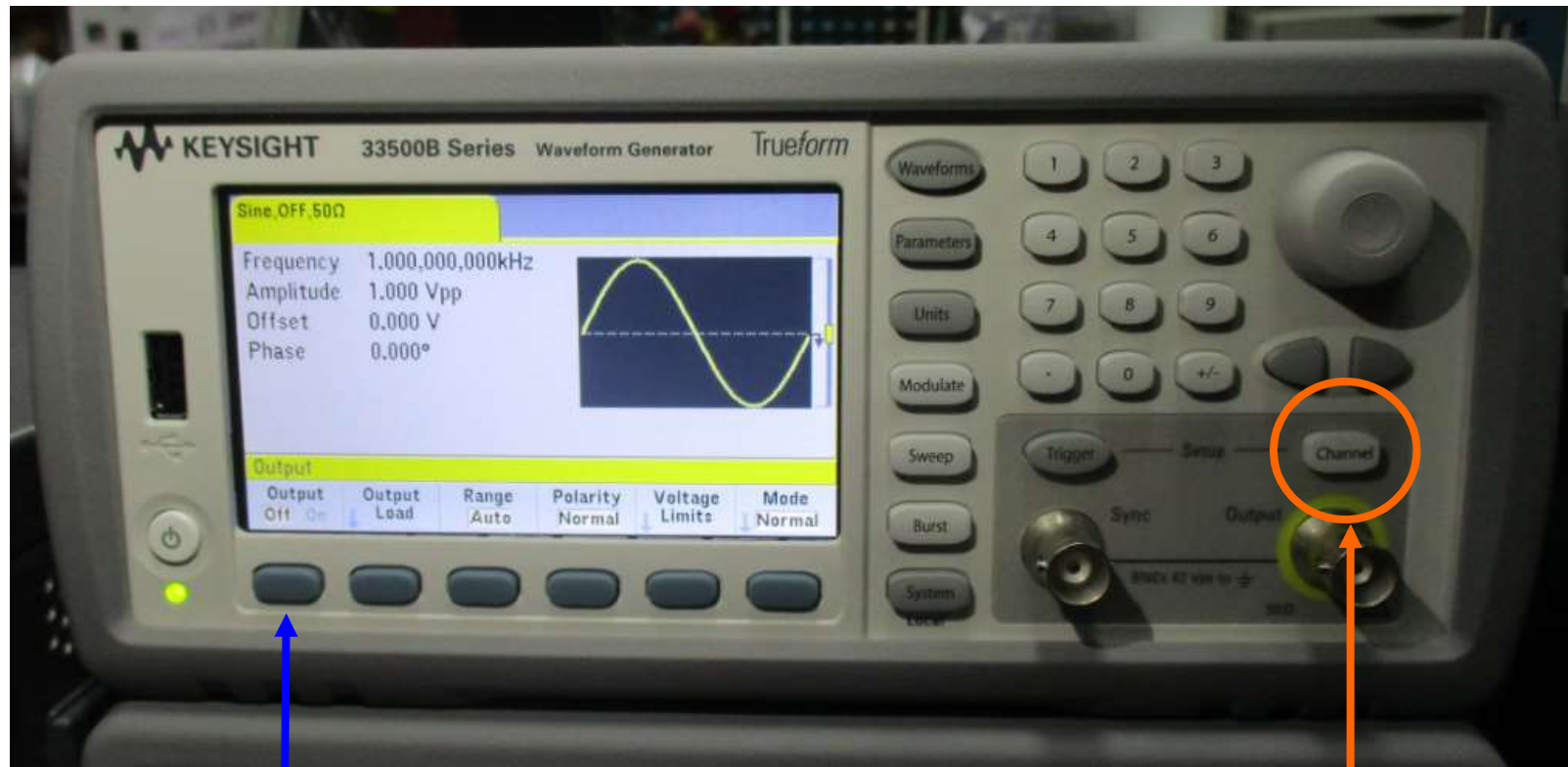


# Controllare tutto il collegamento OpAmp





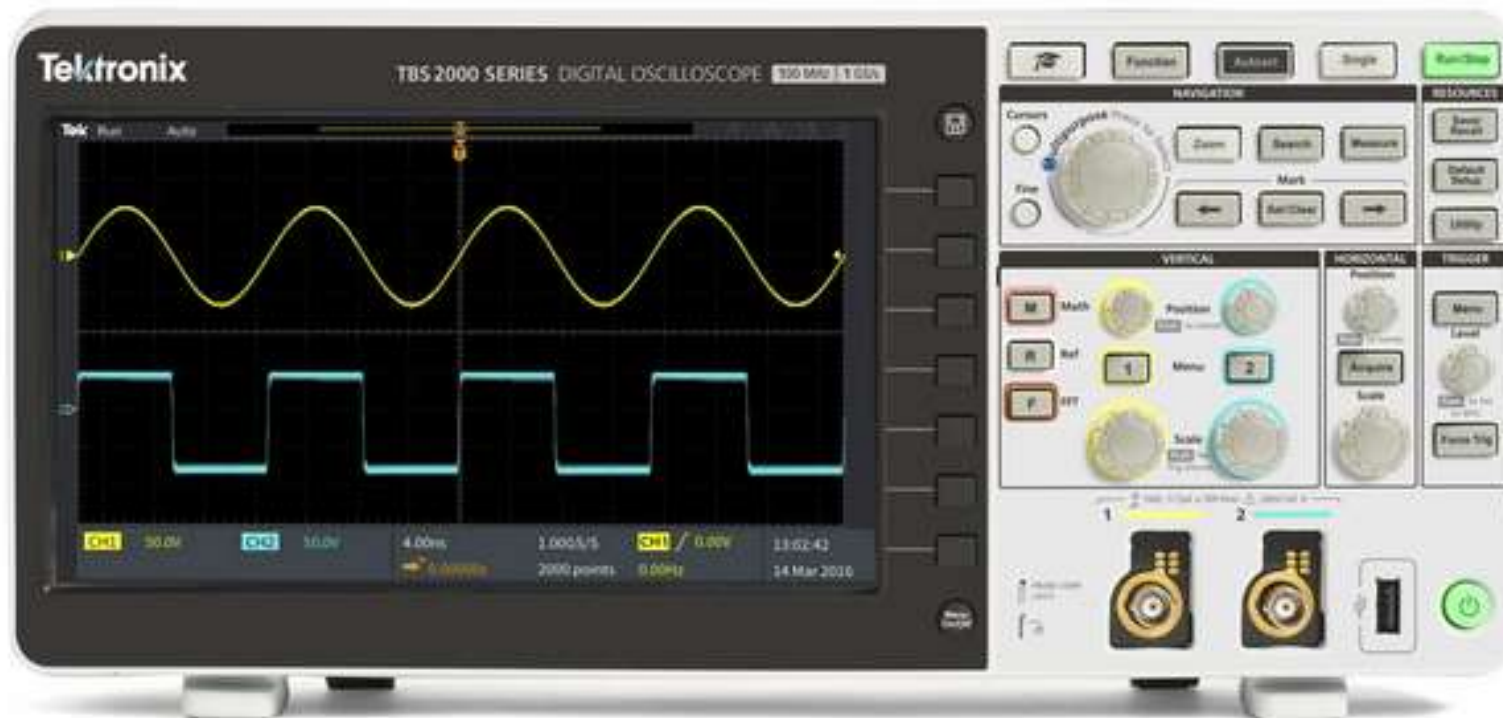
# Accendere l'uscita ( quando è accesa Channel è illuminato )



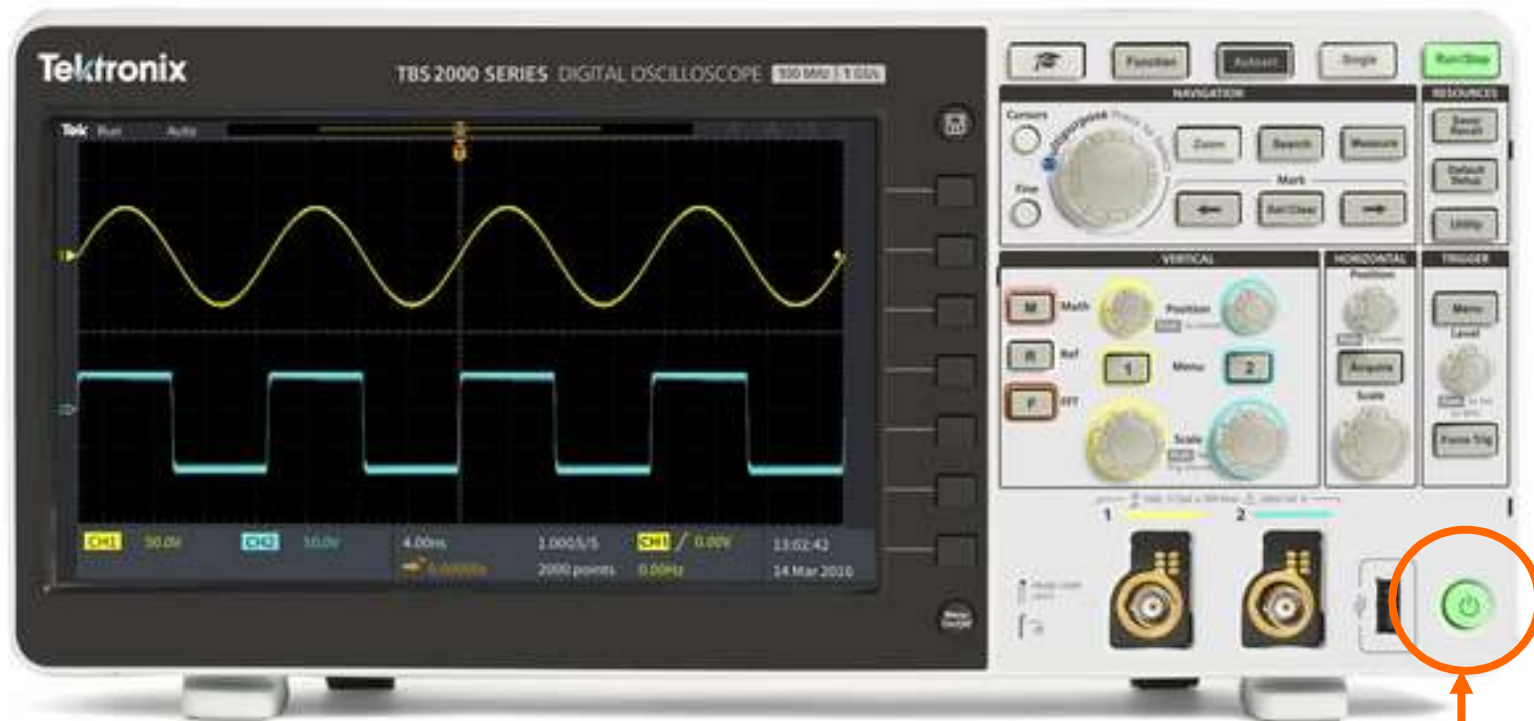
**2 premi: Output On**

**1 premi: Channel**

# Oscilloscopio Digitale Tektronix TBS2102



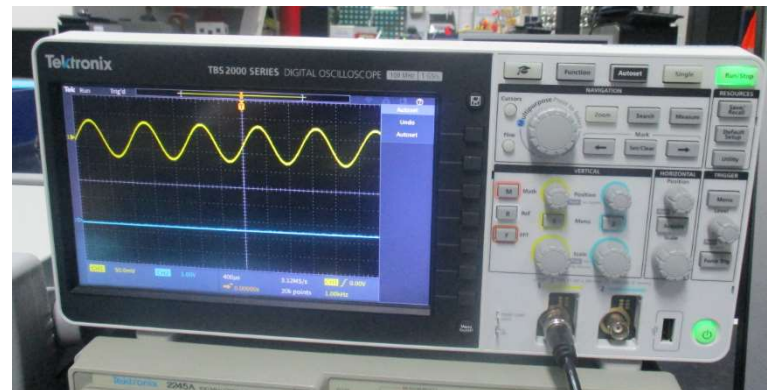
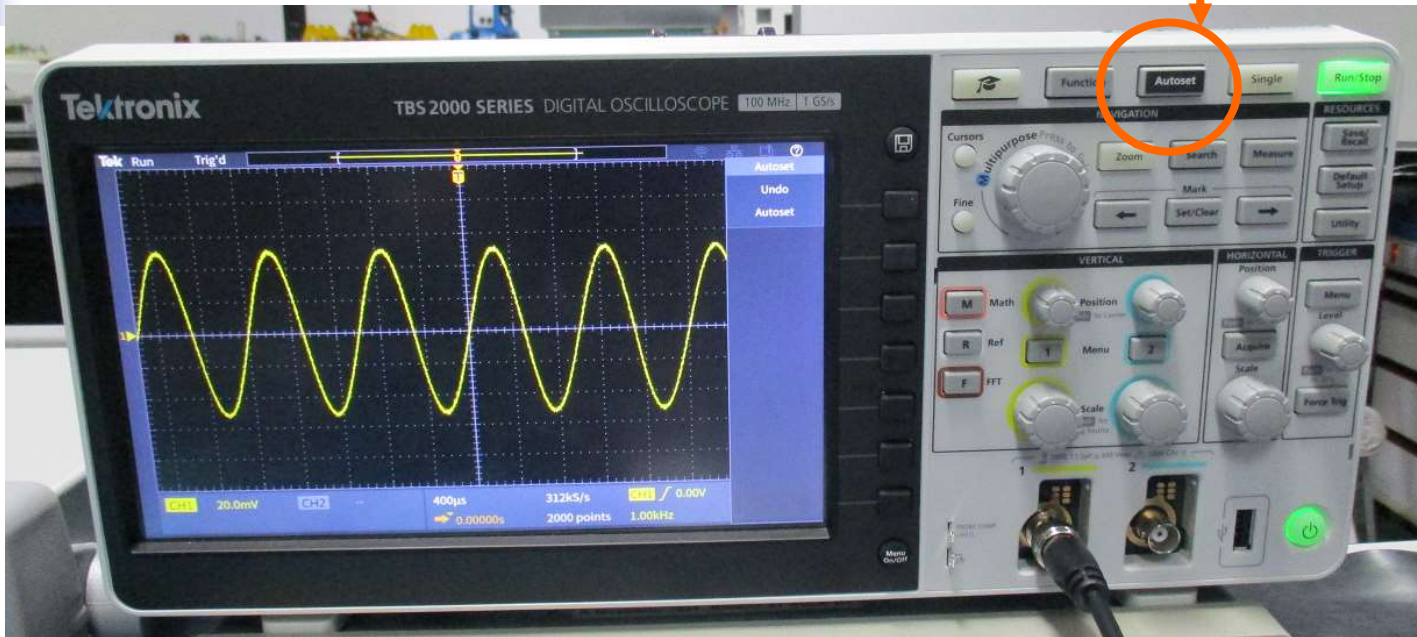
# Oscilloscopio Digitale Tektronix TBS2102



**Tasto accensione ( premere )**

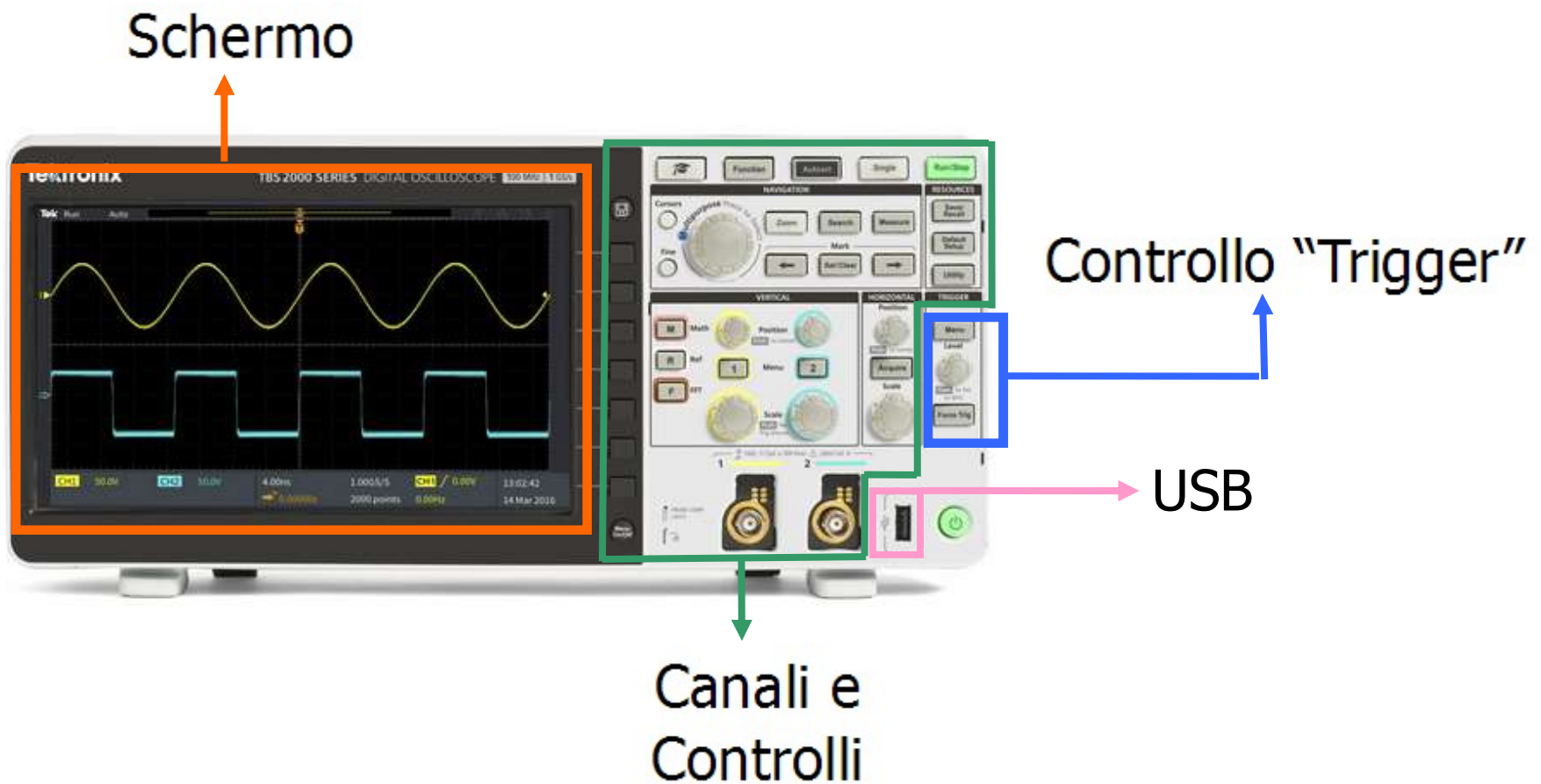
# Premi Autoset

compare il segnale di ingresso su CH1



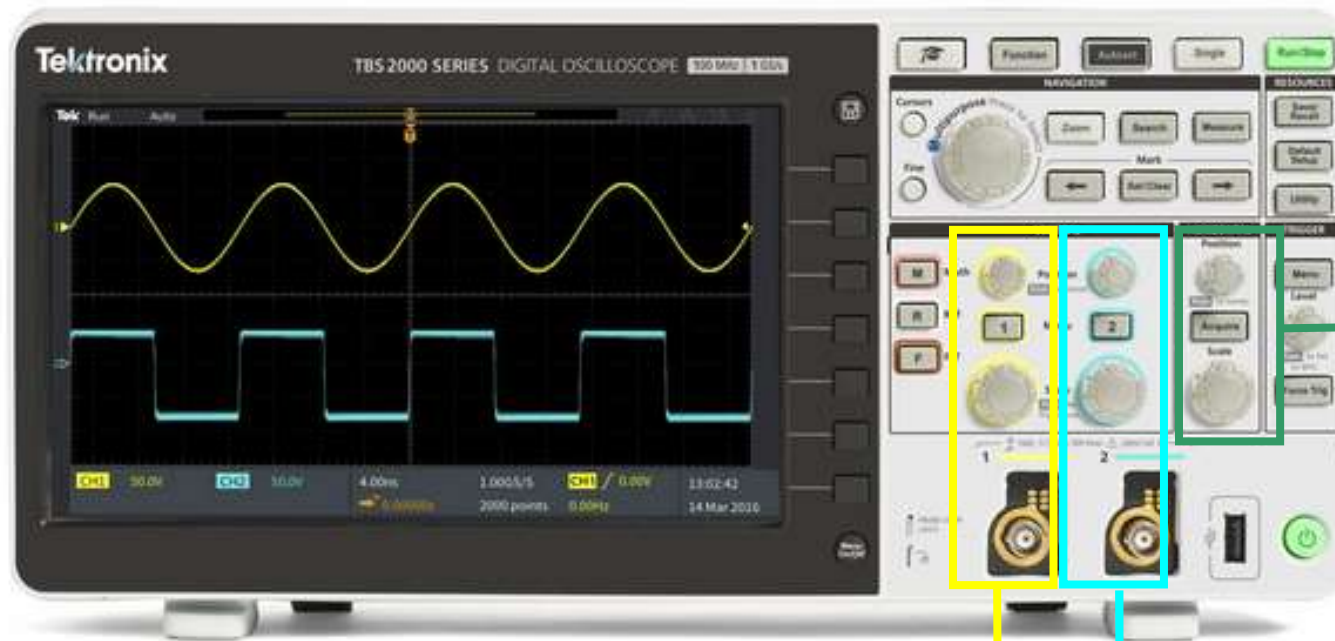


# Pannello Frontale





# Canali di Ingresso



**Scala  
orizzontale**

**Canale 1**    **Canale 2**  
traccia gialla    traccia azzurra

**Scale verticali**

# Canali di Ingresso



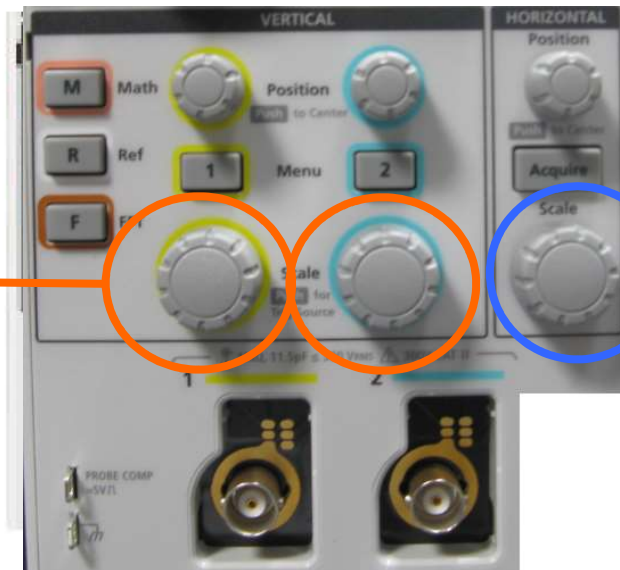
**CH1**      **CH2**  
traccia gialla    traccia azzurra

- ← **Visualizzazione e posizione delle tracce**
- ← **Visualizzazione canali**
- Controllo delle Scale di Visualizzazione**  
←

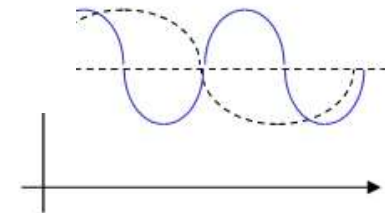
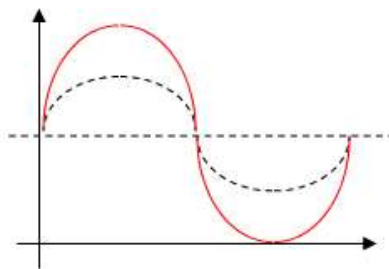
**Ingressi BNC**

# Controllo della Scala di Visualizzazione

Scala Verticale  
Volt/div  
(Una per canale)

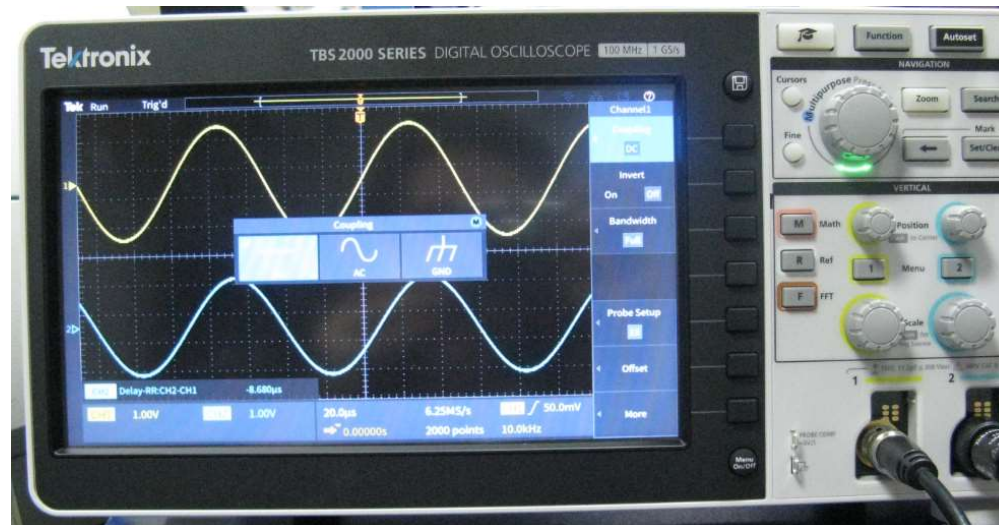
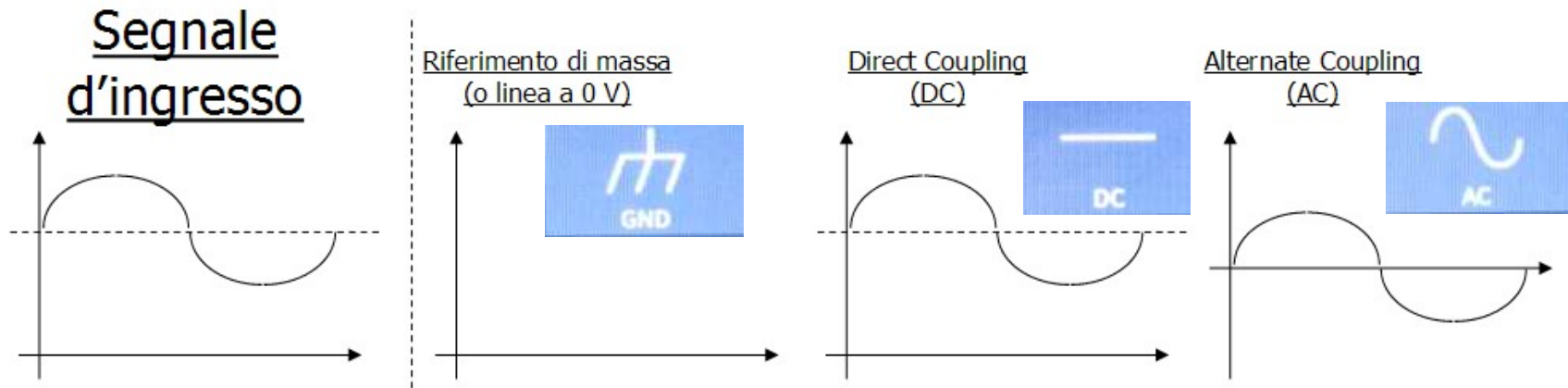


Scala Orizzon.  
(Comune)

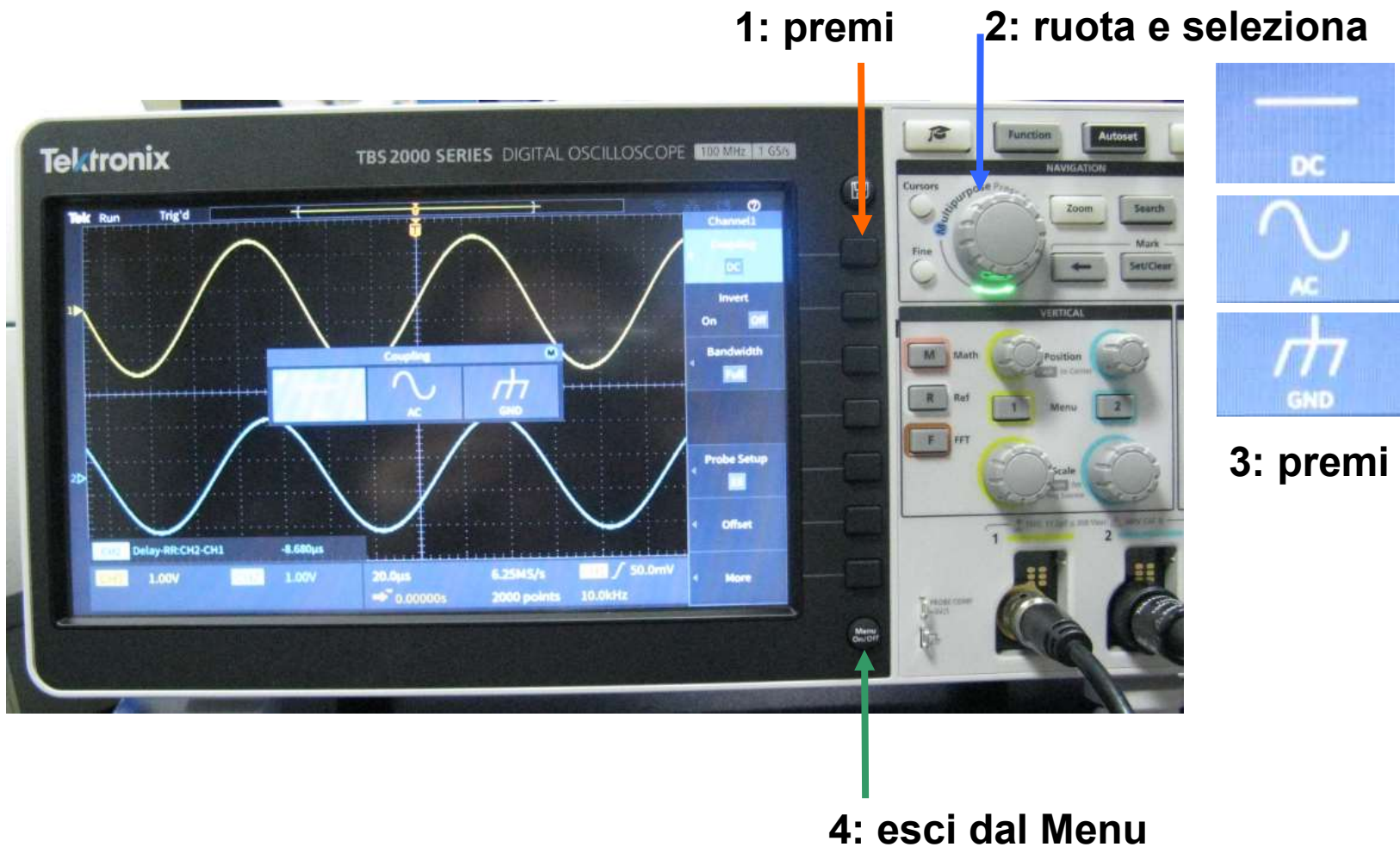


Anche in questo caso il segnale **NON** viene alterato!!!  
E' solo la visualizzazione che cambia!!!

# Accoppiamento in ingresso Coupling: ( Configurare CH1 e CH2 )



# Accoppiamento in ingresso Coupling: ( Configurare CH1 premi ... e CH2 premi )



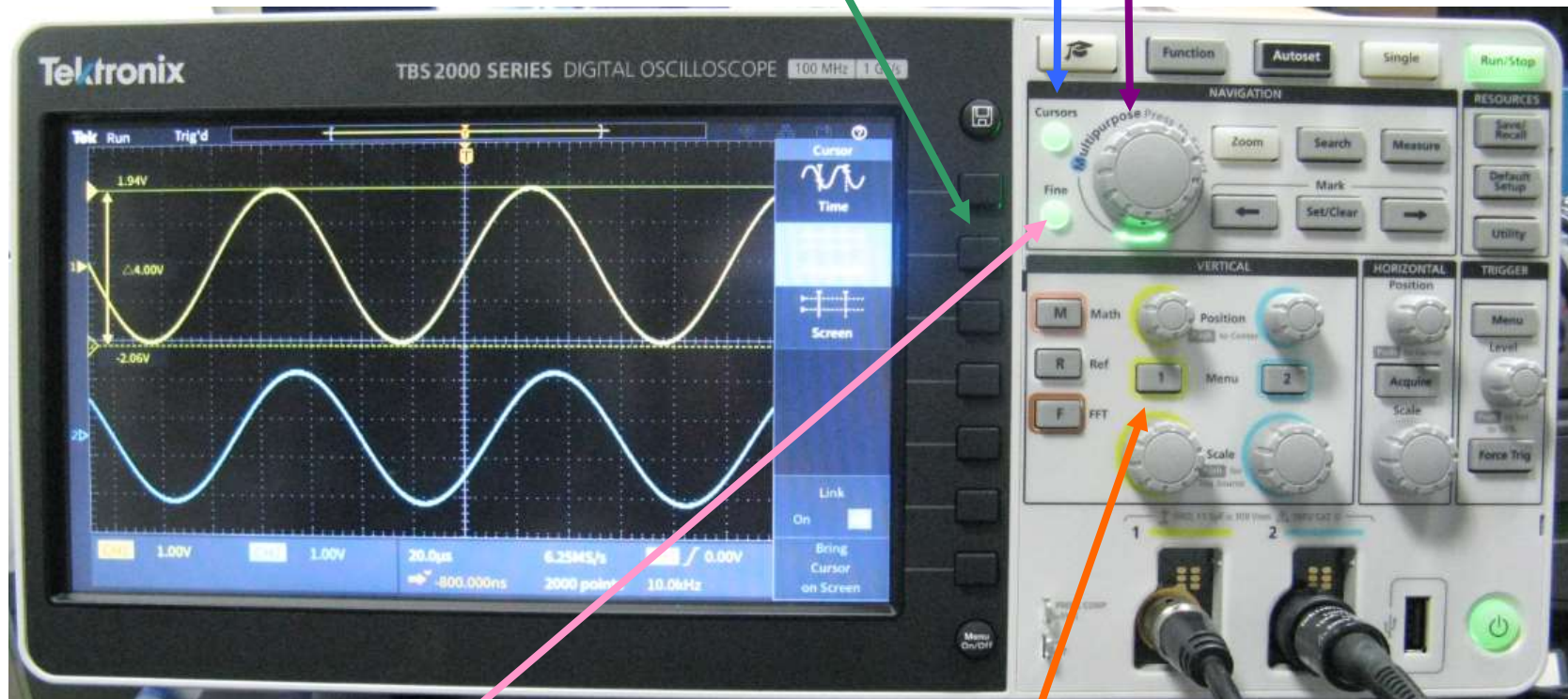


# Misura di tensione picco-picco ( Misurare CH1 ... e poi CH2 )

3: seleziona

2: premi

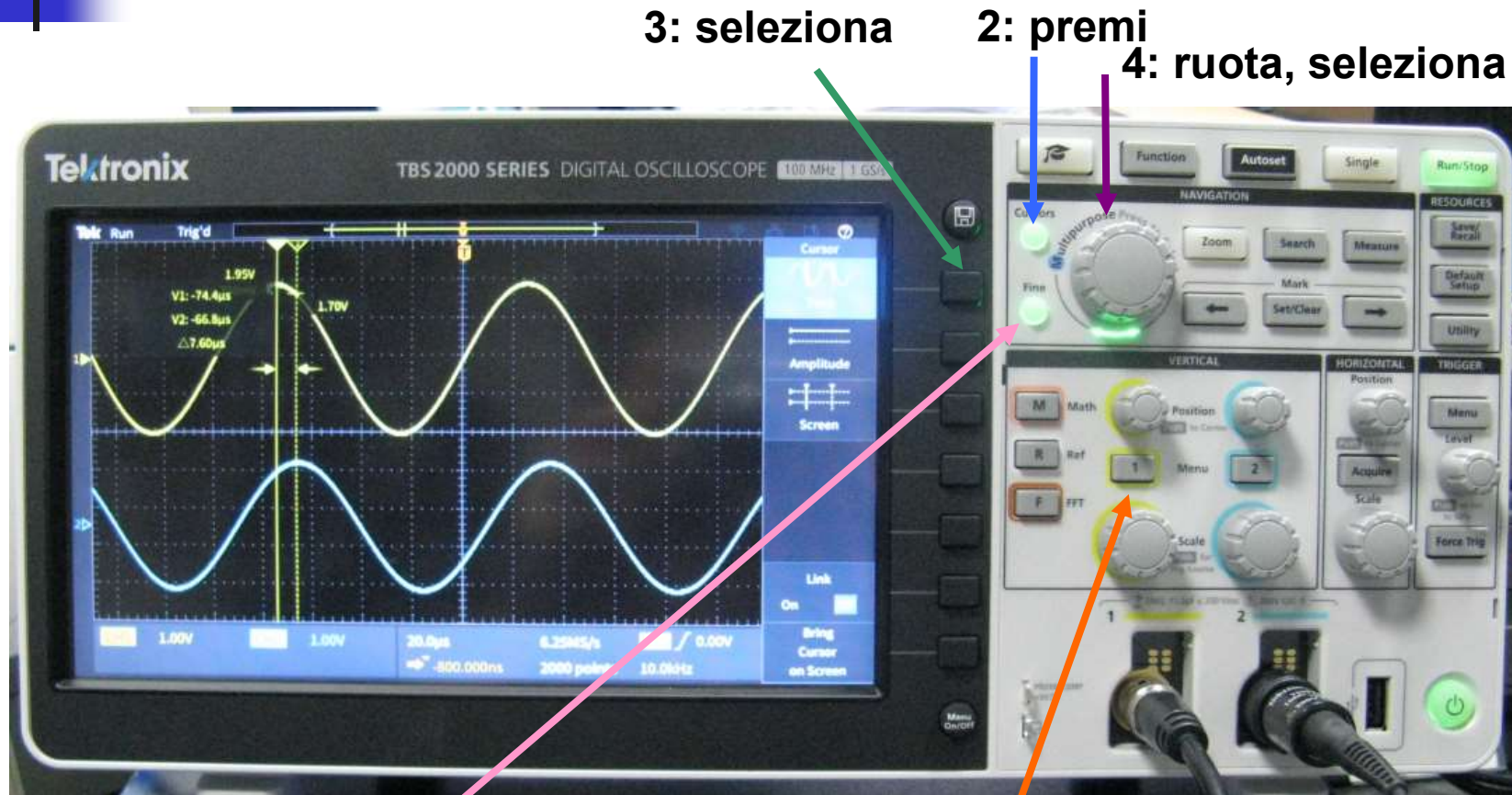
4: ruota, seleziona e ...



1: premi

5: regolazione Fine movimento barra 1 e premi per passare alla barra 2

# Misura del $\Delta t$ ( Misurare CH2 – CH1 )



3: seleziona

2: premi

4: ruota, seleziona e ...

1: premi

5: regolazione Fine movimento barra 1 e premi per passare alla barra 2

# Sonda Oscilloscopio 10.1



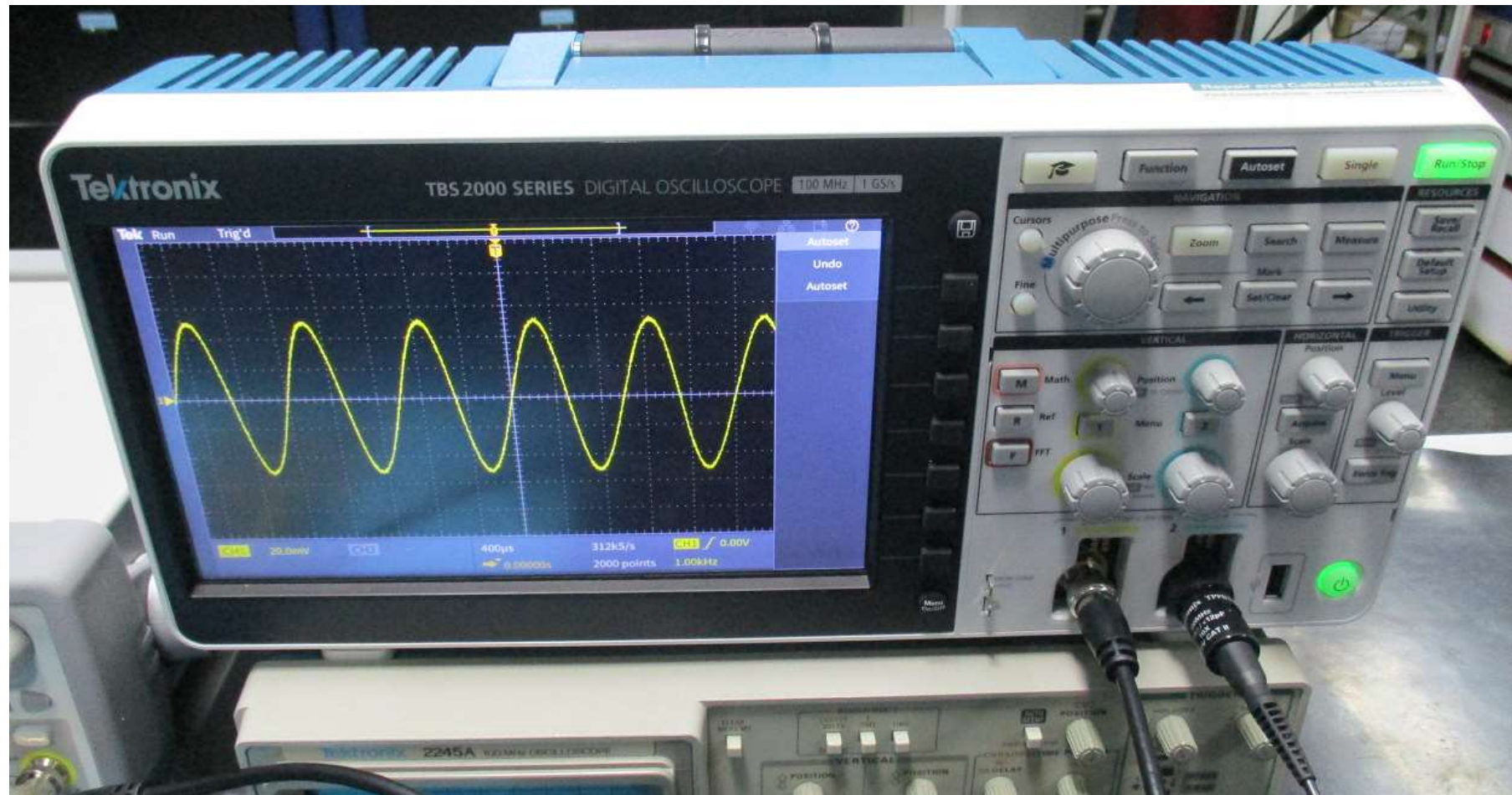
**Cocodrillo di  
Massa**

**Punta Sonda**

**Connettore  
BNC**



# Collegare la Sonda dell'Oscilloscopio sul canale CH2

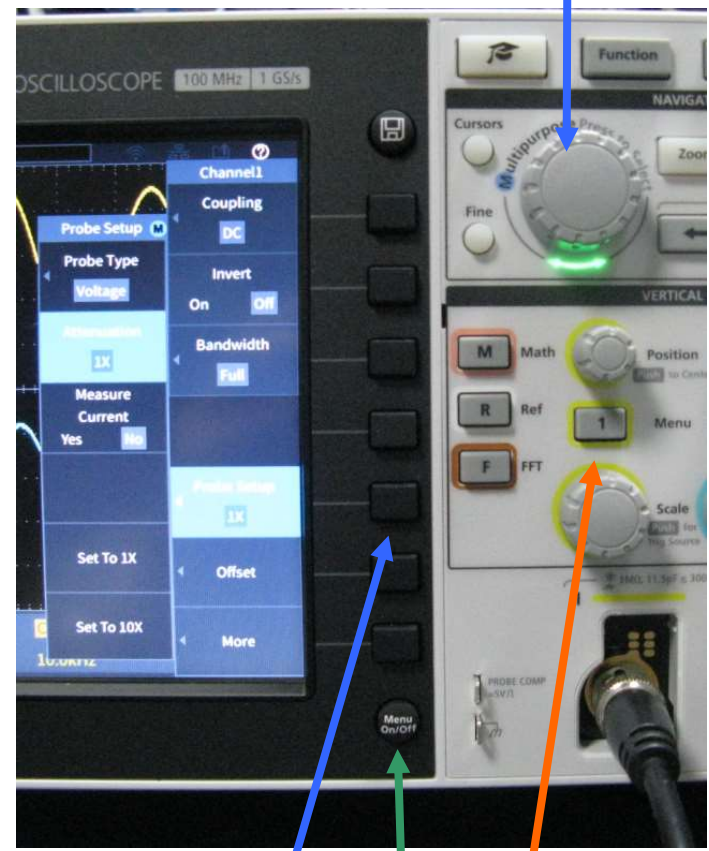




# CONTROLLARE eventuale ATTENUAZIONE

INPUT = Cavo BNC = CH1 = 1X  
OUTPUT = Sonda Oscilloscopio = CH2 = 10X

3: ruota e seleziona 1X      4: premi

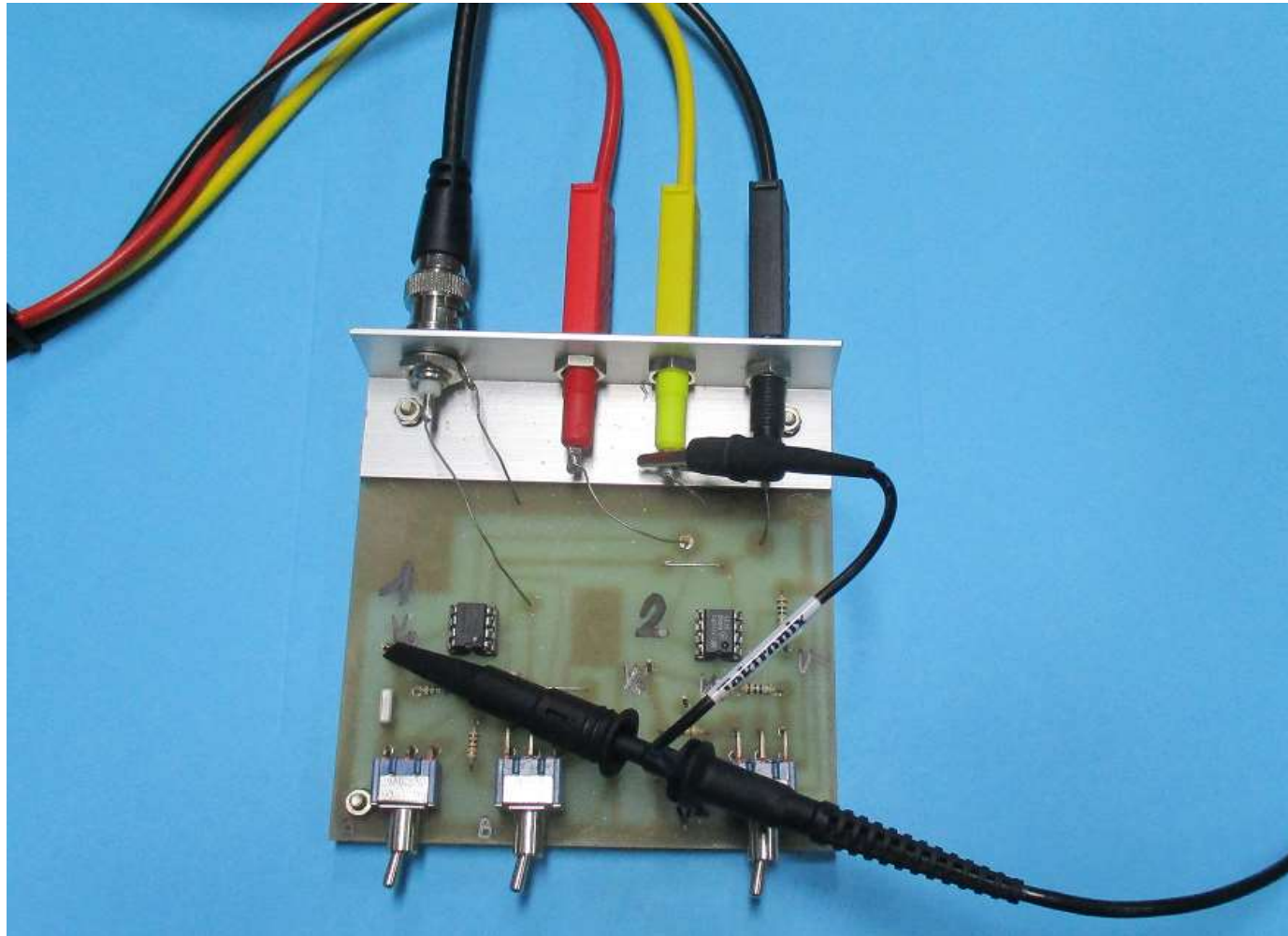


2: premi      5: premi      1: premi

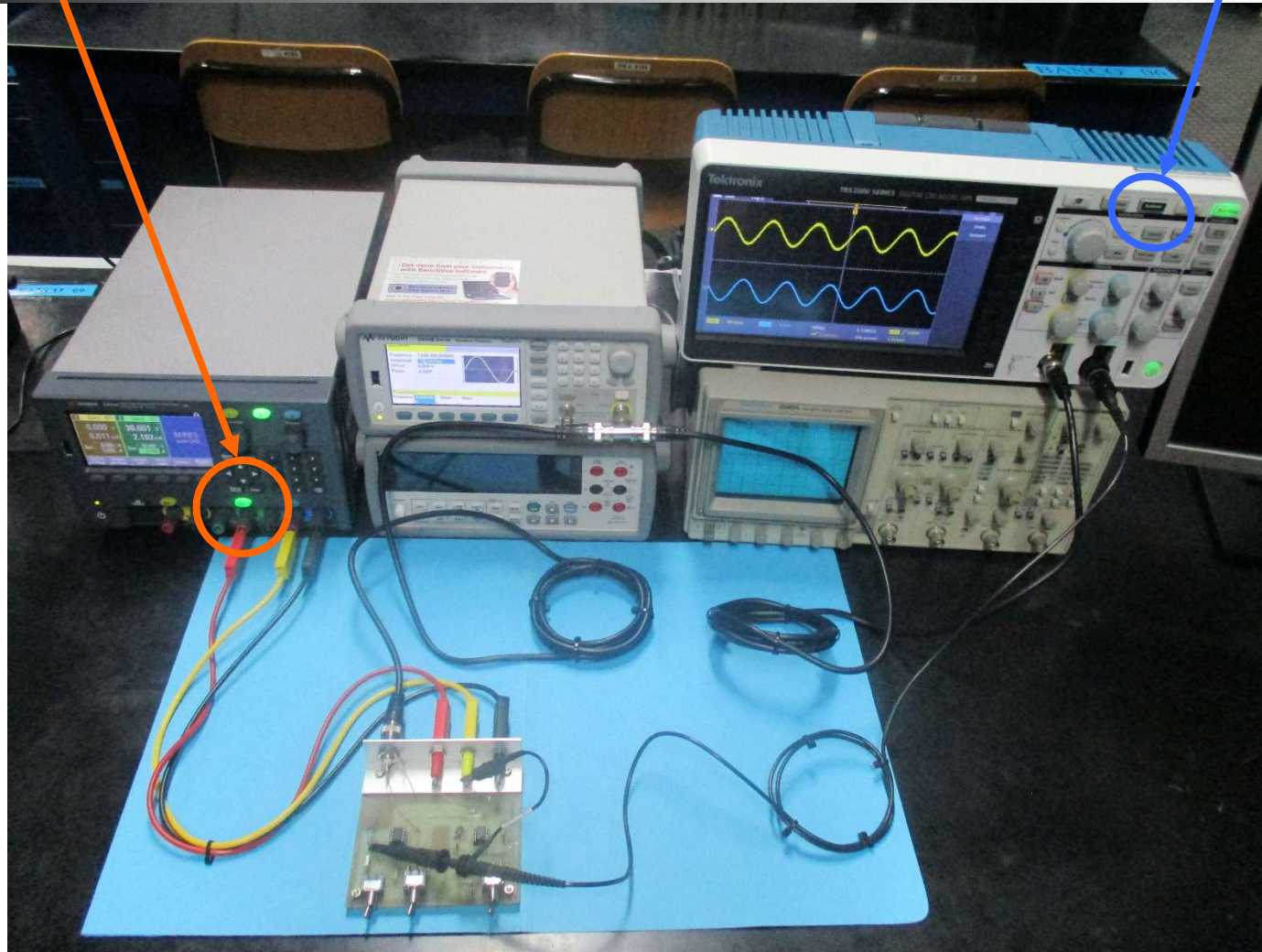
ruota e seleziona 10X



# Collegare la Sonda alla Basetta dell'OpAmp

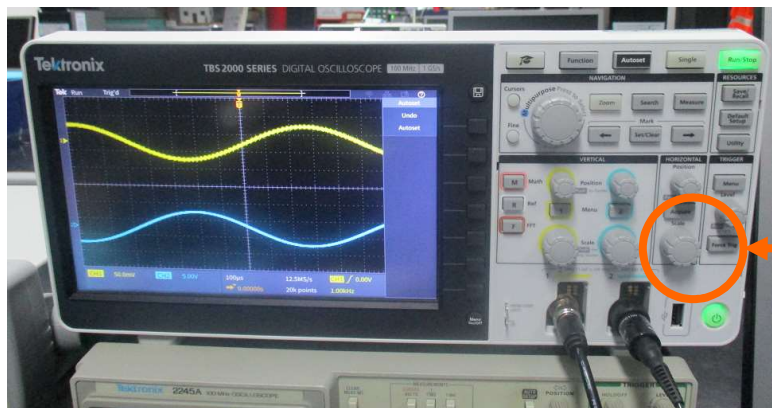
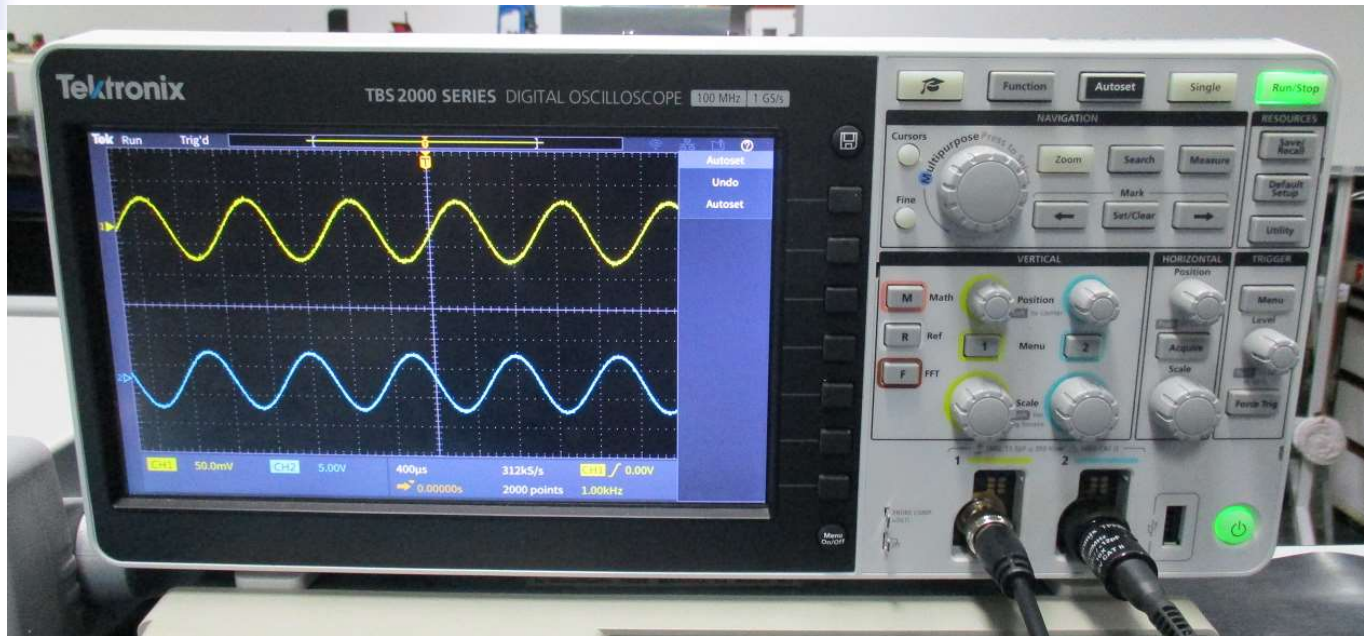


# Accendere l'uscita 2 dell'Alimentatore e premere Autoset sull'Oscilloscopio



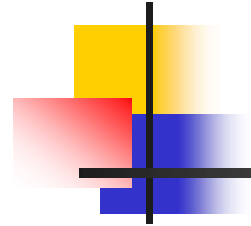


# Schermo dell'Oscilloscopio Digitale



per cambiare la  
Scala dei tempi  
( asse X )  
devo ruotare





# **Elettronica I**

## **Lab. Didattico di Elettronica**

---

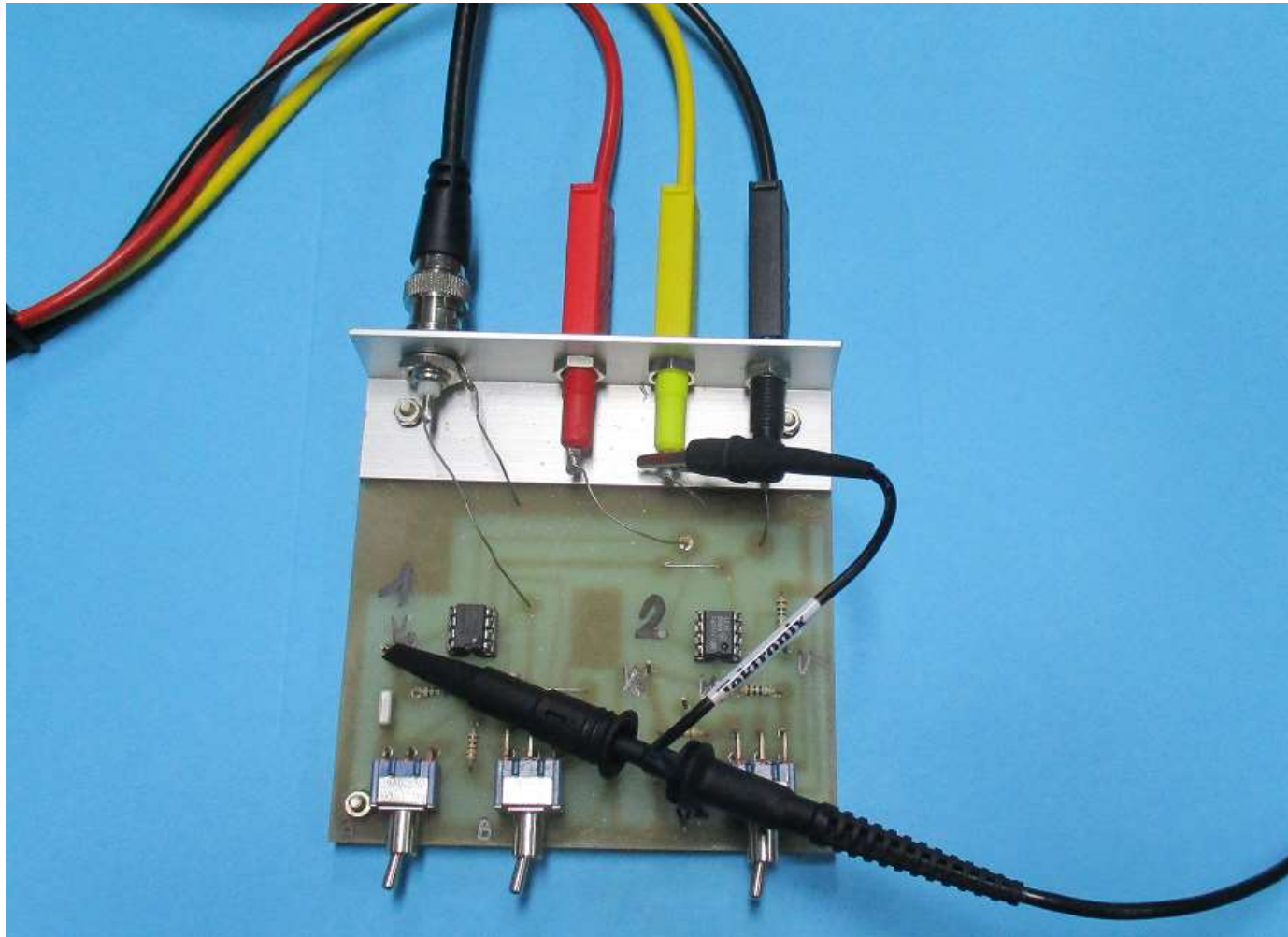
***Per ogni problema:***

***Dispense del Laboratorio***

***Tecnico del Laboratorio***

***Docente / Tutor***

# Basetta OP-AMP



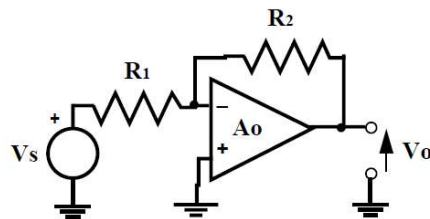
# Basetta OP-AMP

## posizione degli interruttori

D = destra

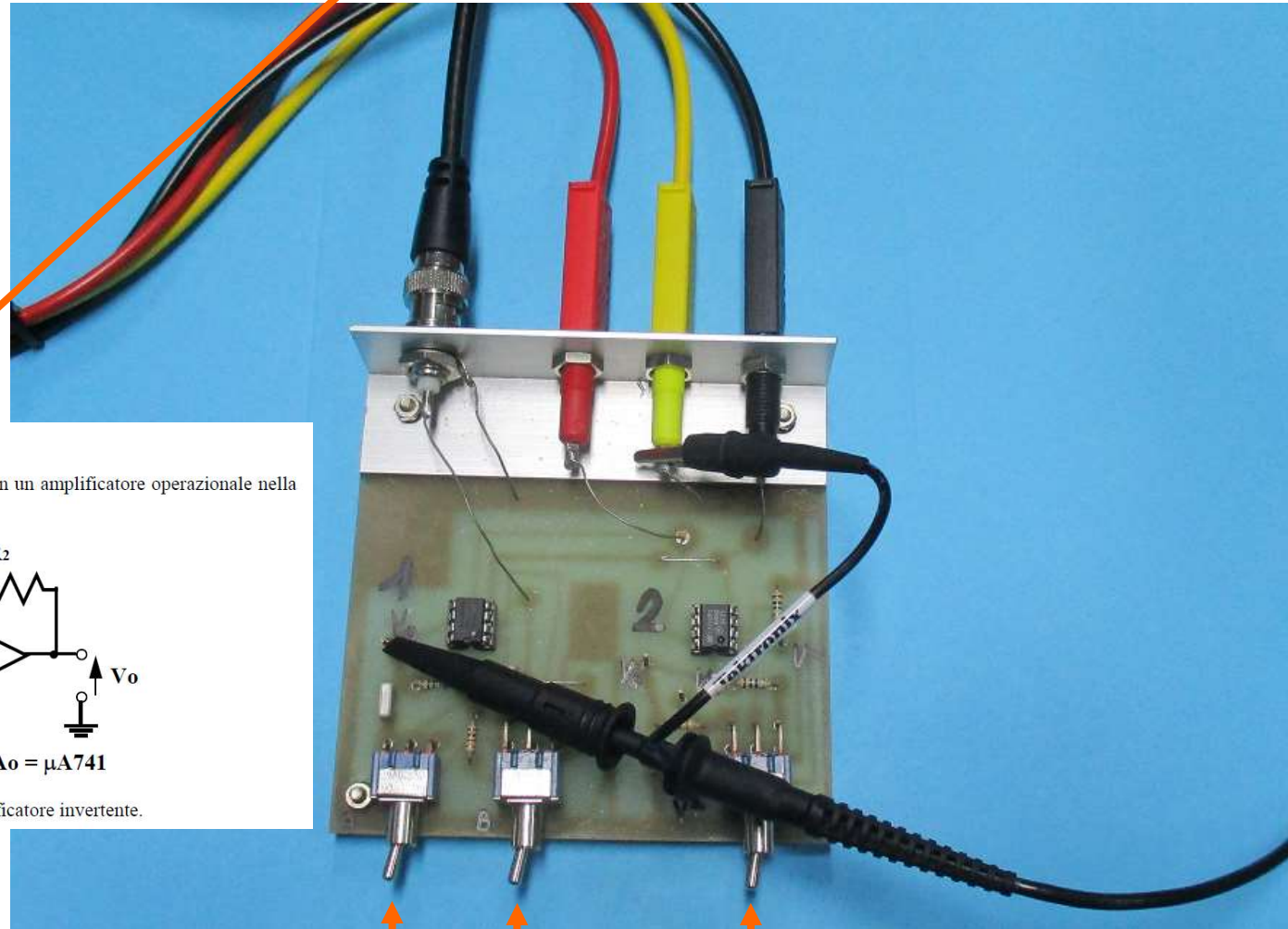
2.3.1. L'amplificatore invertente (S, S, X)

Lo schema elettrico di un amplificatore realizzato con un amplificatore operazionale nella configurazione invertente è riportato nella fig.45.



$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$   $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$   $A_o = \mu\text{A}741$

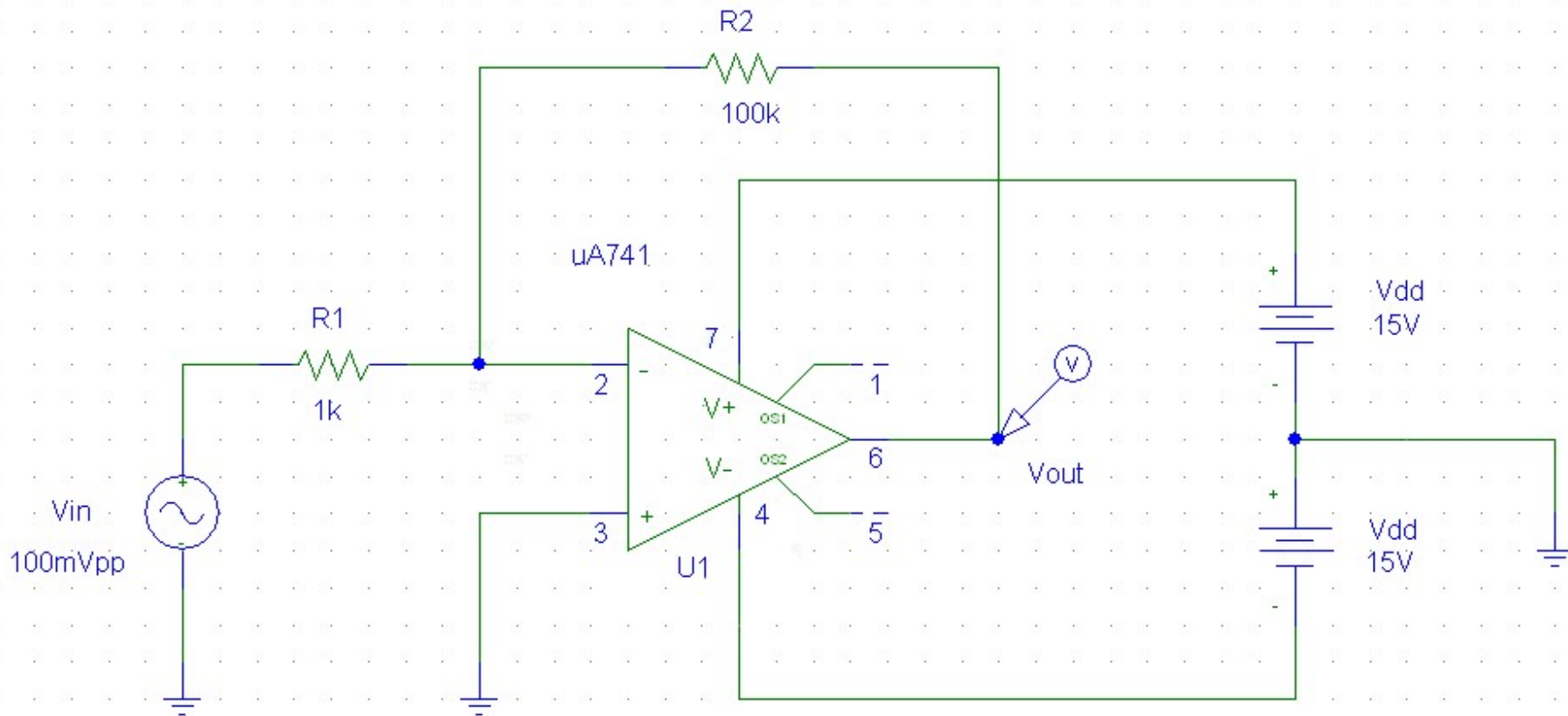
fig.45 Schema elettrico dell'amplificatore invertente.



S = sinistra    S    X = indifferente

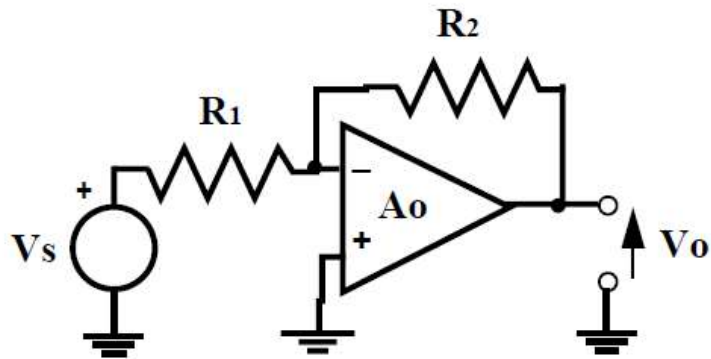
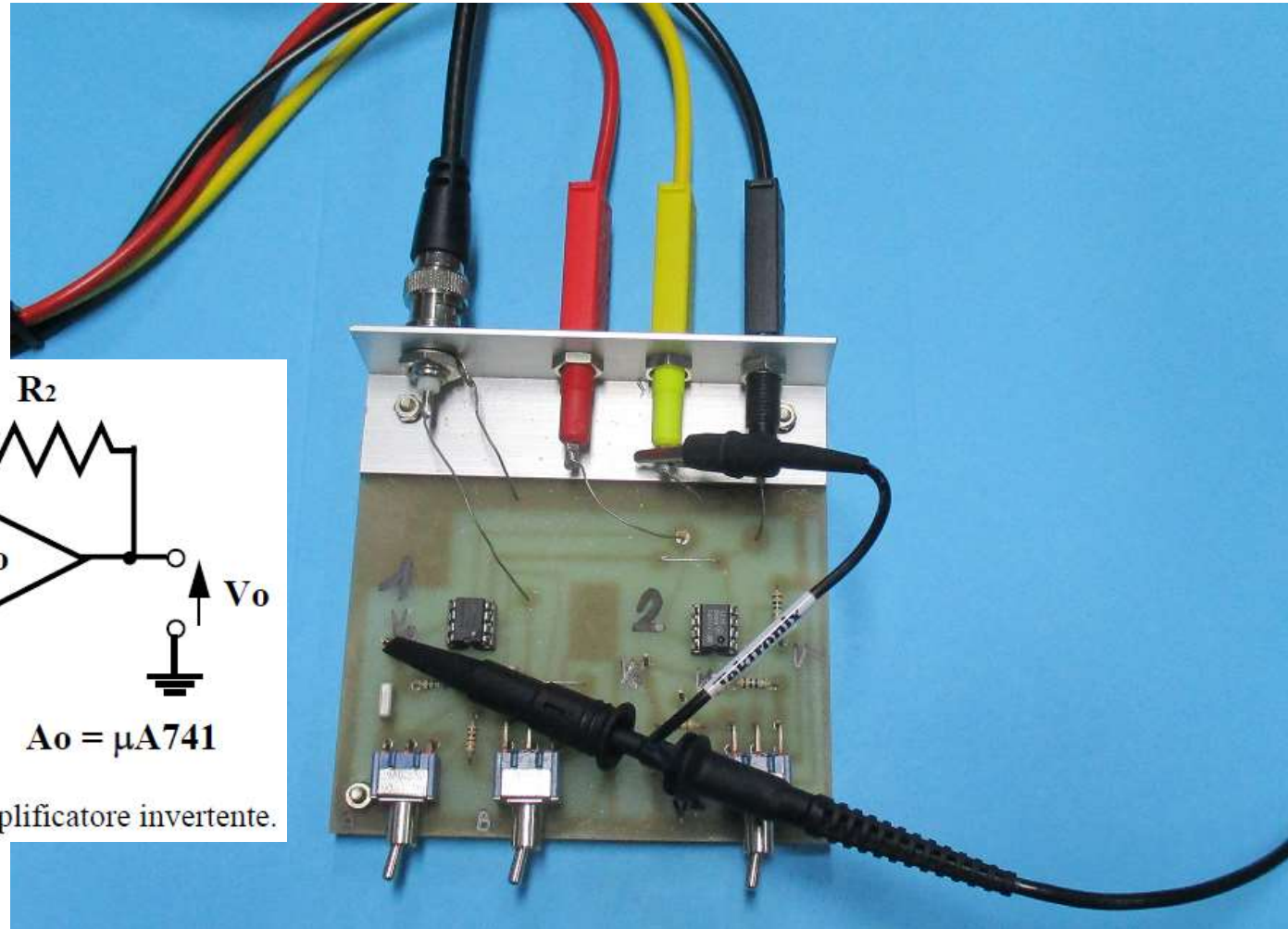
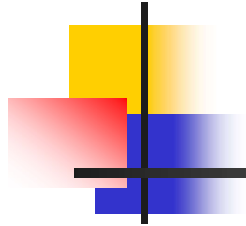
# Configurazione Invertente

Circuito ATTIVO: l'OpAmp va alimentato





# Basetta OP-AMP



$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$     $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$     $A_0 = \mu\text{A}741$

fig.45 Schema elettrico dell'amplificatore invertente.

# Misura di Modulo e Fase di $F(j\omega)$ al variare di $\omega$

Funzione risposta in frequenza:  $F(j\omega) = V_{out}(j\omega)/V_{in}(j\omega)$

Scopo:

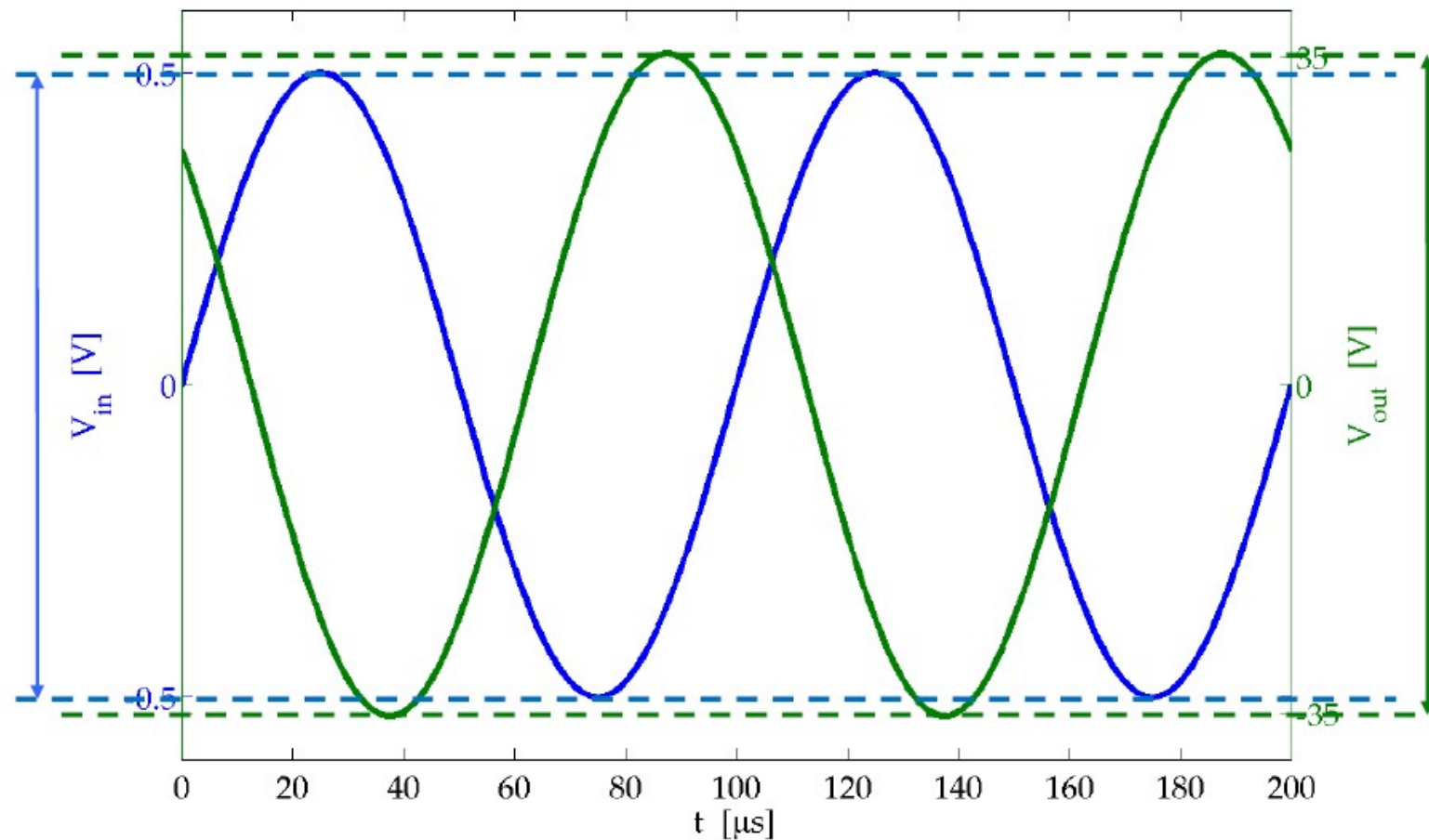
1. misurare  $|F(j\omega)|$  e  $\phi = \arg[F(j\omega)]$  al variare di  $\omega$
2. Tracciare i diagrammi di Bode di modulo e fase di  $F(j\omega)$  e determinare  $f_c$

Procedura: creazione di una tabella di dati

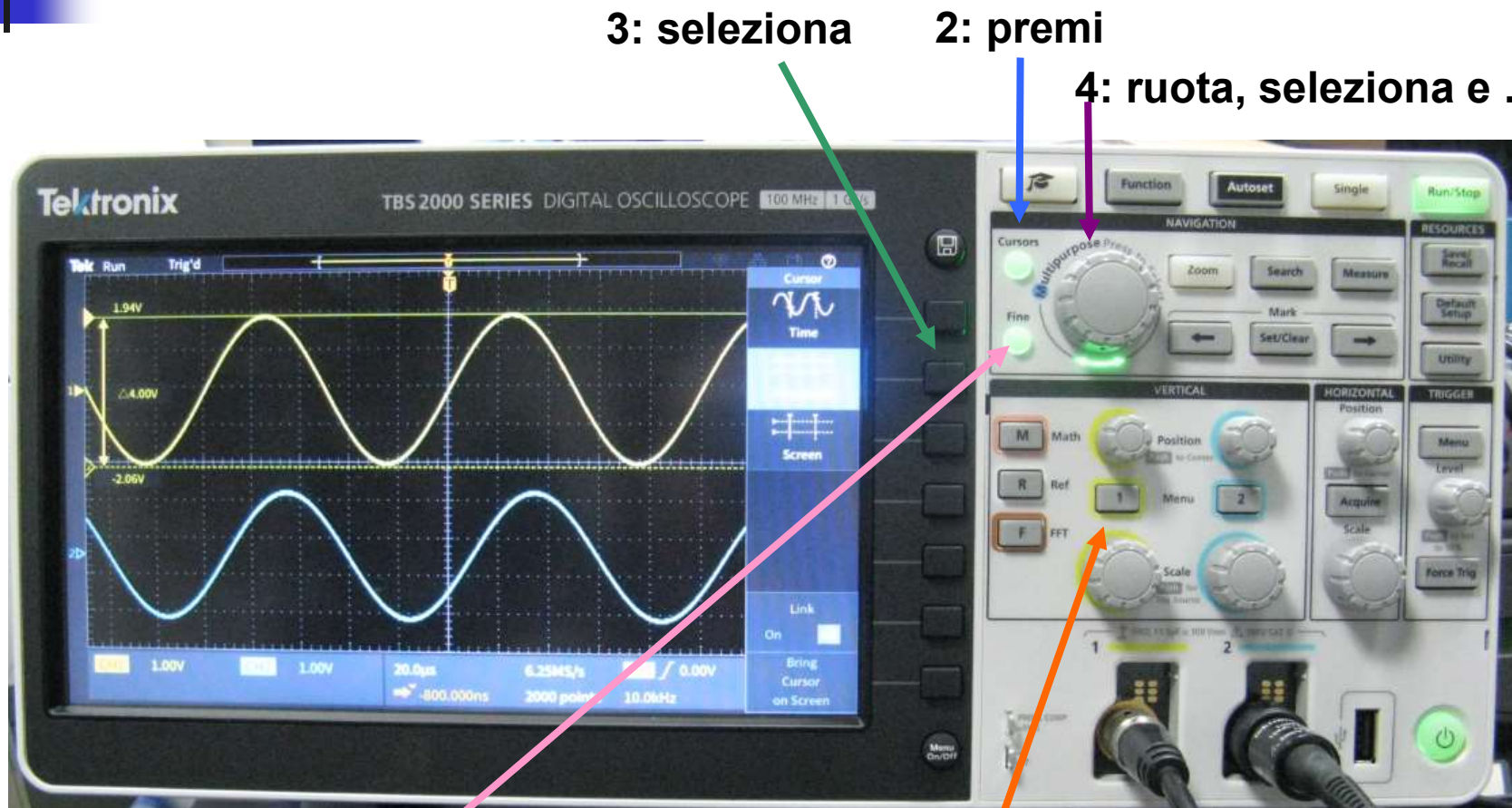
Freq [Hz]	Vin [V]	Vout [V]	Vout/Vin	$ V_{out}/V_{in} _{dB}$	$ \Delta t$ [s]	$\phi$ [°]
100						
200						
500						
1k						
2k						
5k						
...						
1M						

# Misura di Ampiezza: $|F(j\omega)|$

Misura delle ampiezze di  $V_{in}$  e  $V_{out}$  tramite i cursori orizzontali



# Misura di tensione picco-picco ( Misurare CH1 ... e CH2 )



3: seleziona

2: premi

4: ruota, seleziona e ...

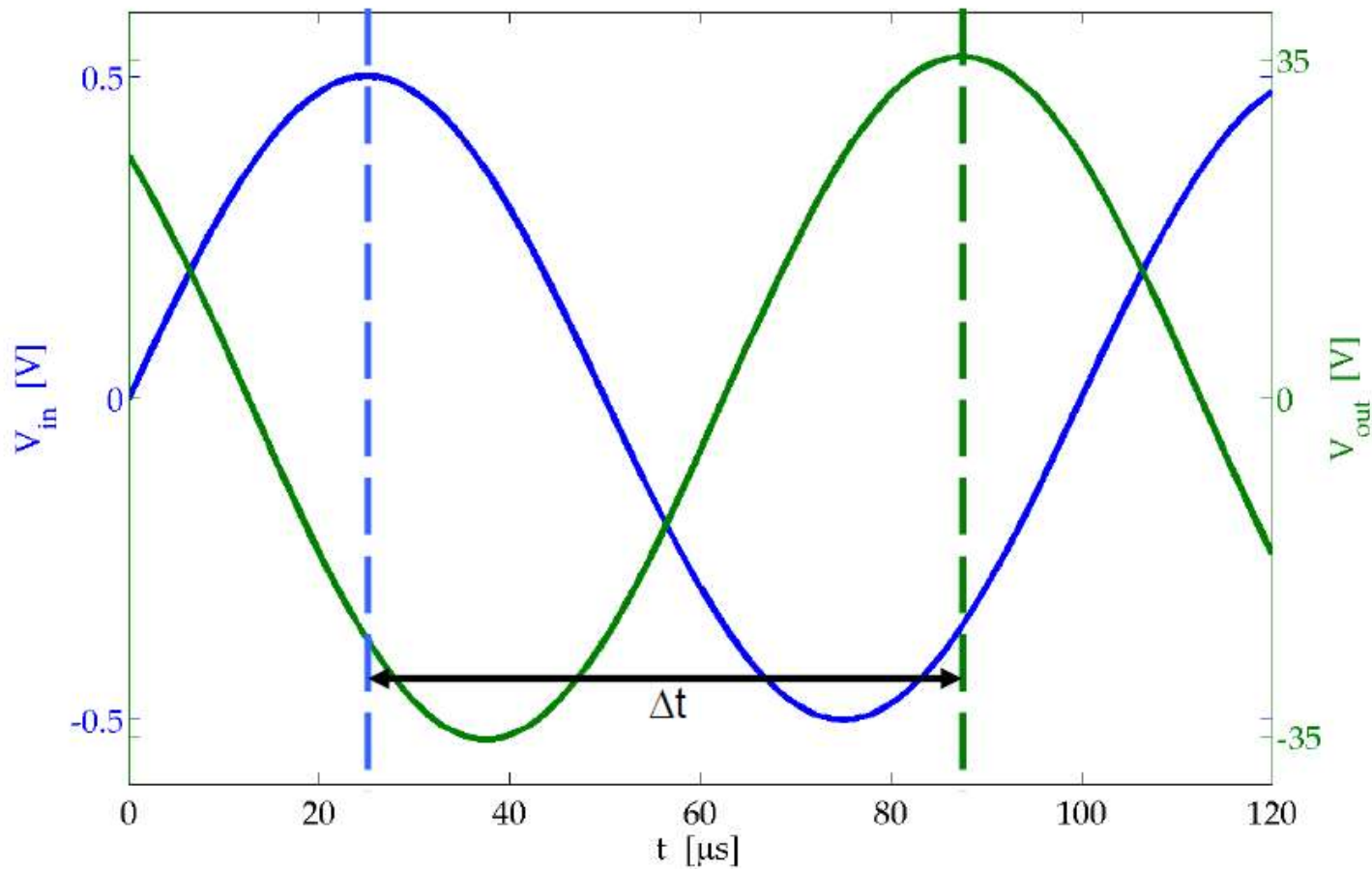
1: premi

5: regolazione Fine movimento barra 1 e premi per passare alla barra 2

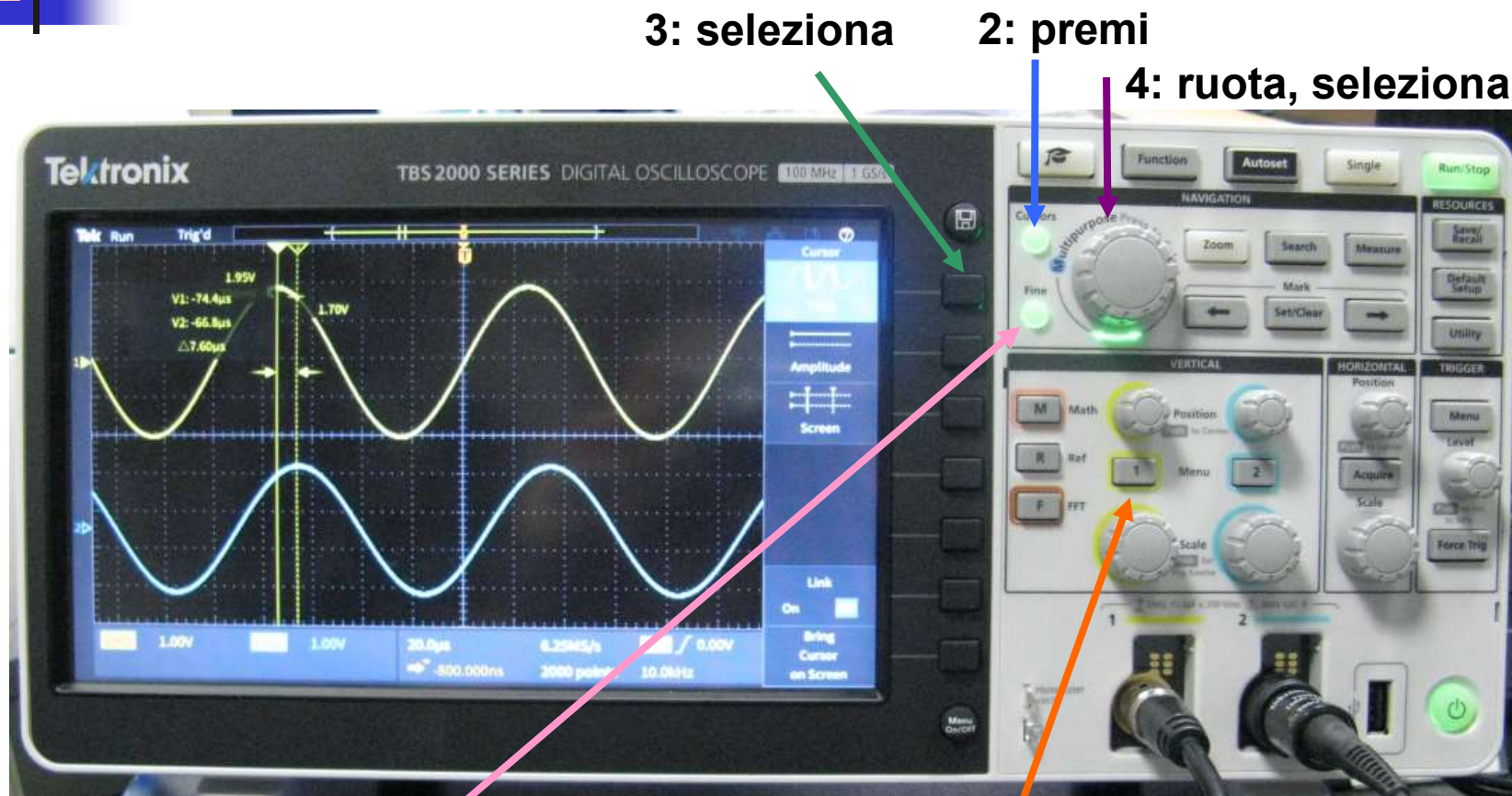


# Misura di Fase: $\phi = \arg[F(j\omega)]$

$$\Delta t : T = \phi : 360 \Rightarrow \phi = -360^\circ \cdot \Delta t / T = -360^\circ \cdot \Delta t \cdot f$$



# Misura del $\Delta t$ ( Misurare CH2 – CH1 )



3: seleziona

2: premi

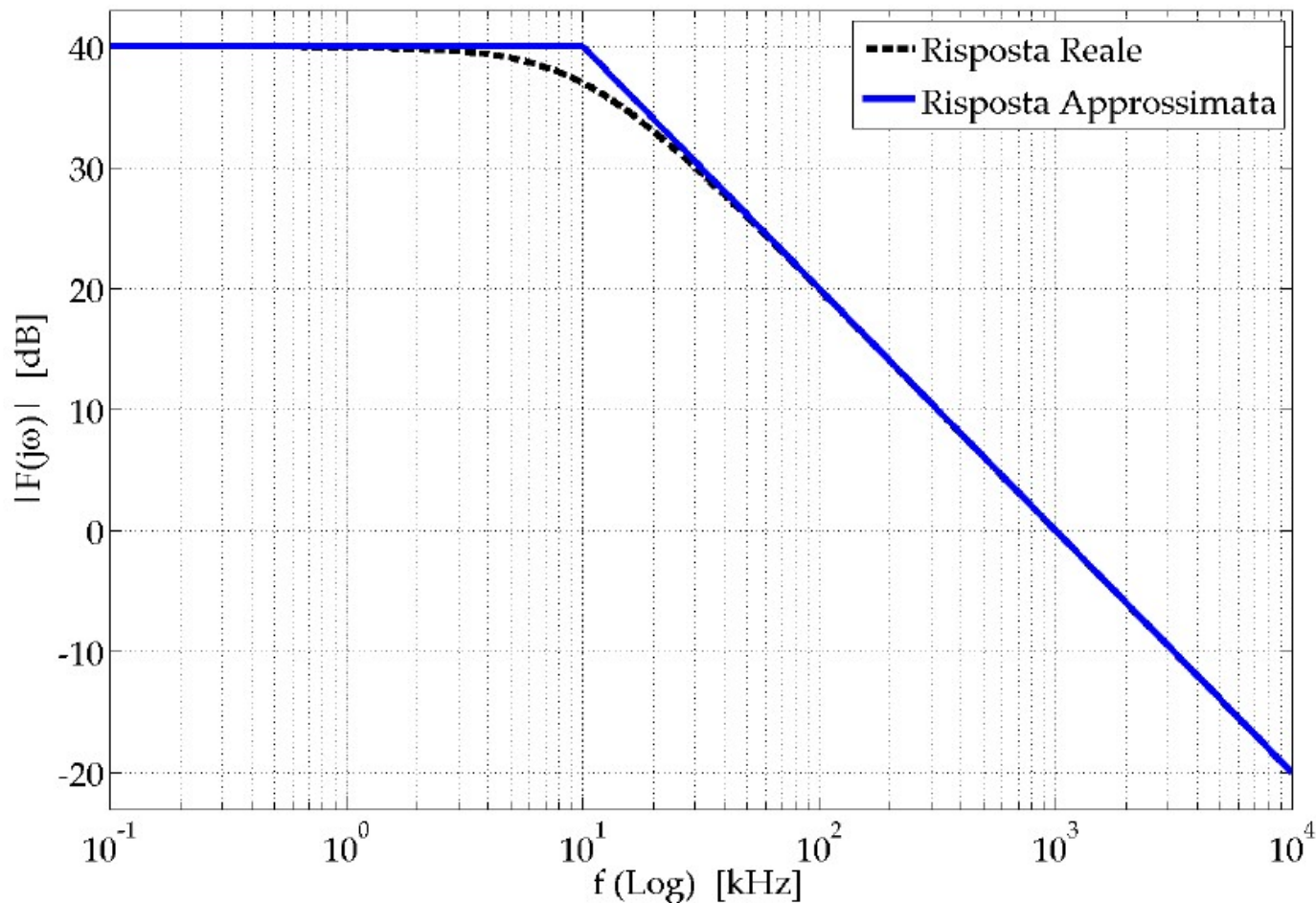
4: ruota, seleziona e ...

1: premi

5: regolazione Fine movimento barra 1 e premi per passare alla barra 2

# Configurazione Invertente

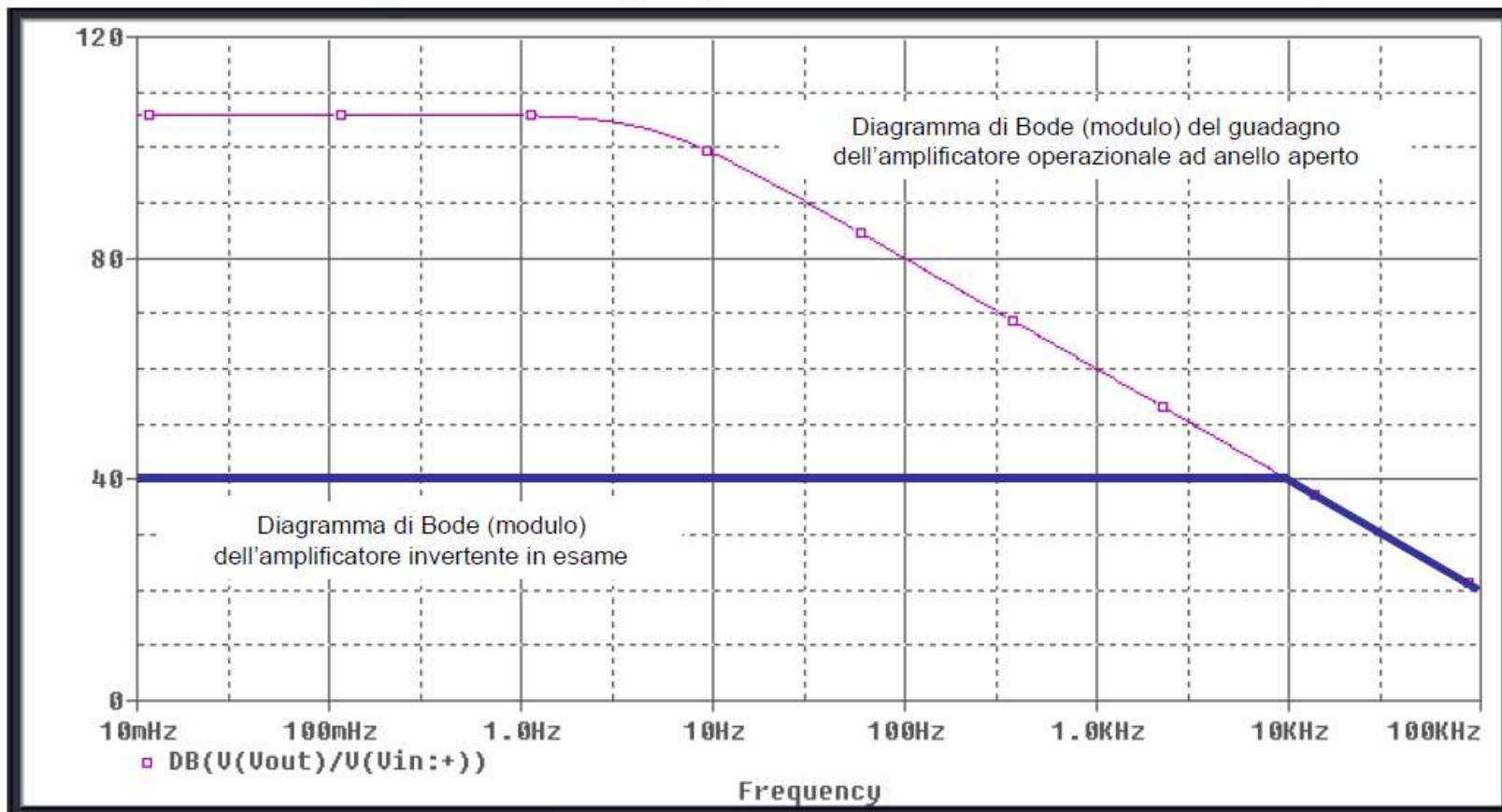
## Diagramma di Bode - Modulo



# OpAmp $\mu$ A741 - Anello Aperto

## Diagramma di Bode - Modulo

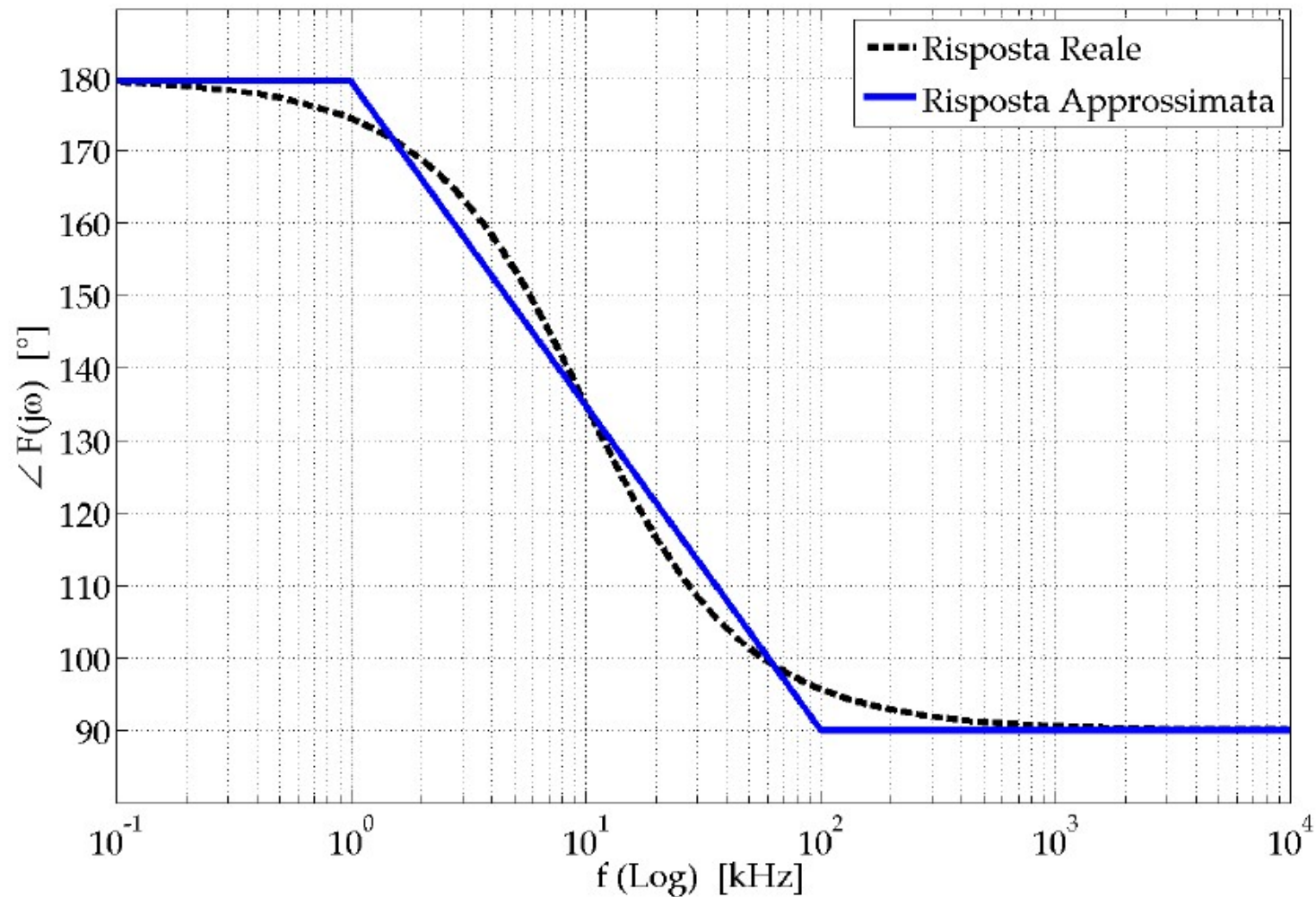
Vedi anche grafico a pag. 81 in basso sulle dispense



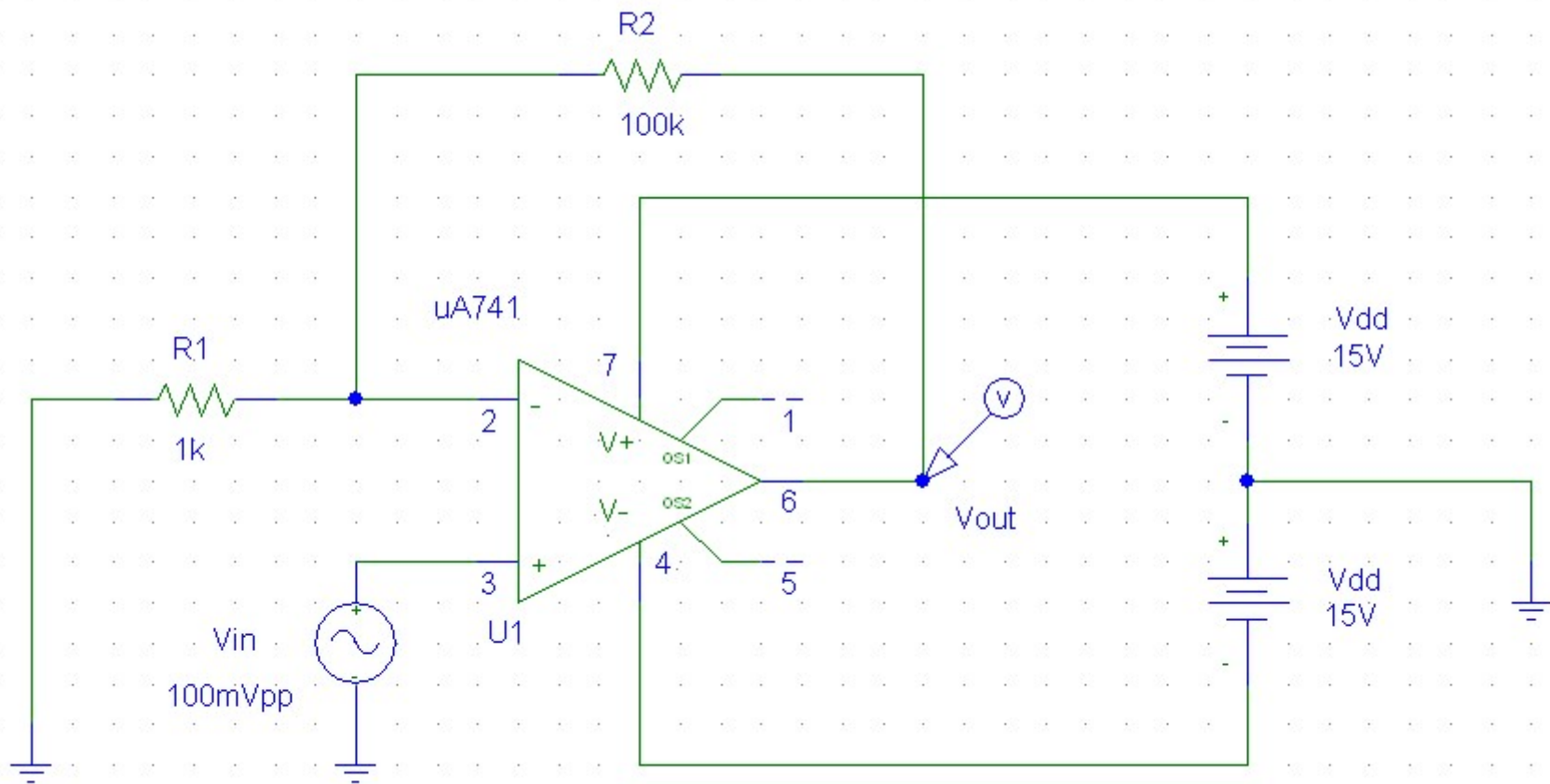


# Configurazione Invertente

## Diagramma di Bode - Fase

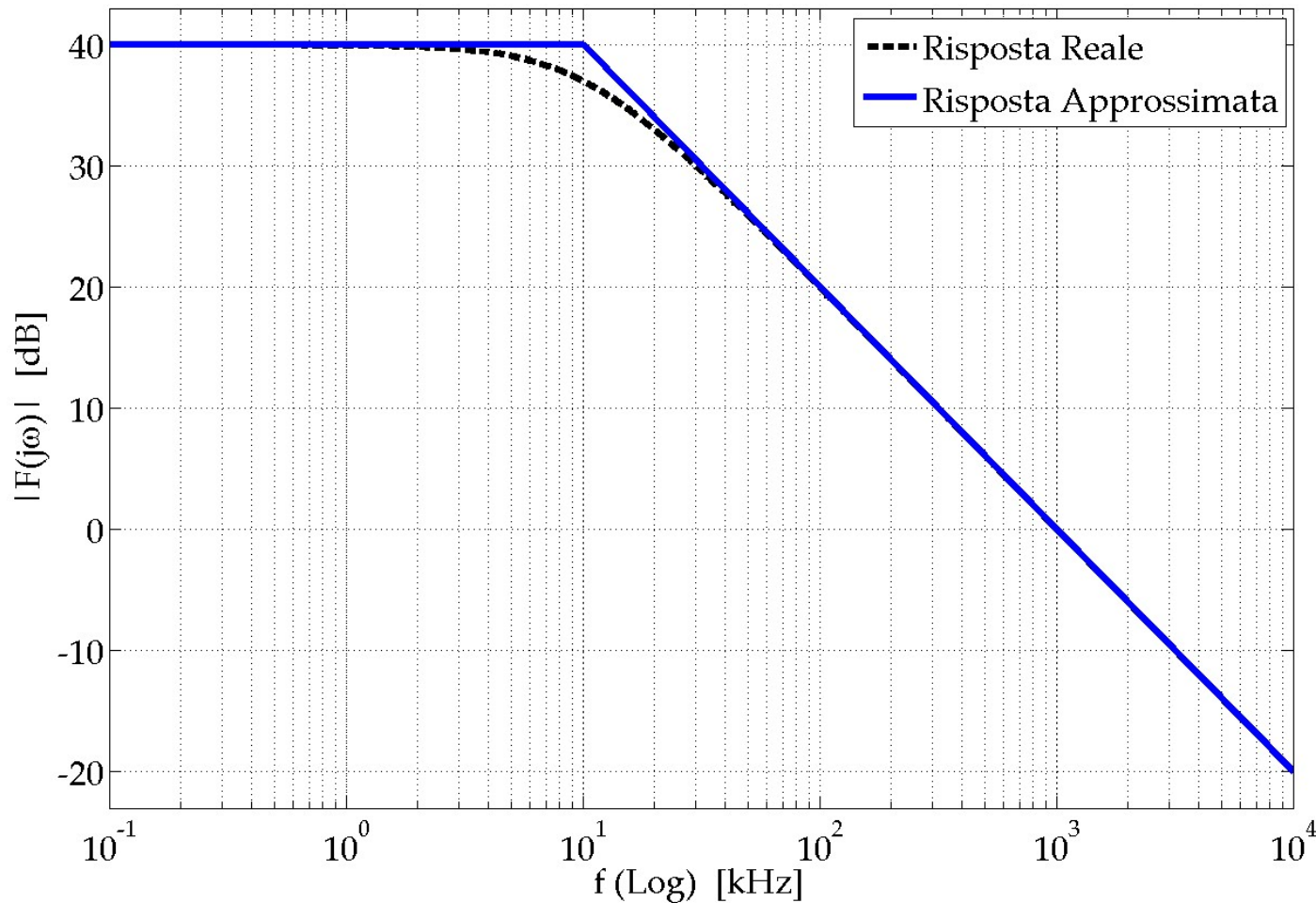


# Configurazione Non Invertente



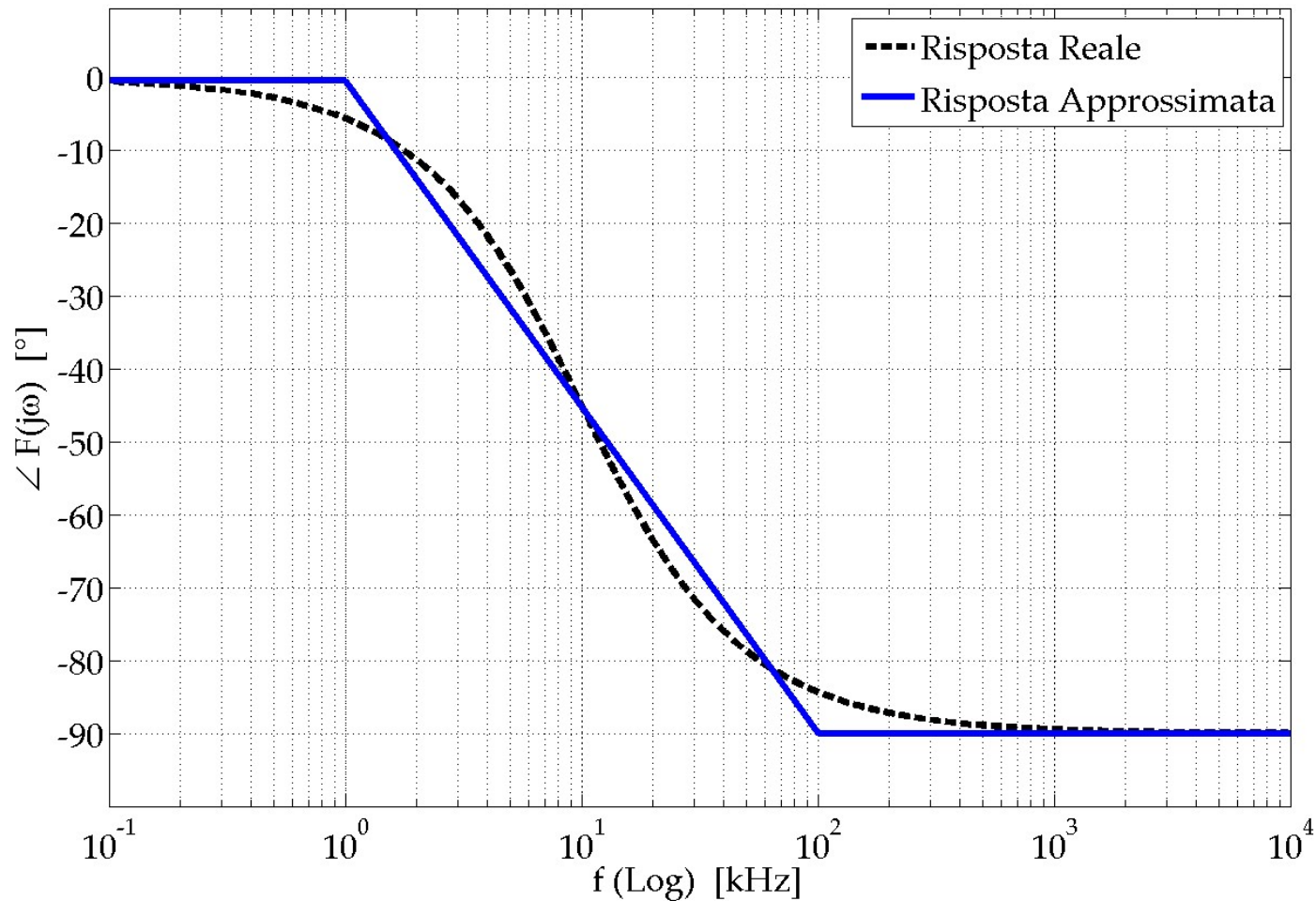
# Configurazione Non Invertente

## Diagramma di Bode - Modulo



# Configurazione Non Invertente

## Diagramma di Bode - Fase





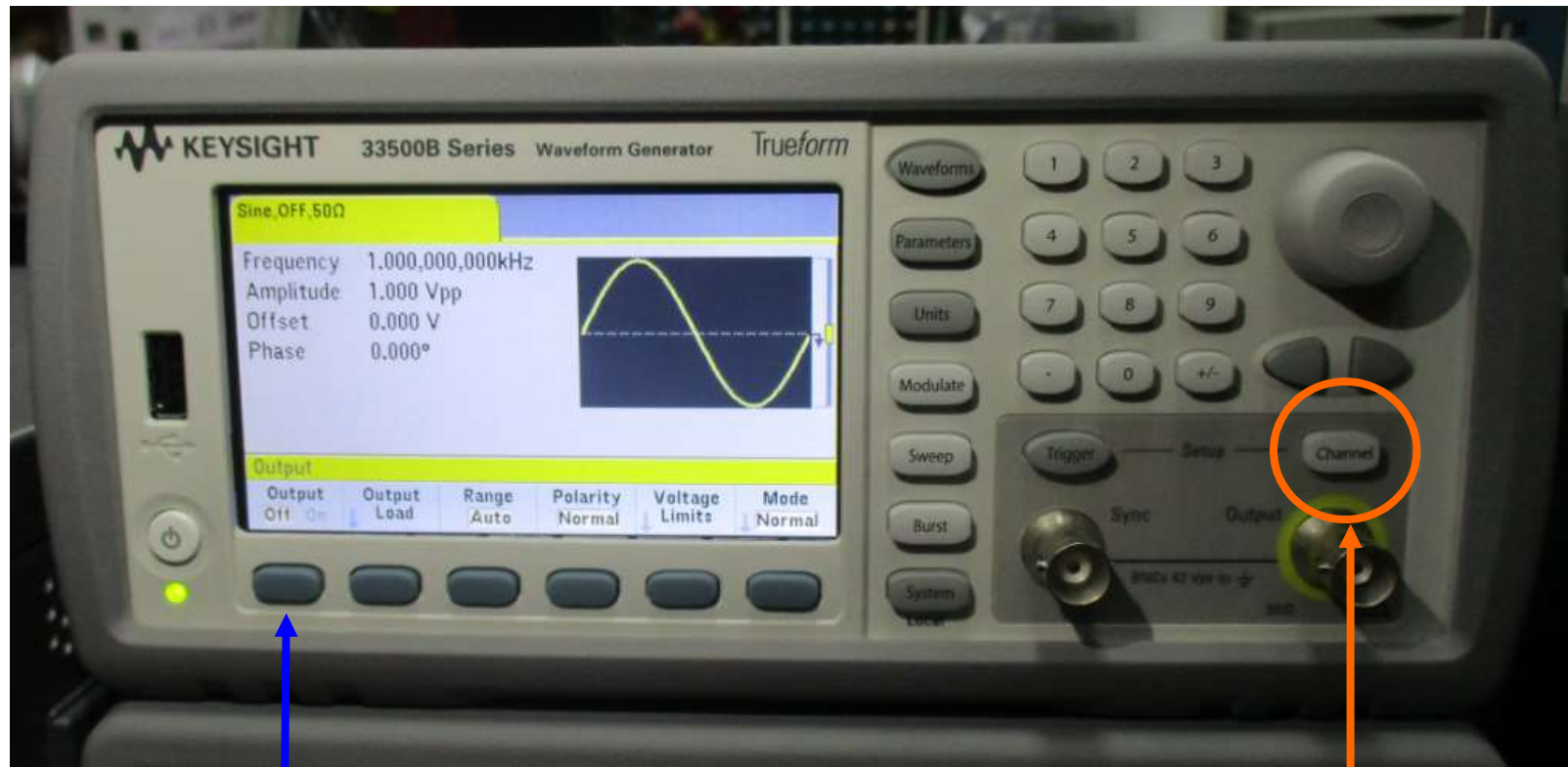
# **Se il Professore decide di concludere l'Esercitazione**



---

**Spegnere il PC ed il Monitor  
e poi fare i seguenti  
5  
passaggi**

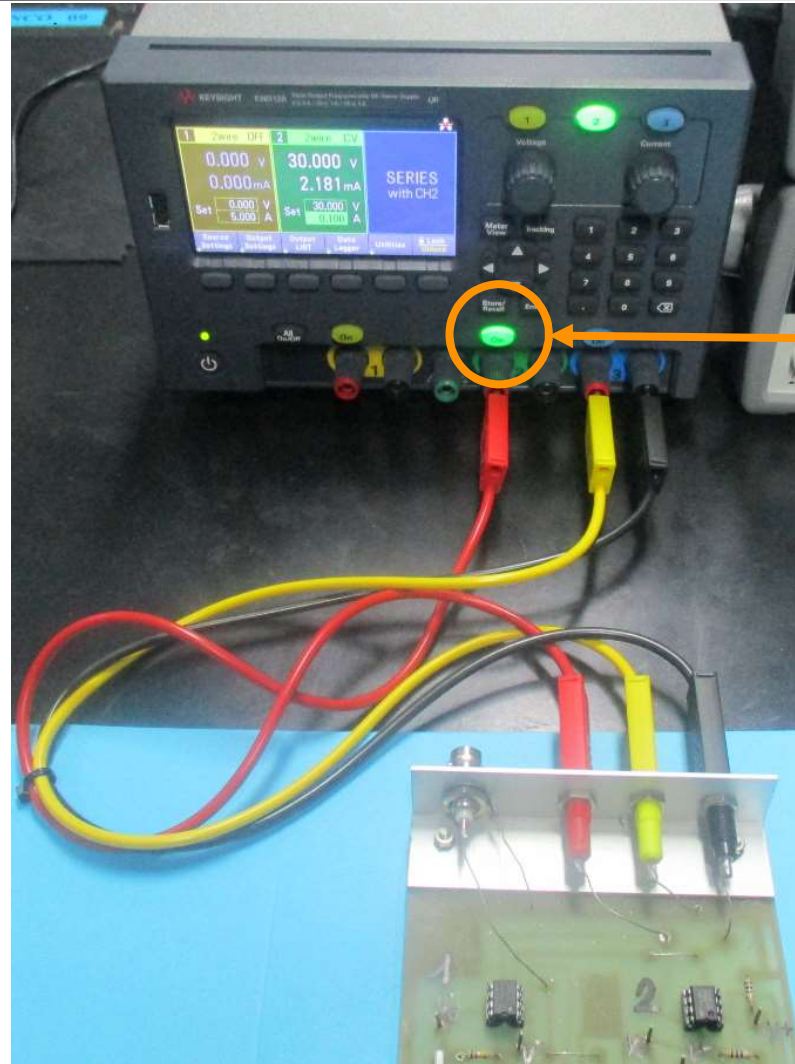
# Spegnere l'uscita del Generatore di Funzioni



2: premi Output Off

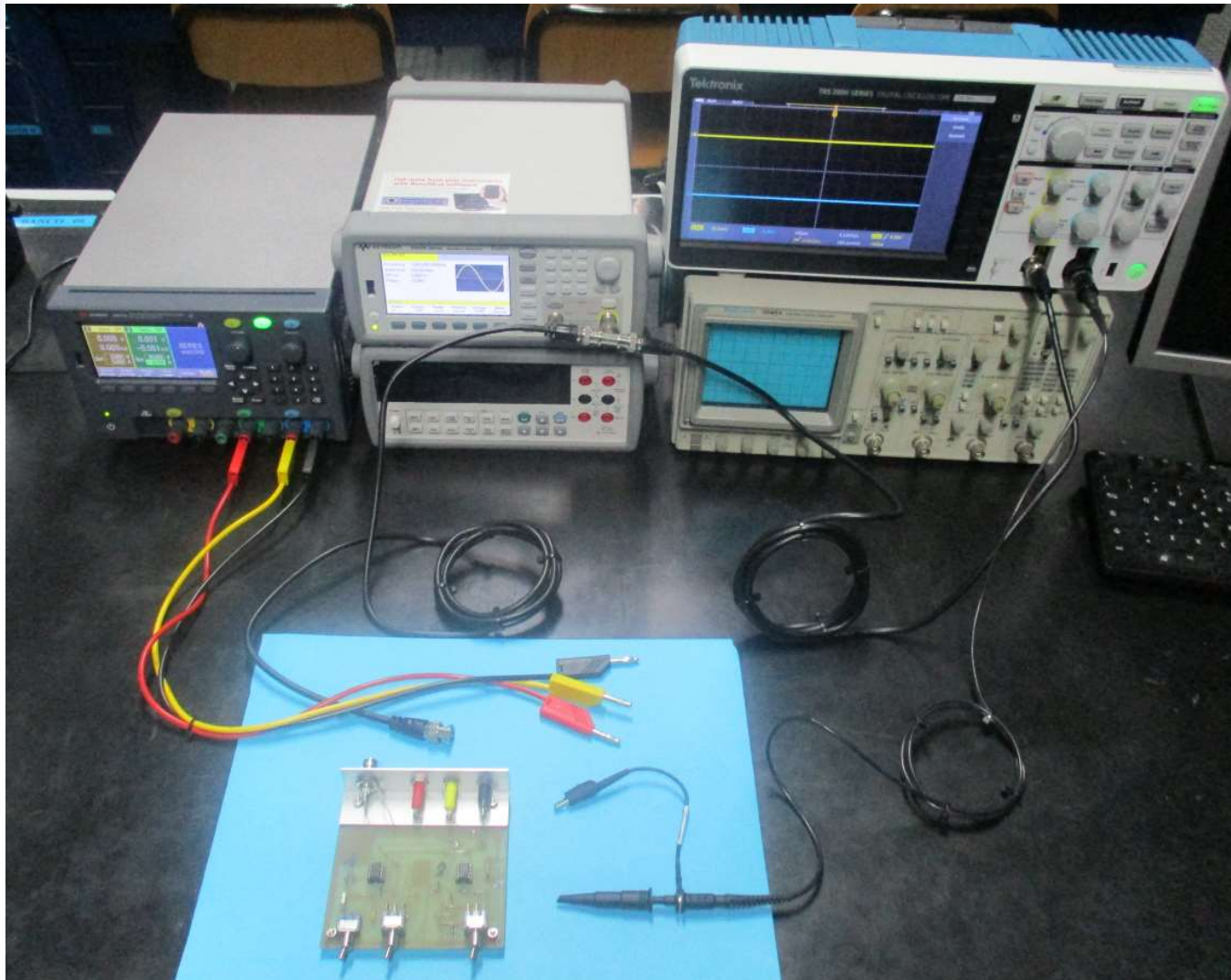
1: premi Channel

# Prima di scollegare OpAmp



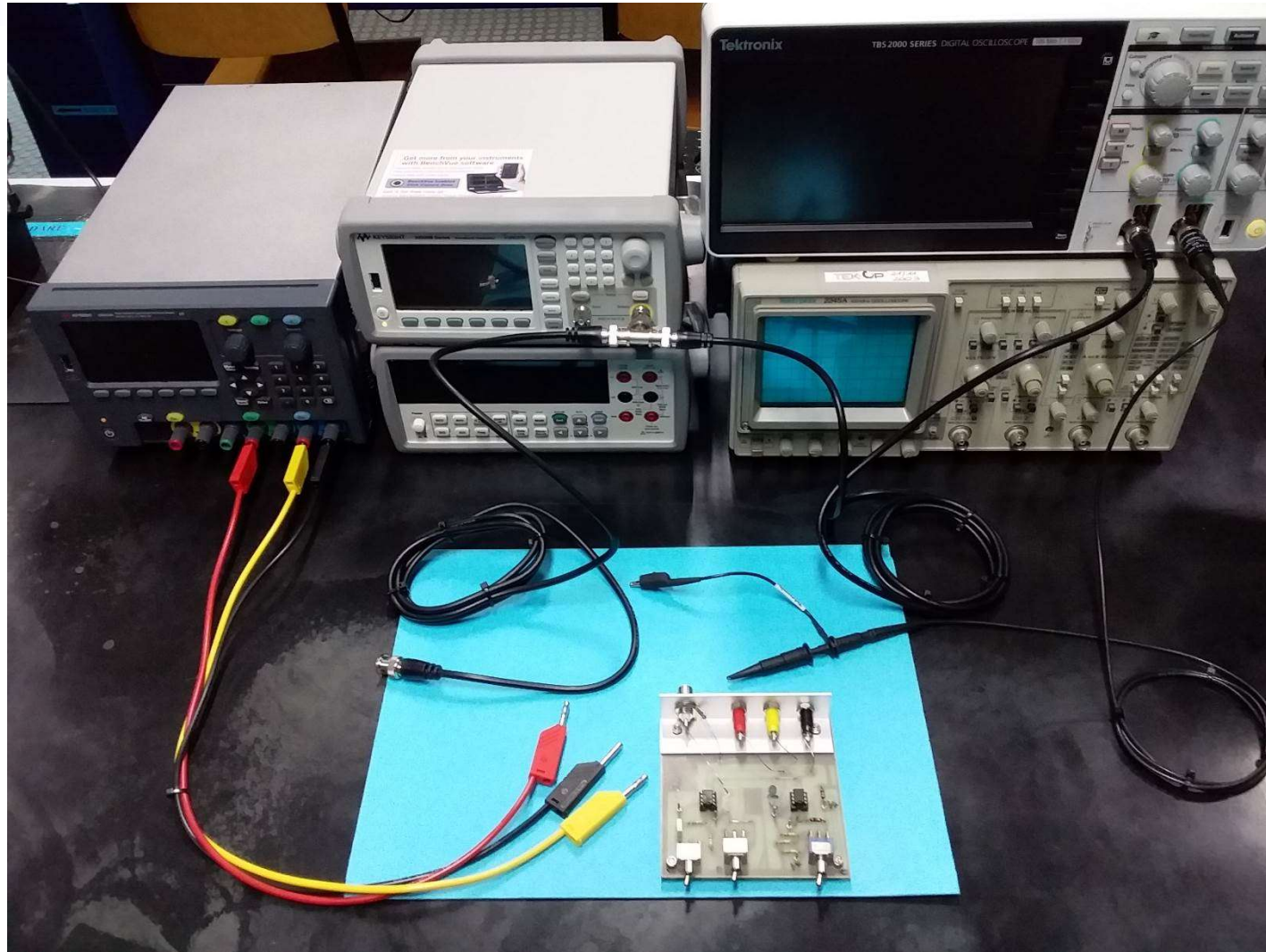
1: spegnere  
l'uscita 2

# Staccare i cavi dalla bassetta OpAmp

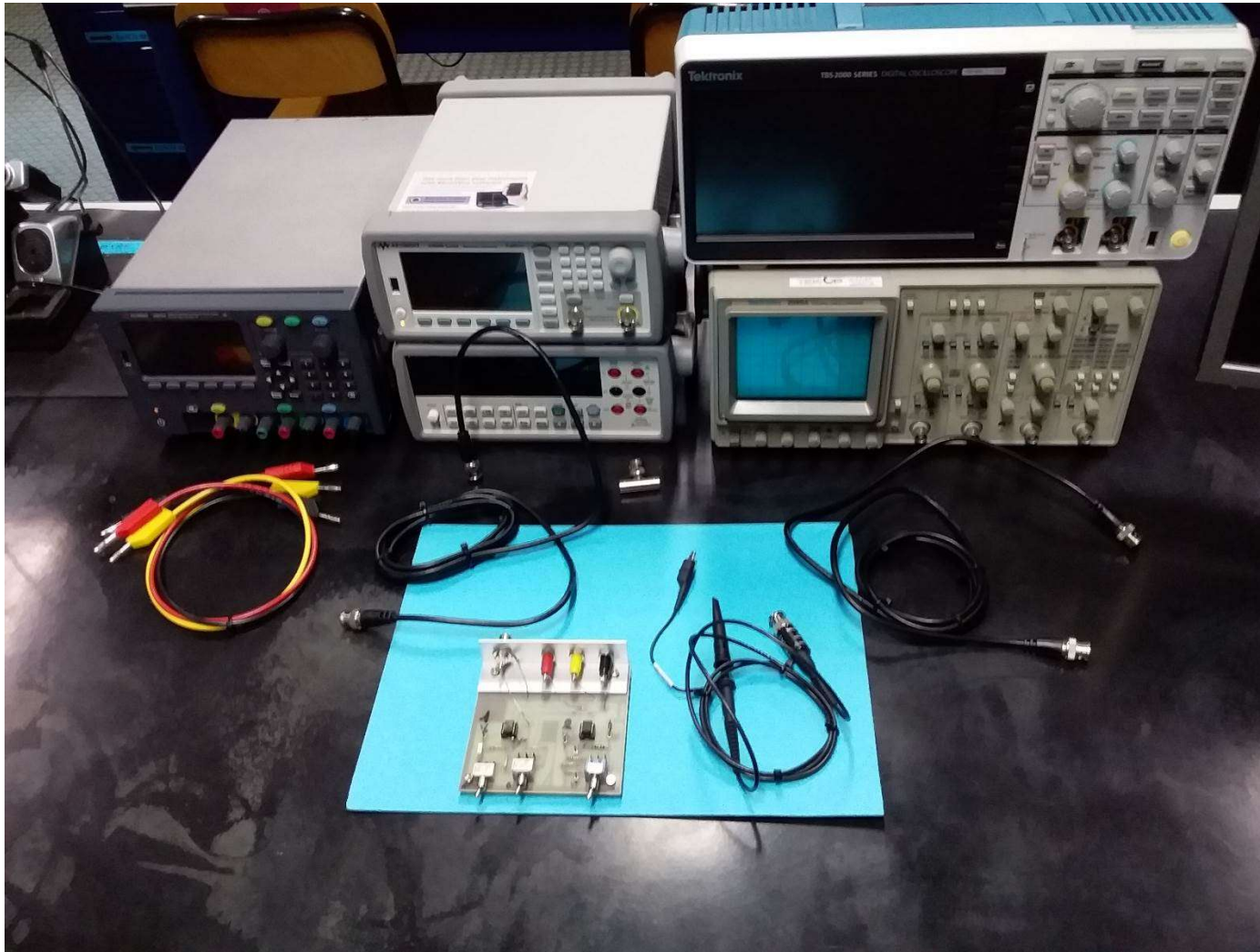




# Spegnere tutti gli strumenti



# Staccare tutti i cavi dagli strumenti



# Corto Circuito Virtuale «Reale»



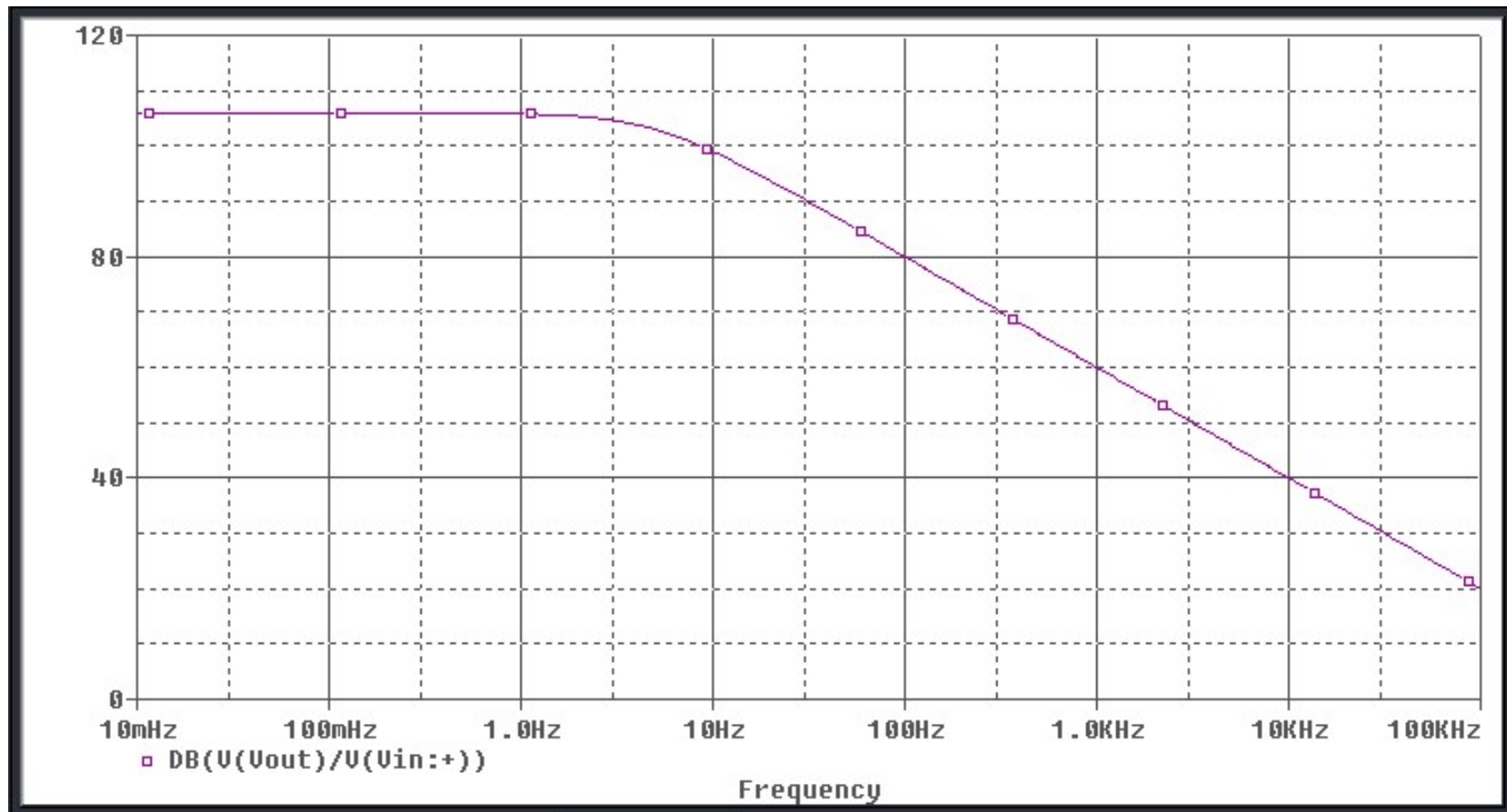
---

Effetto del guadagno ad anello  
aperto sul Corto Circuito Virtuale:  
misura dell'ampiezza della tensione  
 $V^-$  al variare della frequenza  
( $V^+ = 0 \text{ V}$ )

# OpAmp $\mu$ A741 – Anello Aperto

## Diagramma di Bode – Modulo

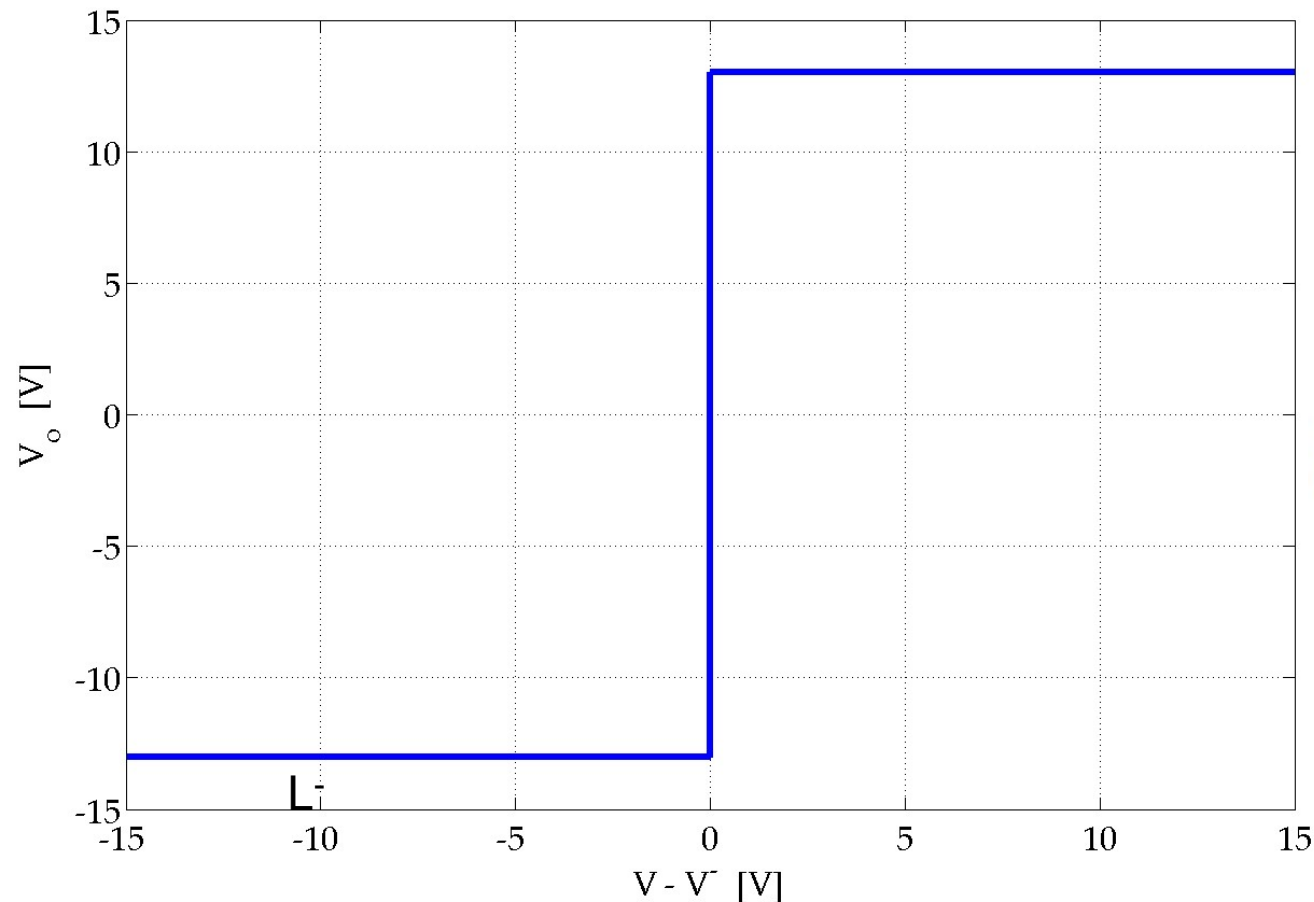
Vedi anche grafico a pag. 81 in basso sulle dispense





# Se l'OpAmp Satura, vale il Corto Circuito Virtuale?

NO! Perché? ... Pensate al valore di  $A_a$ ...

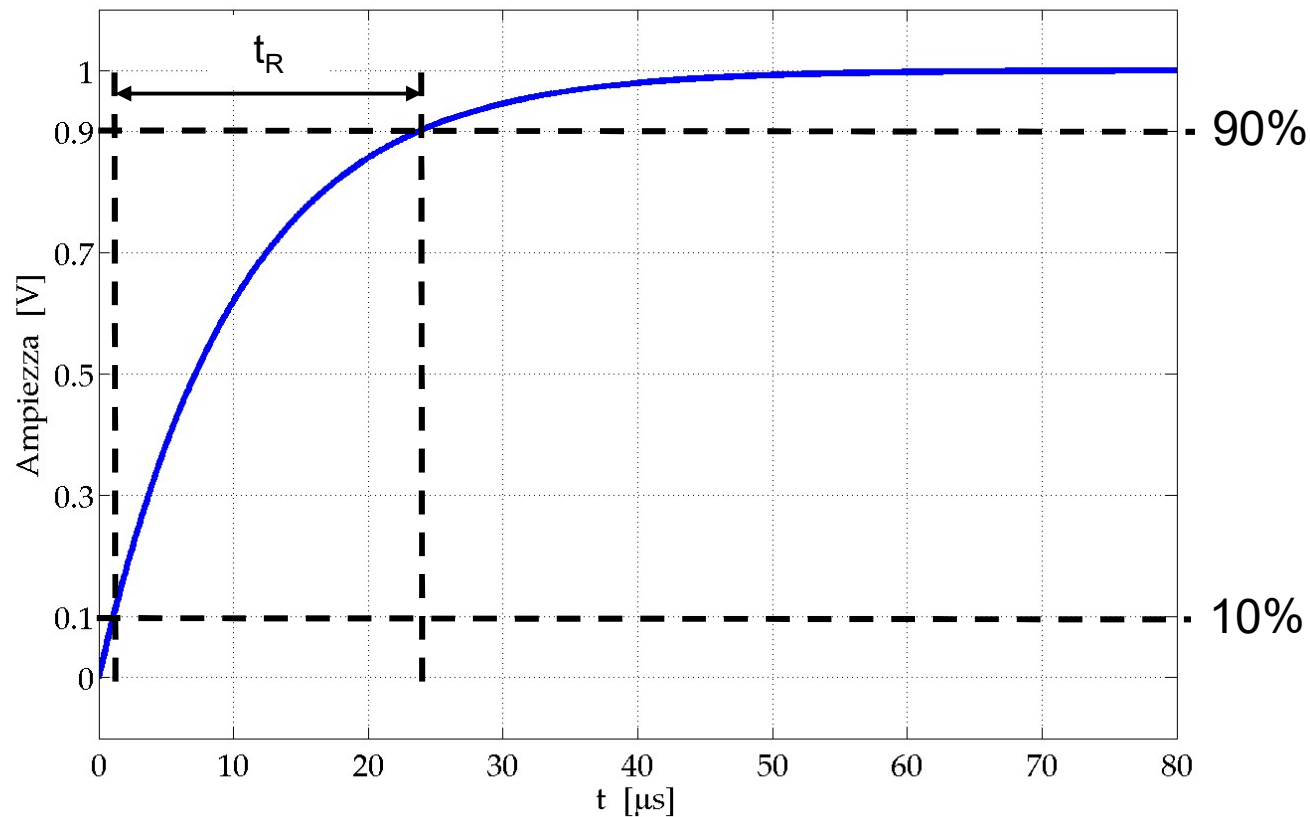


$$A_a = \frac{V_o}{V^+ - V^-}$$

# Amplificatore Invertente

## Risposta al Gradino

$t_R$ : Rise Time (Tempo di Salita)  $\rightarrow f_c = 0.35 / t_R$



# Misura del Tempo di Salita Rise Time ( Configurare CH2 )

2: ruota e seleziona    3: premi    1: premi

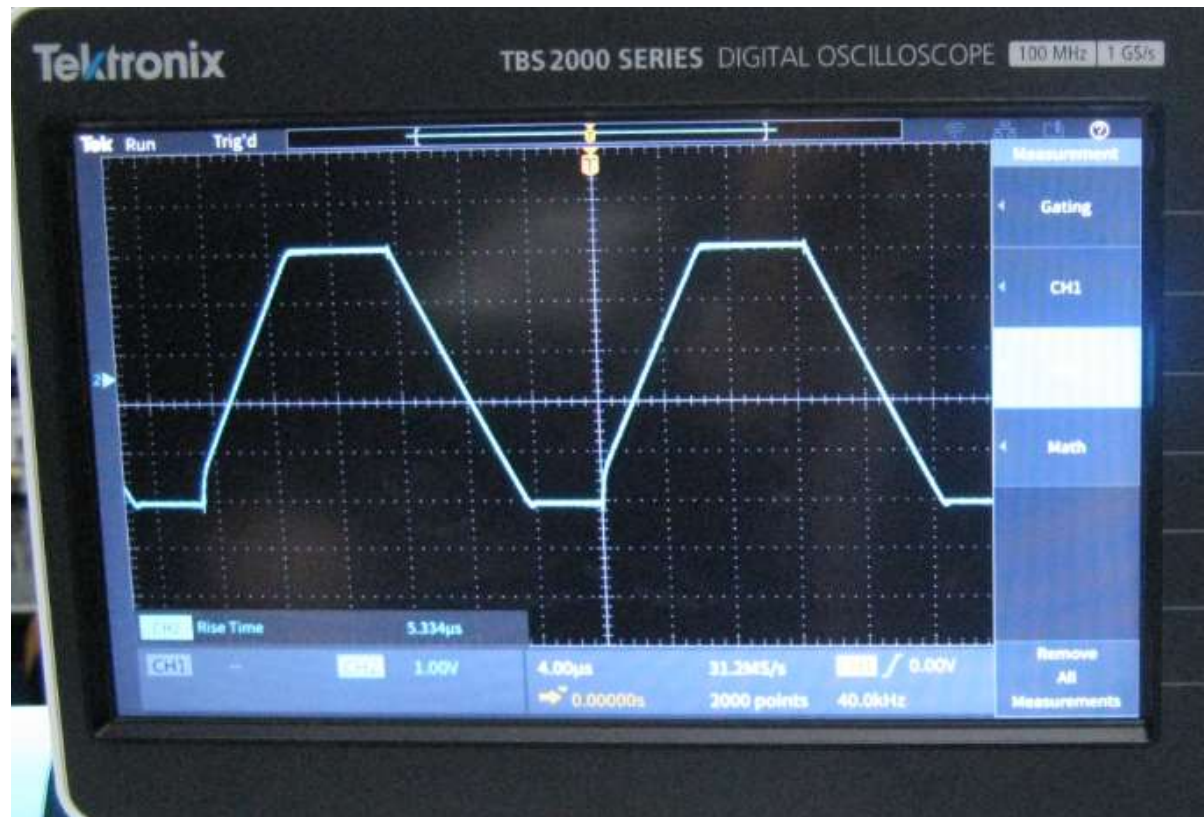


4: esci dal Menu ( premi 1 volta )

# Misura del Tempo di Salita

## Rise Time

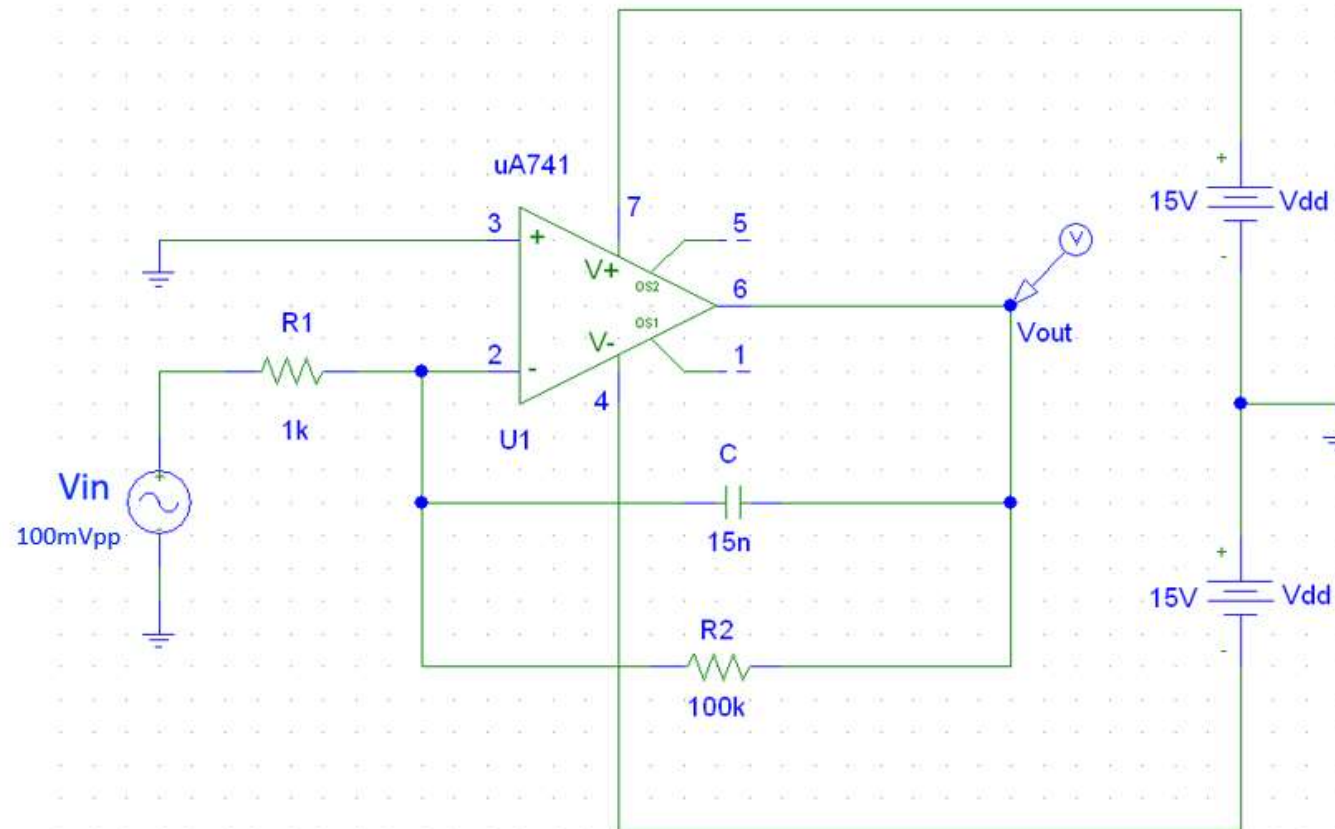
Visualizzazione  
del  
Rise Time





# Integratore di Miller Approssimato

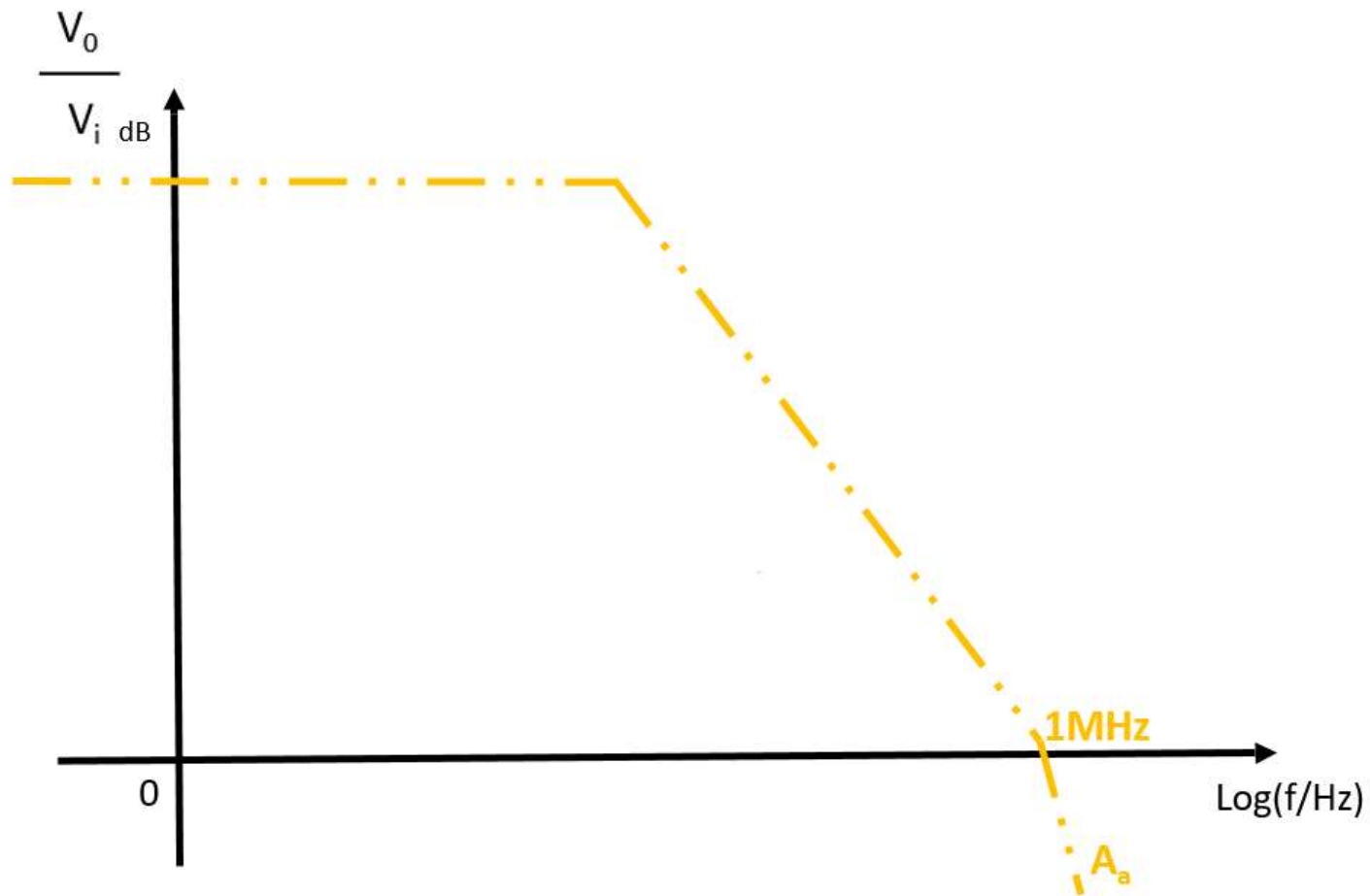
dispense a pag. 50 - ( interruttori: D,S,X ) - uscita 1



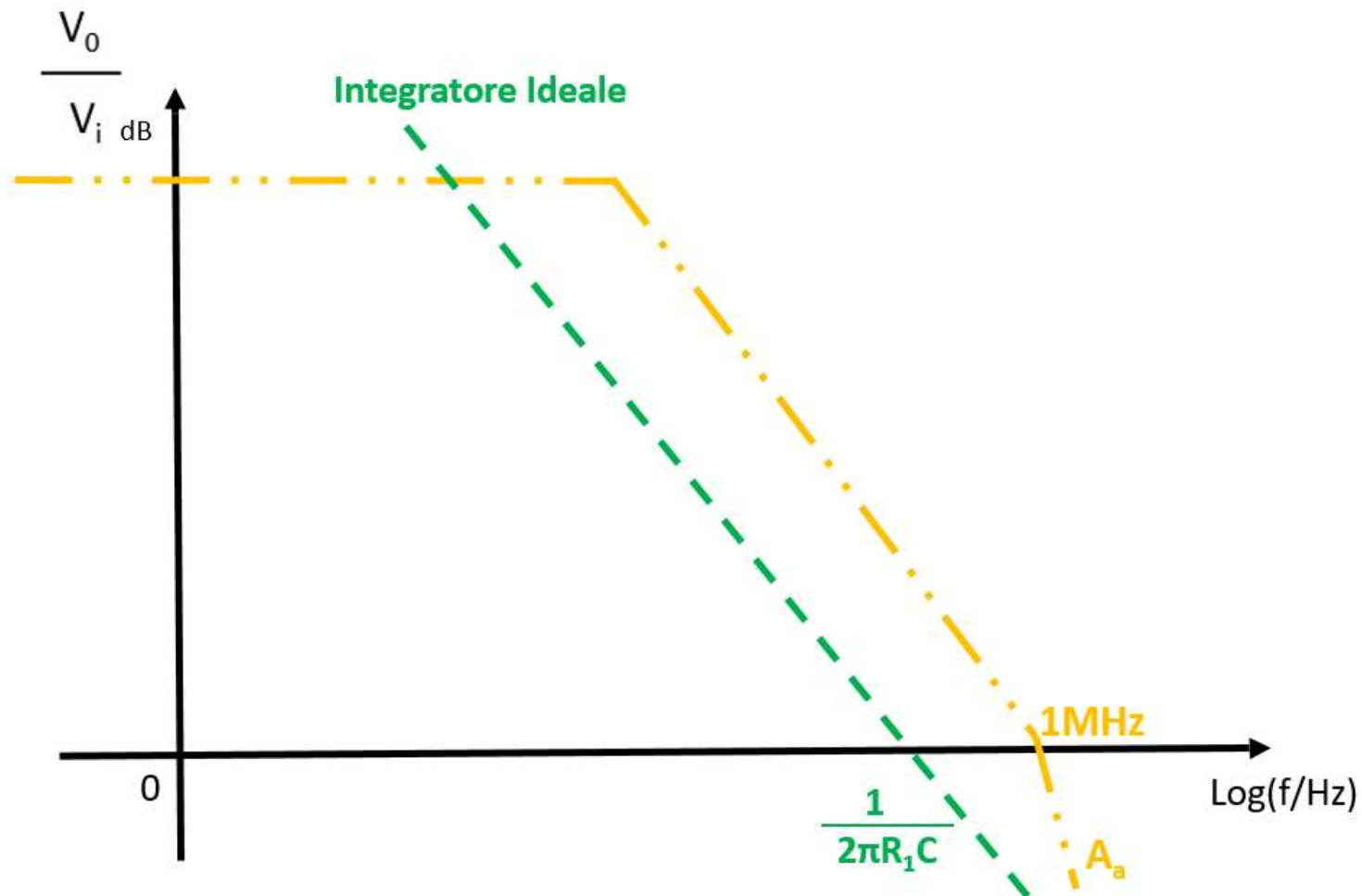
# Stima Diagramma di Bode del Modulo



# Stima Diagramma di Bode del Modulo

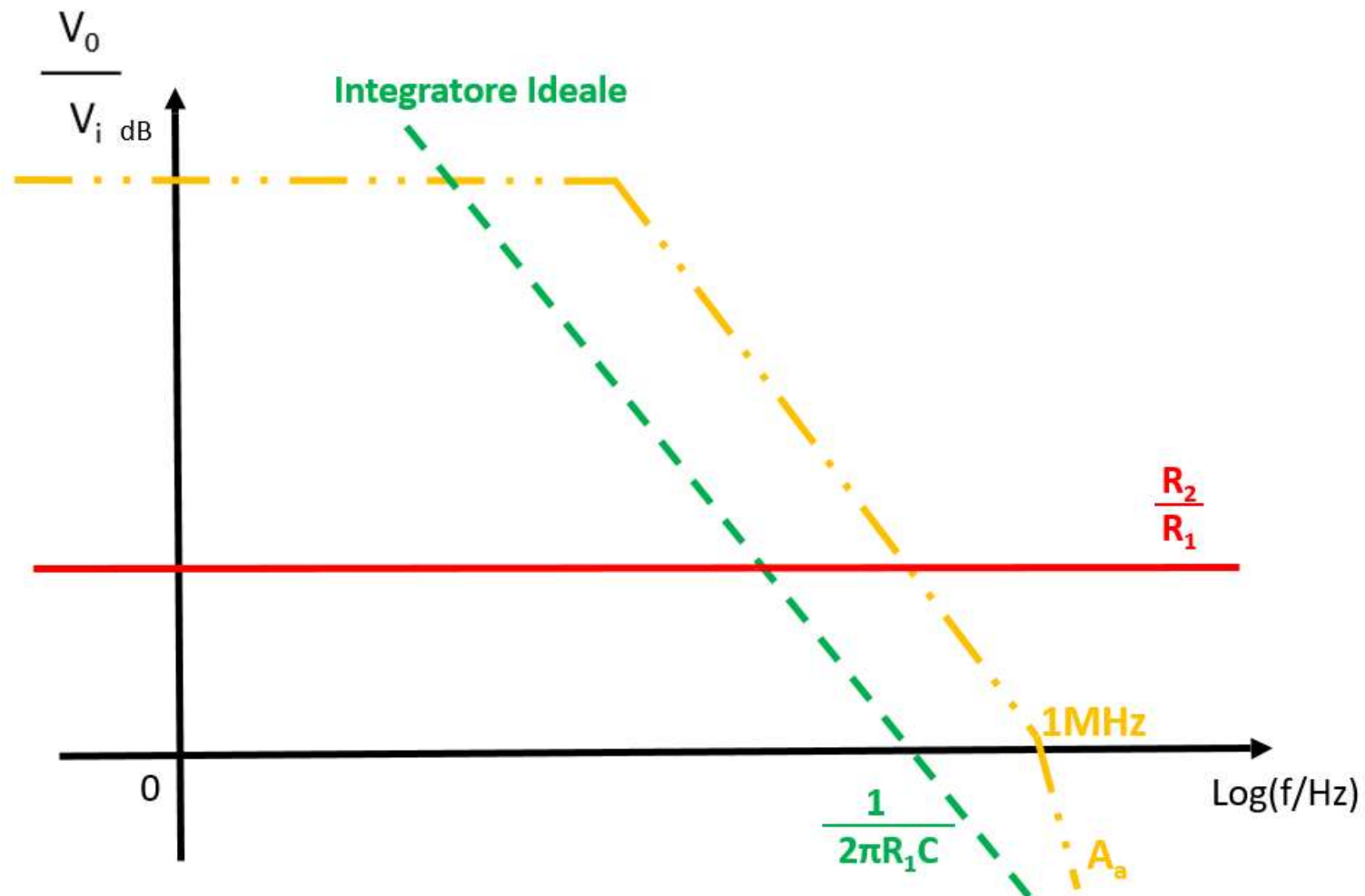


# Stima Diagramma di Bode del Modulo

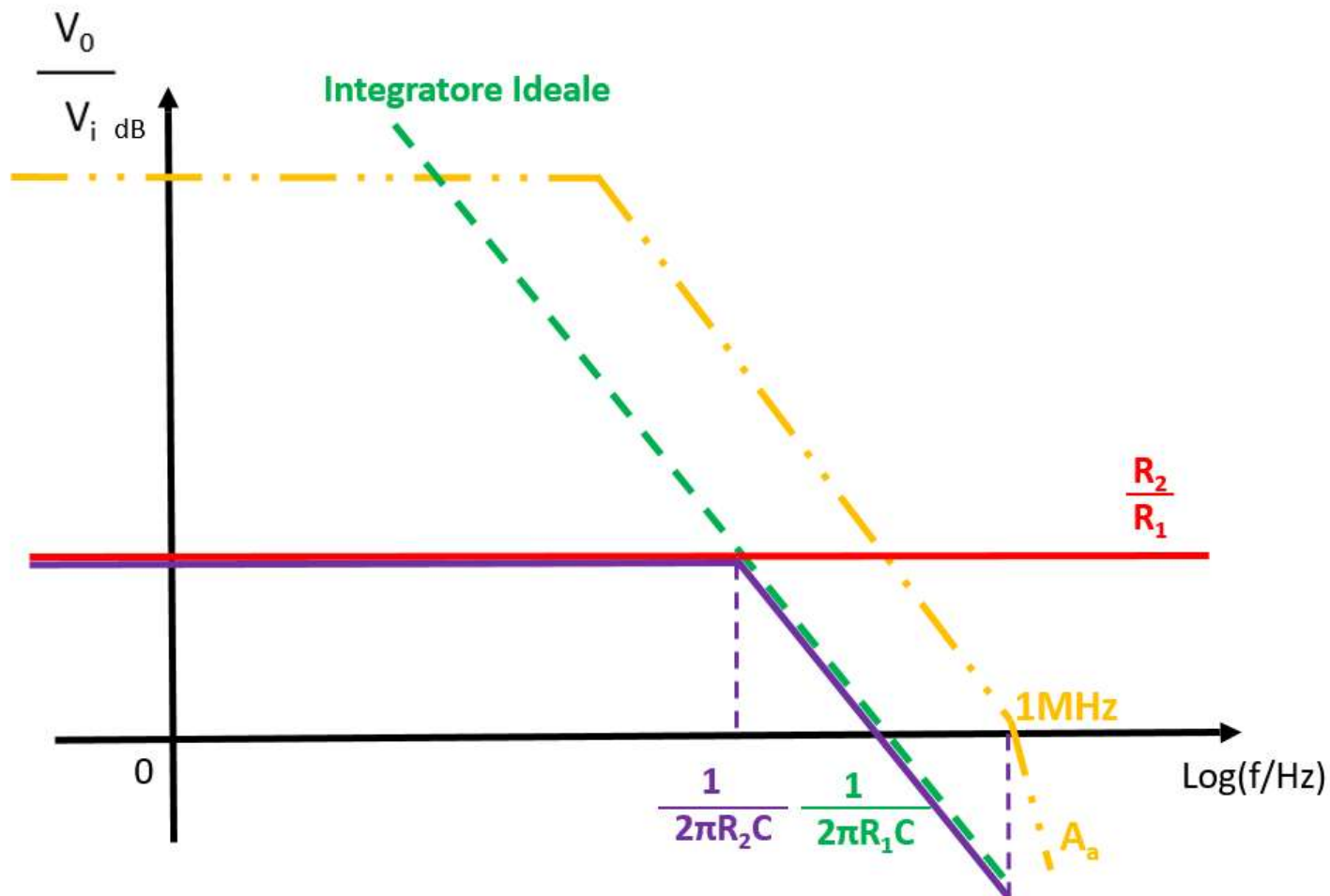




# Stima Diagramma di Bode del Modulo

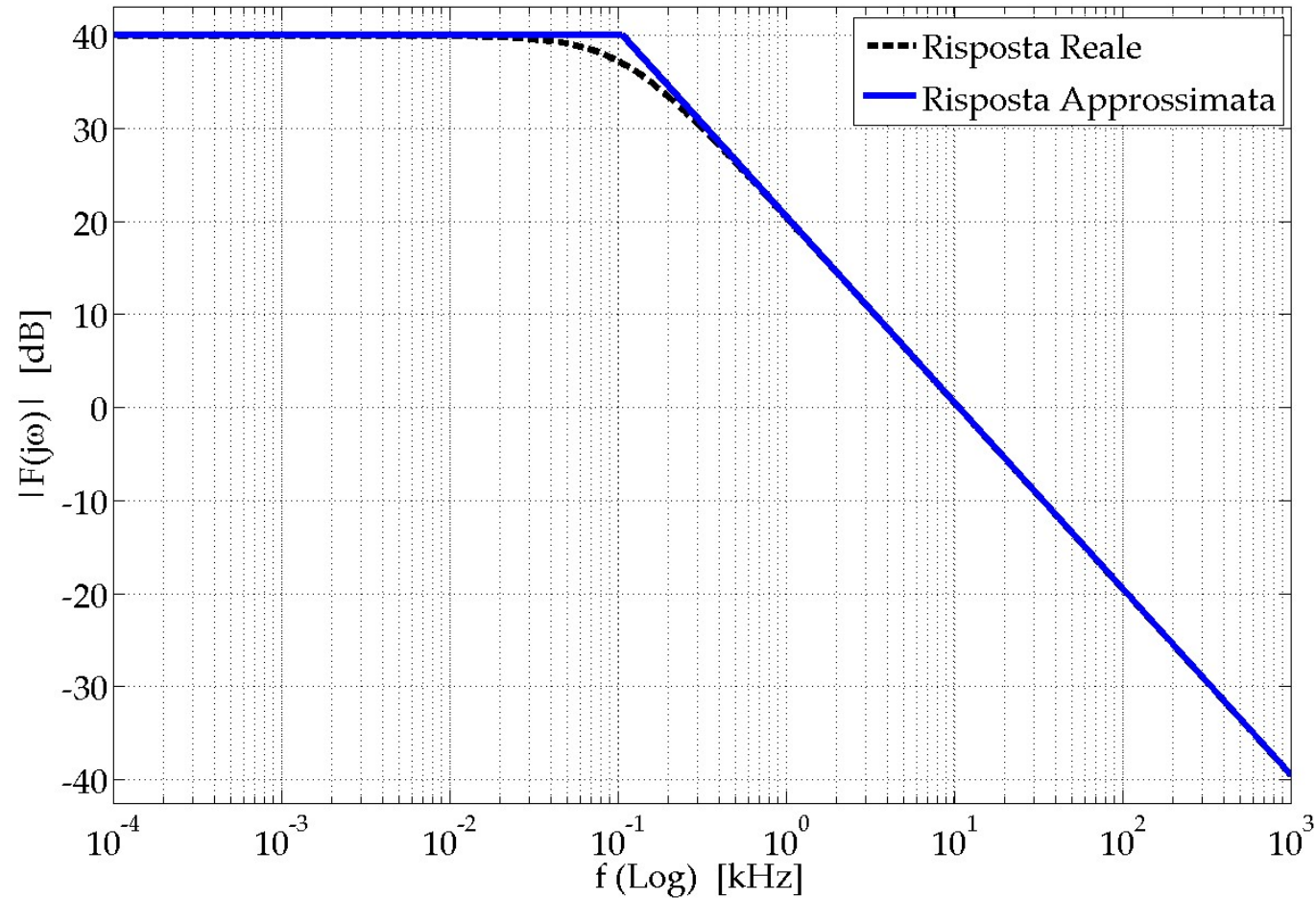


# Stima Diagramma di Bode del Modulo



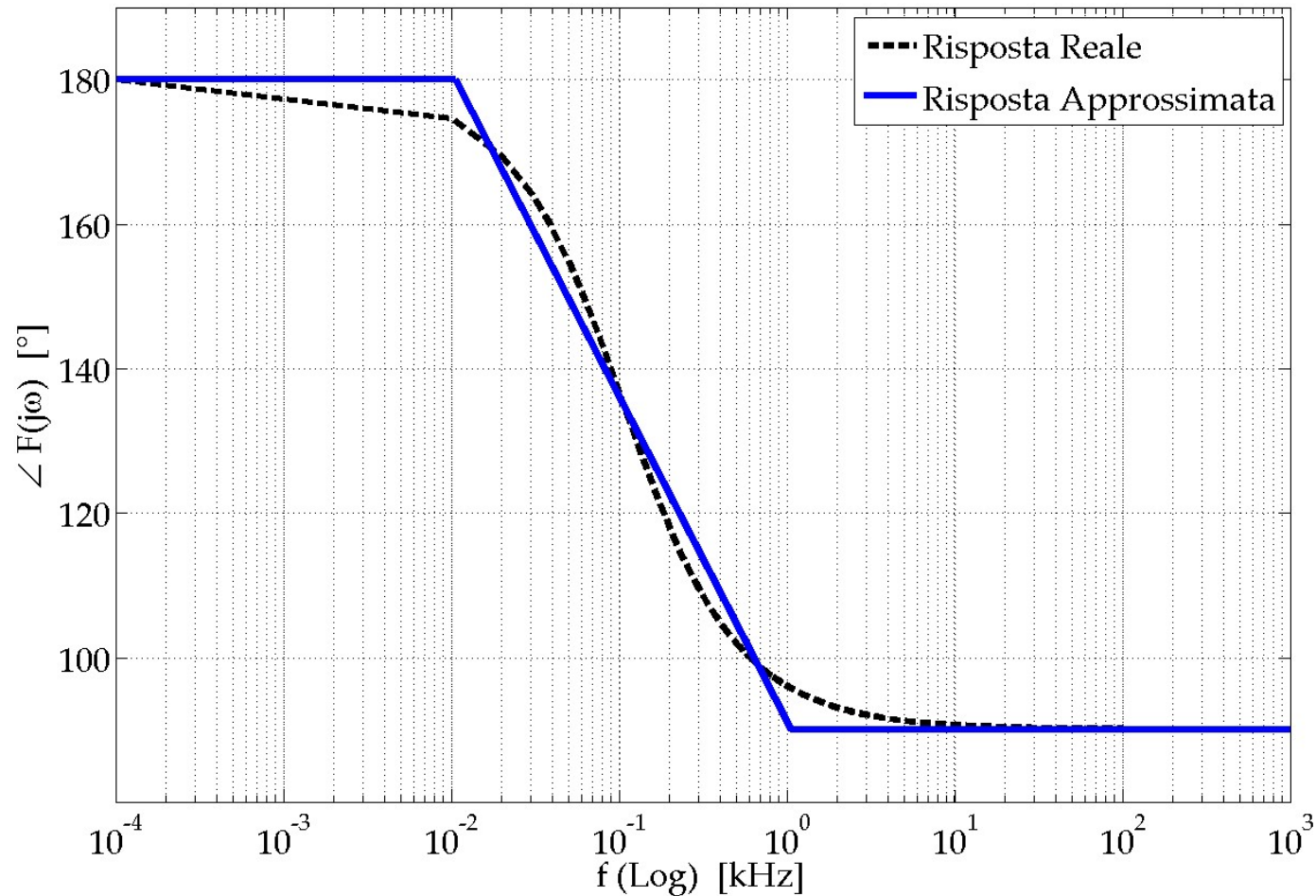
# Integratore di Miller

## Diagramma di Bode - Modulo



# Integratore di Miller

## Diagramma di Bode - Fase

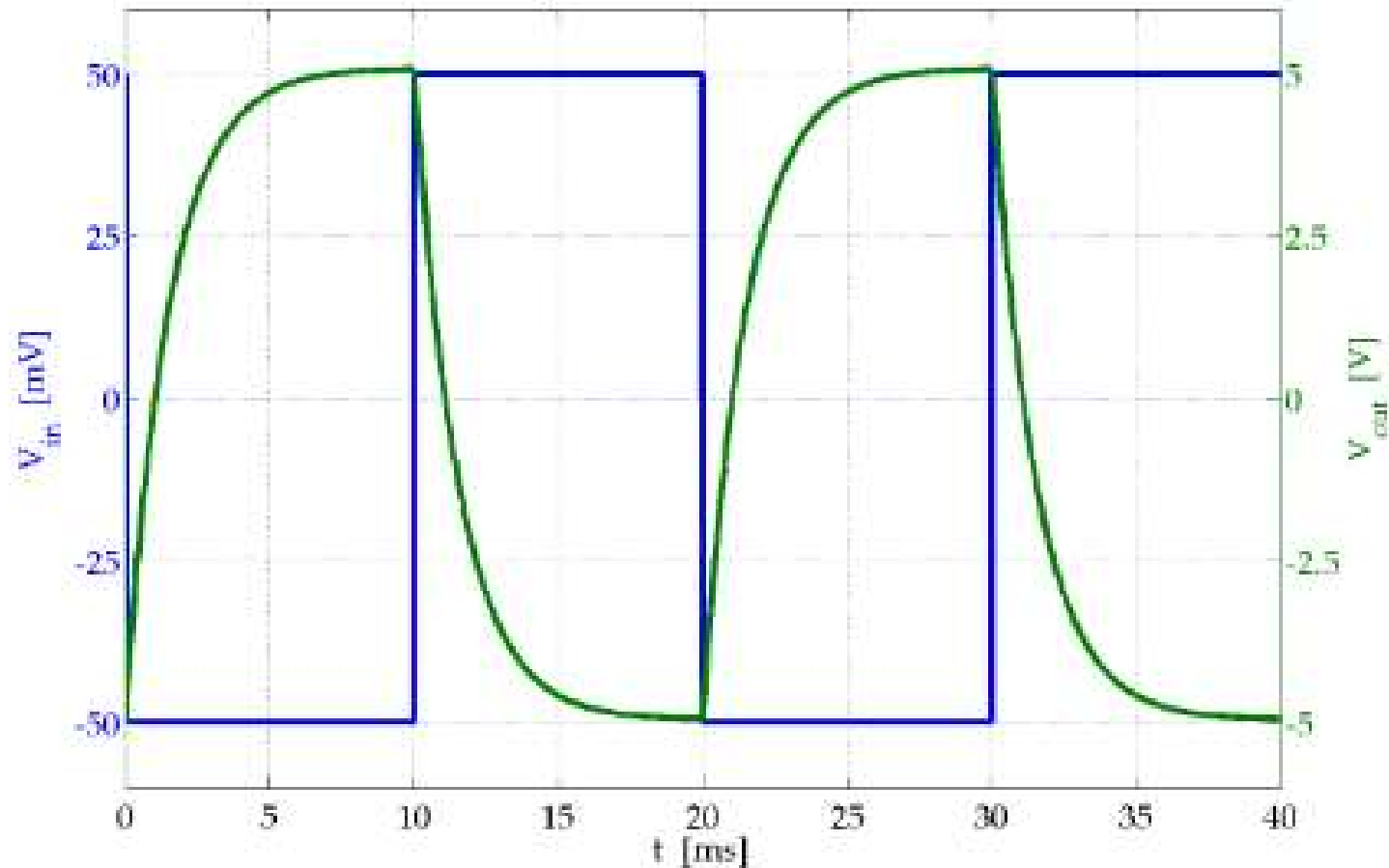




# Integratore di Miller

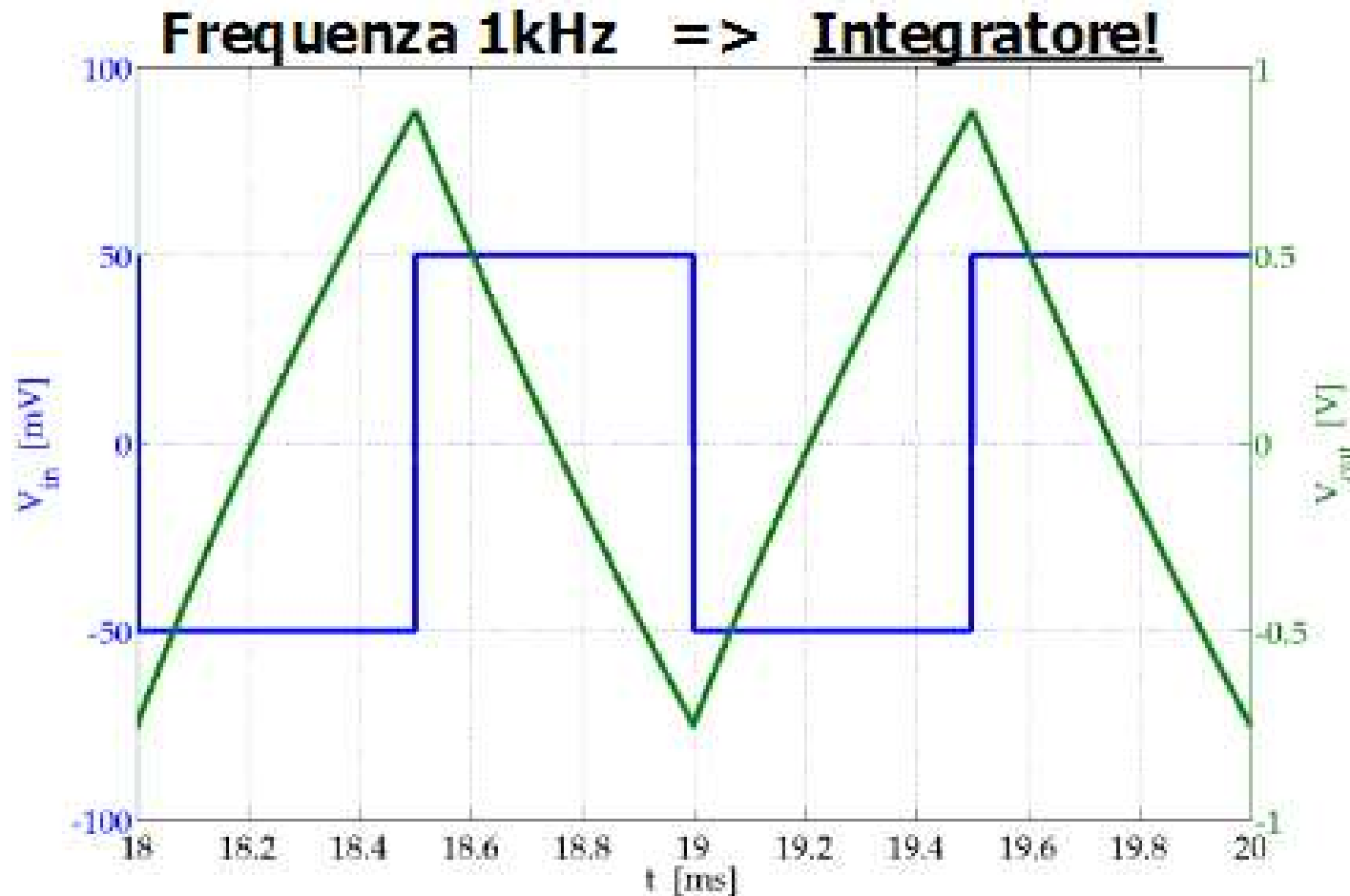
## Risposta all'Onda Quadra (1)

Frequenza 50Hz

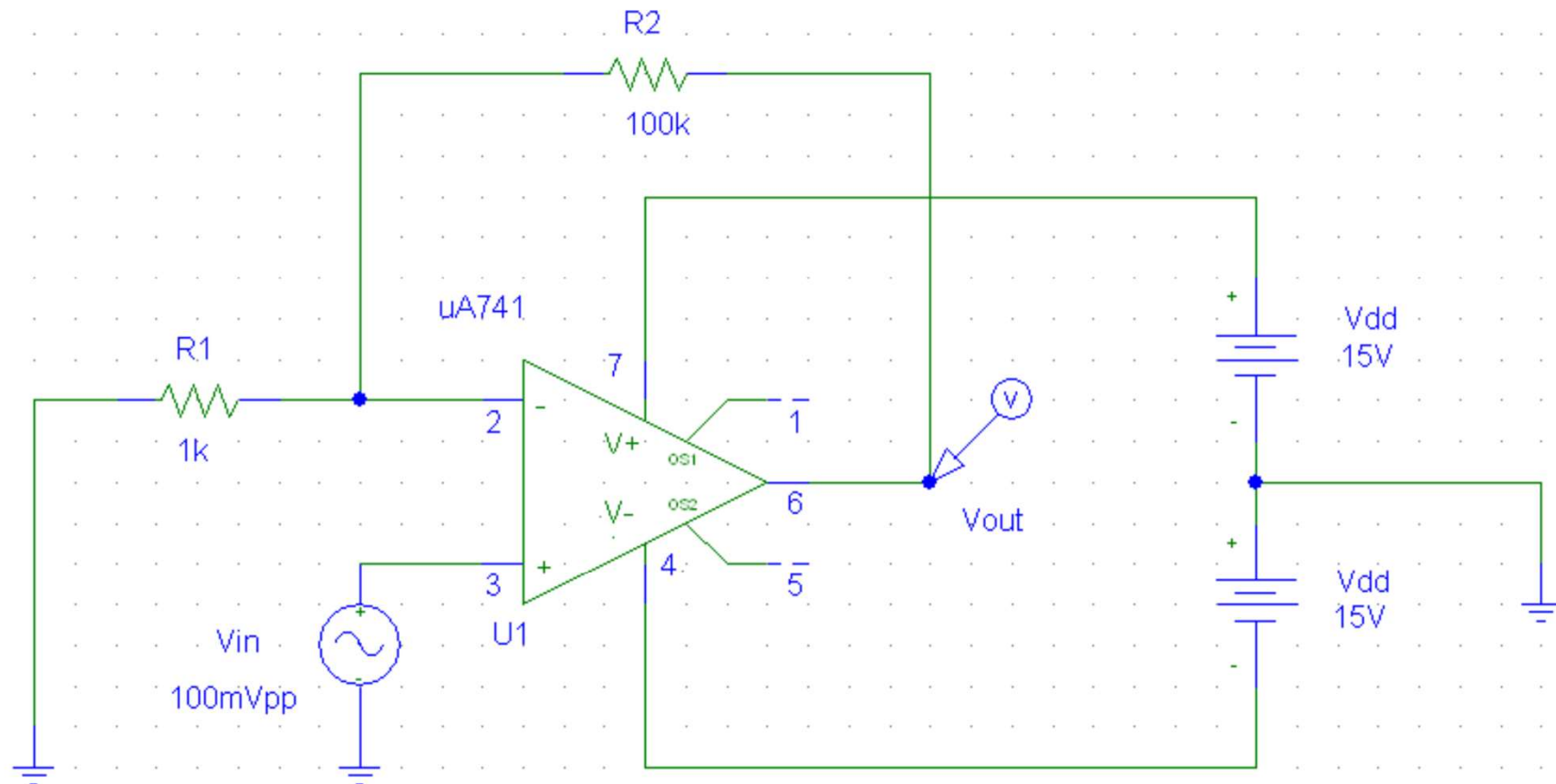


# Integratore di Miller

## Risposta all'Onda Quadra (2)

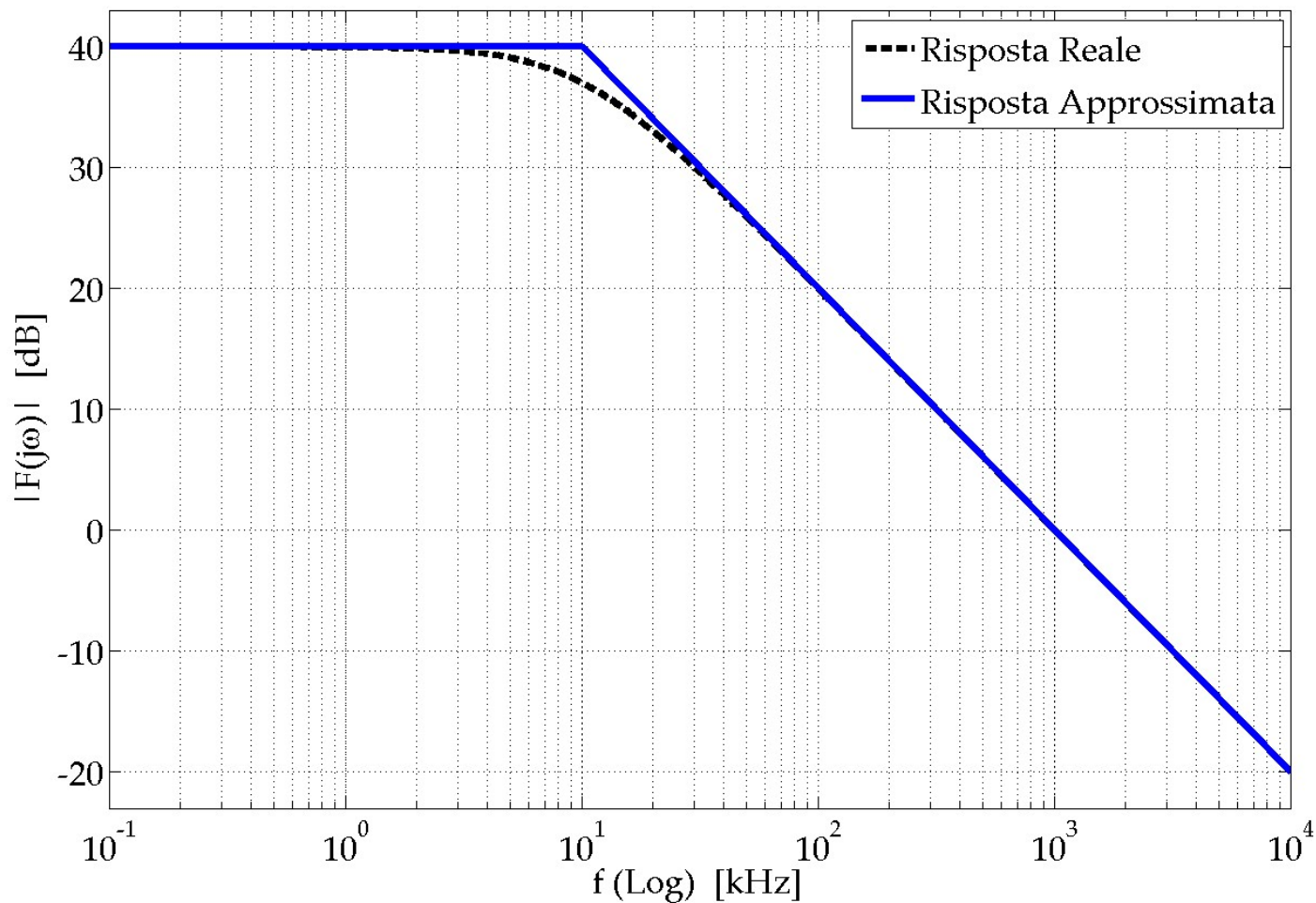


# Configurazione Non Invertente



# Configurazione Non Invertente

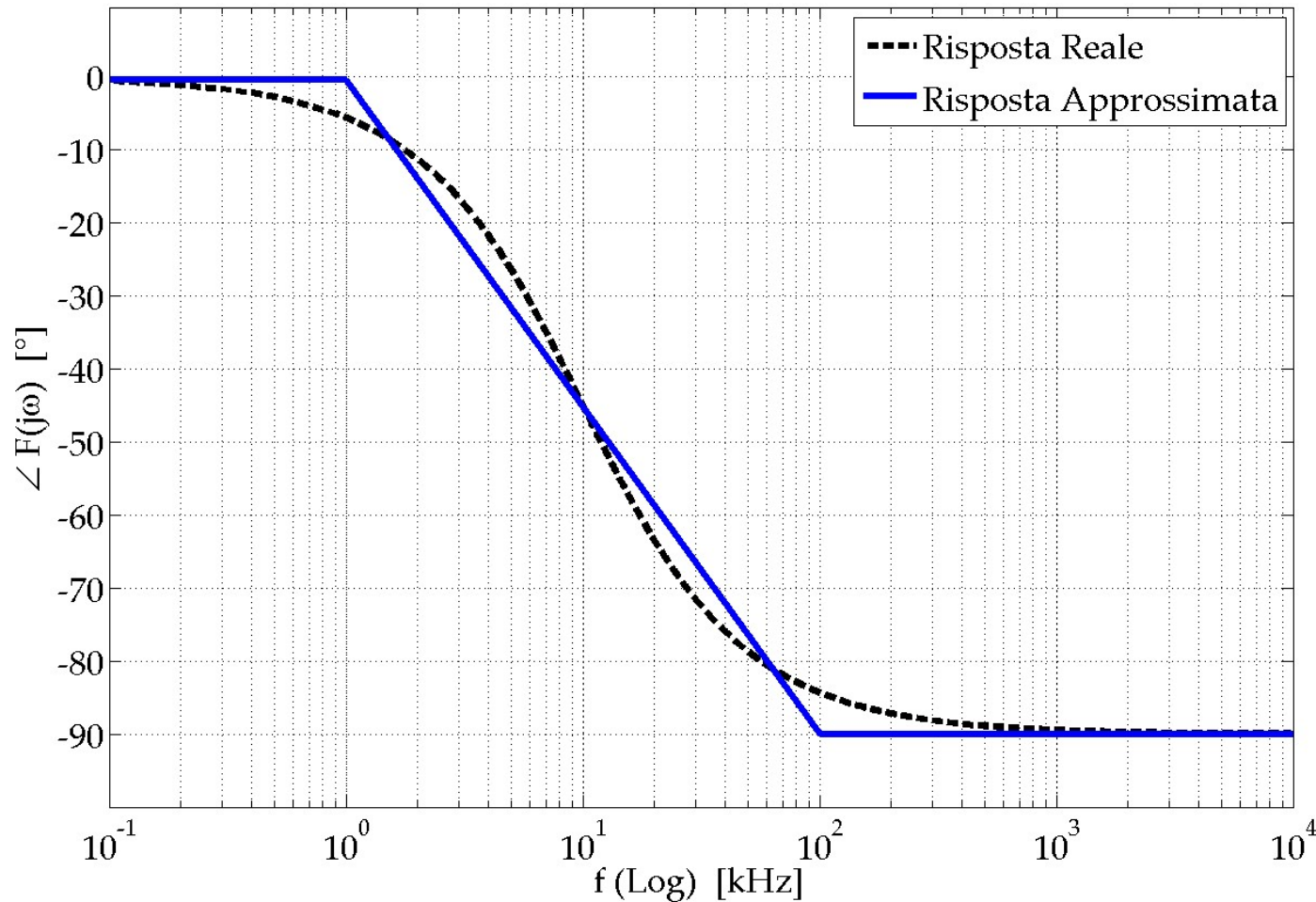
## Diagramma di Bode - Modulo



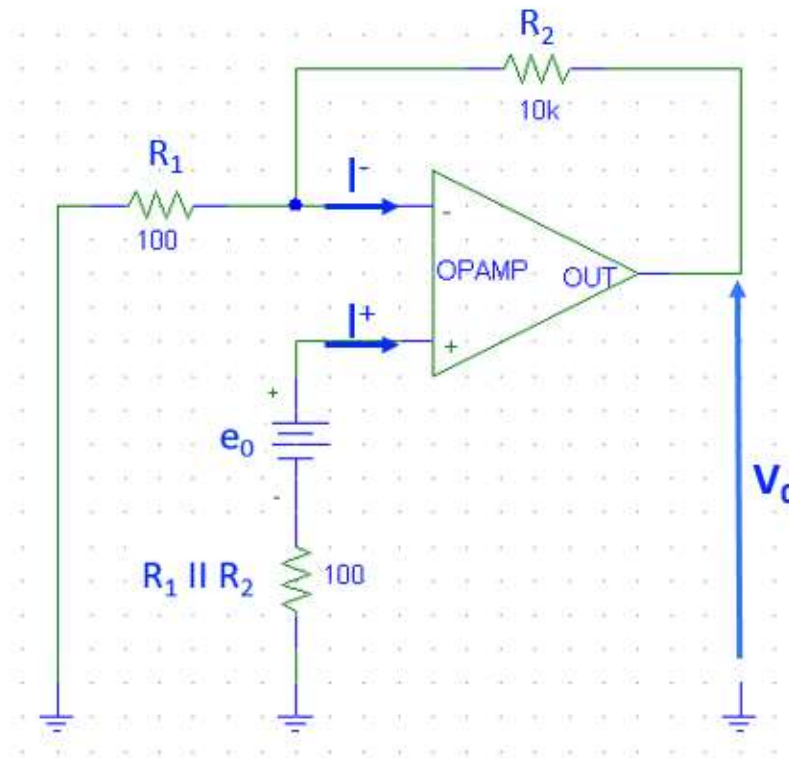


# Configurazione Non Invertente

## Diagramma di Bode - Fase



# Effetto della Tensione e delle Correnti di Offset

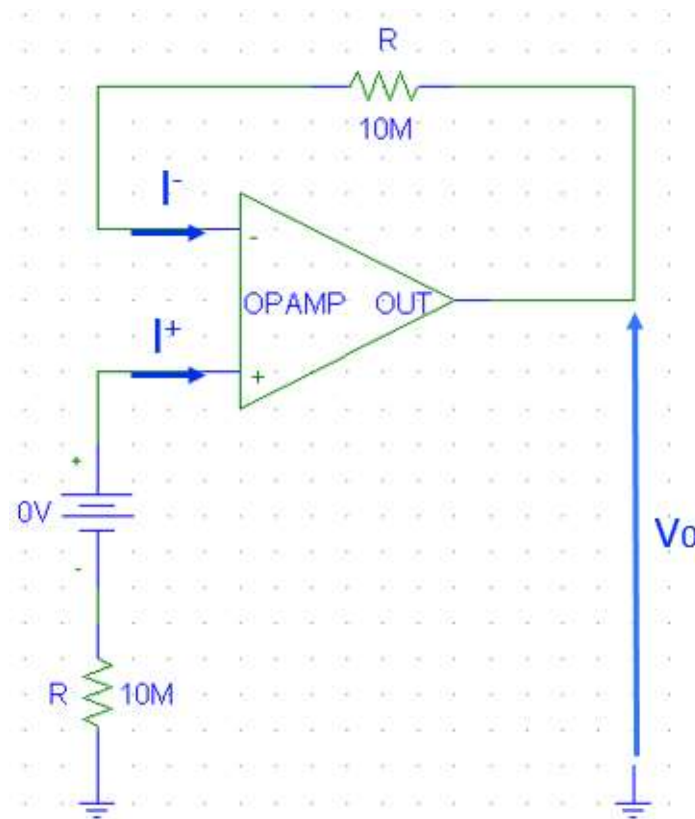


A causa degli offset di tensione e corrente, **in assenza di segnale applicato**, si osserva

una tensione di uscita  $V_0$  pari a:

$$V_0 = e_0 ( 1 + R_2 / R_1 ) + R_2 ( I^- - I^+ ) \Rightarrow$$
$$V_0 \approx e_0 ( 1 + R_2 / R_1 )$$

# Effetto della Tensione e delle Correnti di Offset



A causa degli offset di tensione e corrente, **in assenza di segnale applicato**, si osserva una tensione di uscita

$V_0$  pari a:

$$V_0 = e_0 + R ( I^- - I^+ ) \Rightarrow$$
$$V_0 \approx R ( I^- - I^+ )$$

# **FINE Esercitazione OP-AMP**



---

**Spegnere il PC ed il Monitor  
e poi fare i seguenti  
5  
passaggi**

# Spegnere l'uscita del Generatore di Funzioni

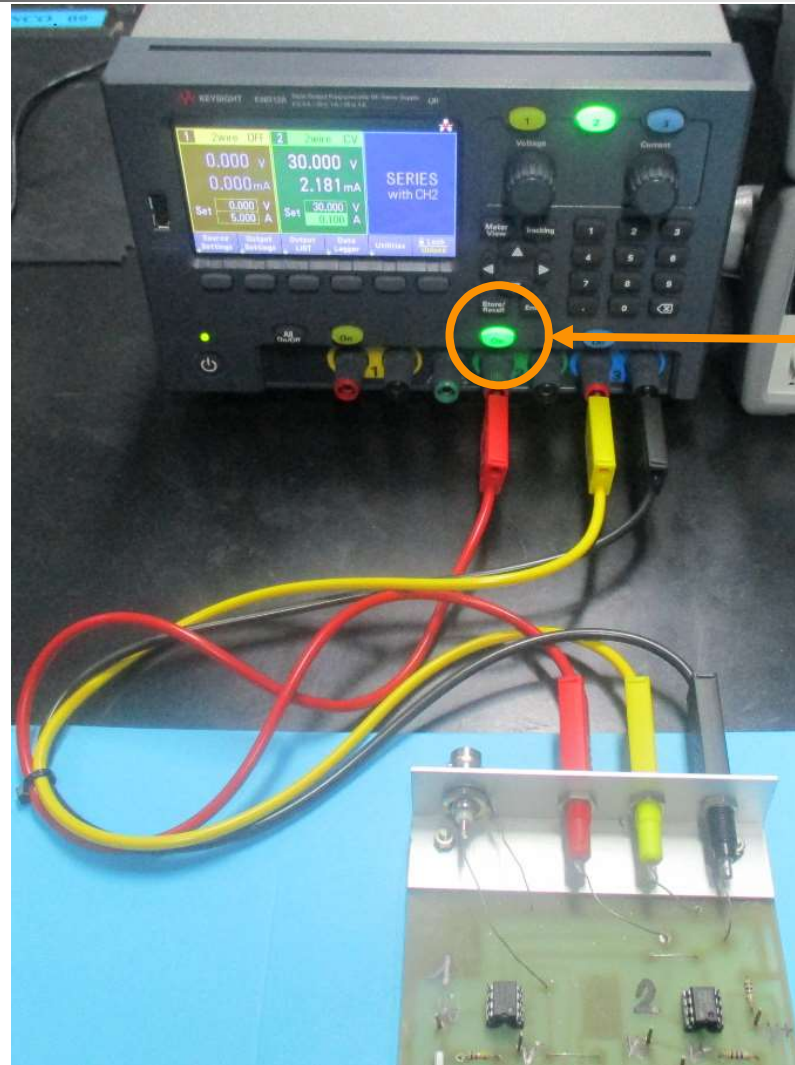


2: premi Output Off

1: premi Channel

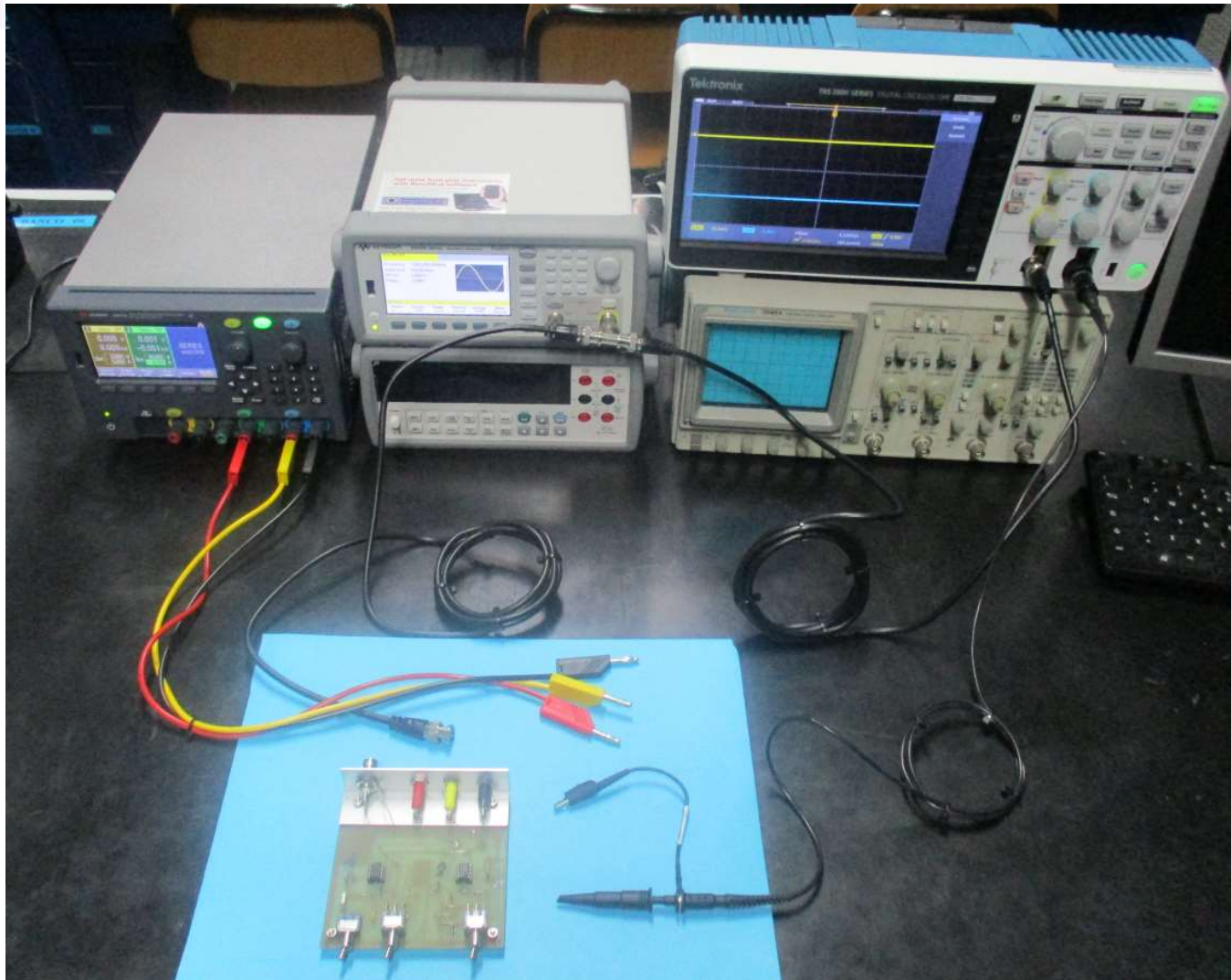


# Prima di scollegare OpAmp

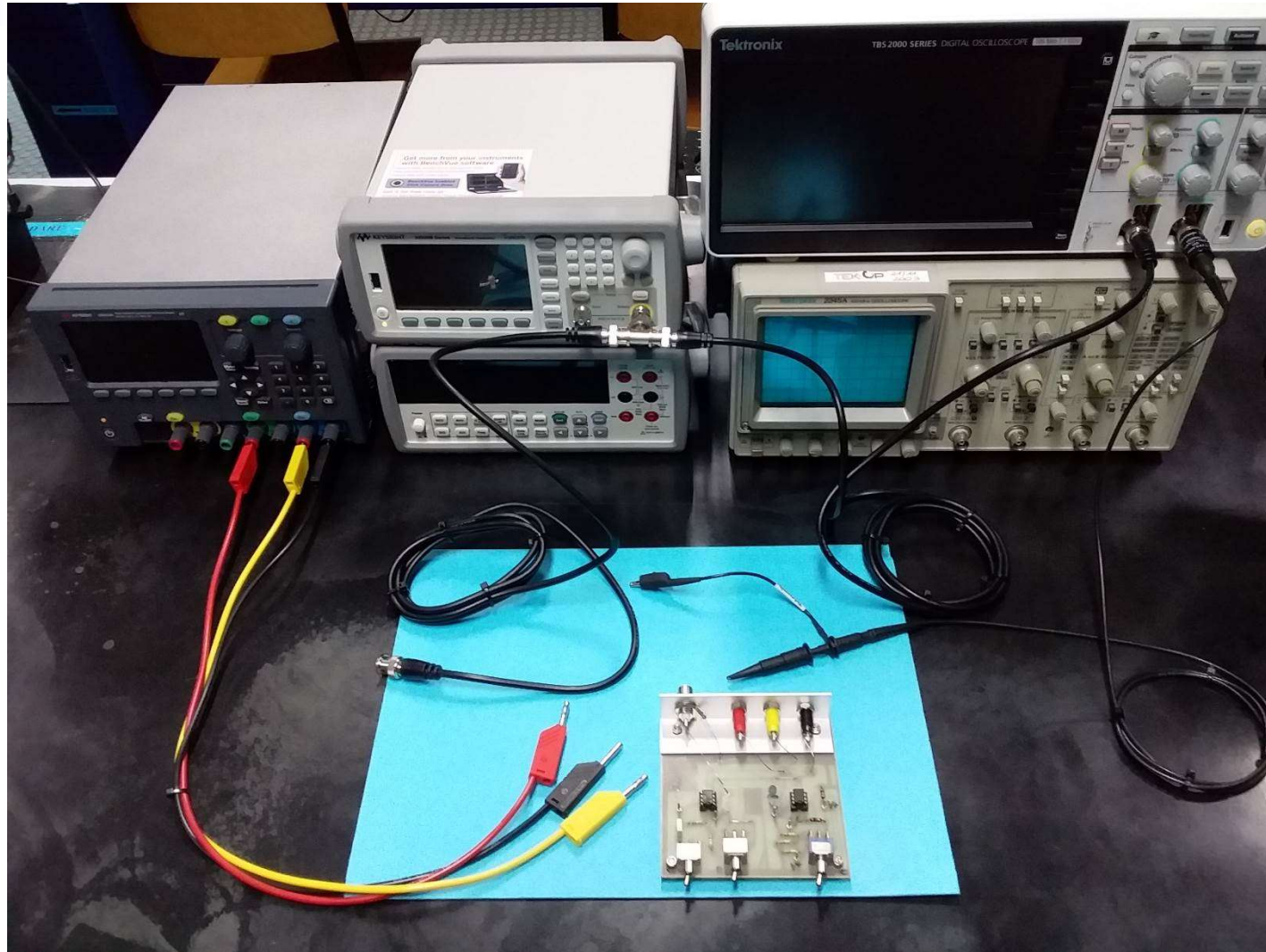


1: spegnere  
l'uscita 2

# Staccare i cavi dalla bassetta OpAmp



# Spegnere tutti gli strumenti





# Staccare tutti i cavi dagli strumenti

