

ESERCITAZIONE DI LABORATORIO SUL TEOREMA DI THEVENIN

Prof. Simone Fiori

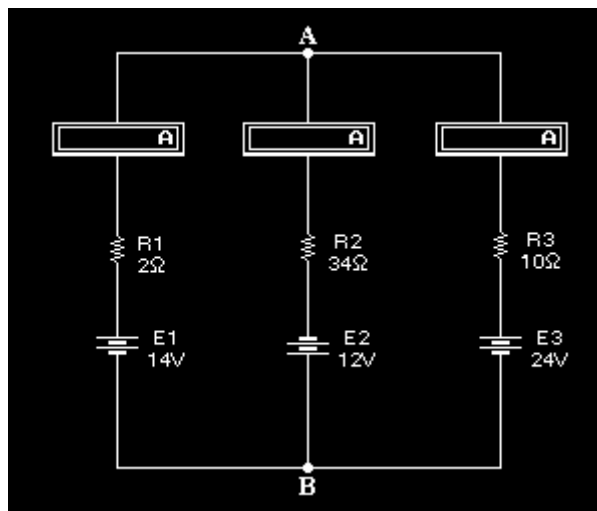
*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione
Facoltà di Ingegneria - Università Politecnica delle Marche
(**s.fiori@univpm.it**)*

IL TEOREMA DI SOSTITUZIONE DI THEVENIN

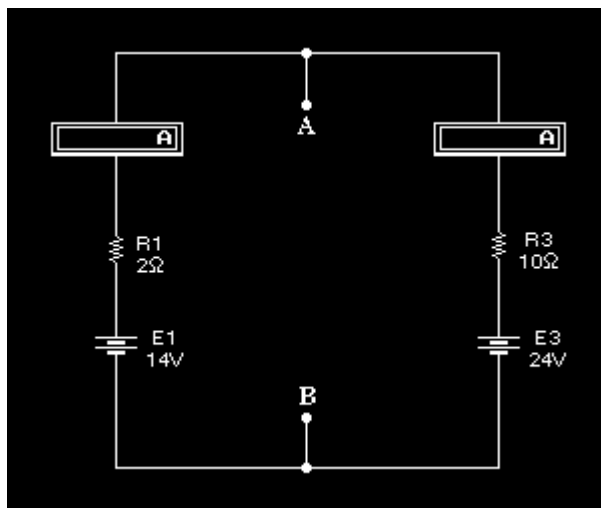
Il teorema di sostituzione di Thevenin consente di sostituire una porzione di circuito, che si comporta esternamente come una porta elettrica, tramite un circuito equivalente formato da un generatore indipendente di tensione e una impedenza collegata in serie al generatore.

Un esempio di utilizzo è riportato di seguito.

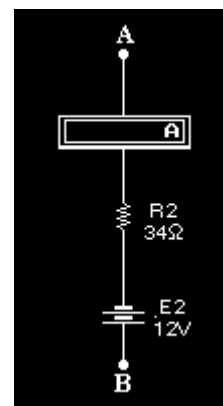
La rete elettrica rappresentata nella figura sottostante può essere sezionata in due punti (morsetti A e B) e divisa in due parti, ognuna delle quali equivalente ad un generatore di tensione di valore pari alla differenza di potenziale esistente tra i morsetti A e B a circuito aperto, con in serie una resistenza di valore uguale a quella vista tra i morsetti a circuito aperto, quando i generatori di tensione indipendenti e i generatori di corrente indipendenti sono disattivati.



Circuito originario



Circuito da caratterizzare

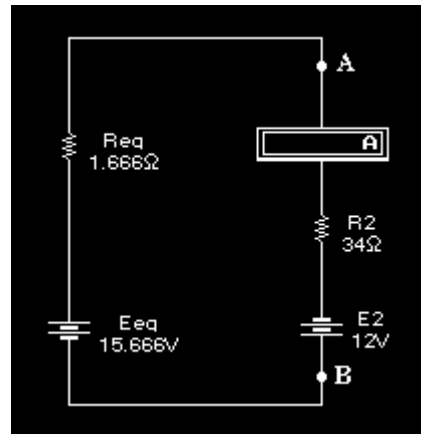


Bipolo sezionato

Nel circuito da caratterizzare occorre calcolare il valore della resistenza R_{th} e della tensione v_{th} . La resistenza R_{th} è la resistenza offerta dalla rete tra i morsetti A e B a circuito disattivato. Risulta evidente che le due resistenze R_1 ed R_3 sono collegate in parallelo, in quanto la corrente che fluisce tra i nodi A e B si dirama, e di conseguenza le due resistenze sono attraversate da correnti diverse, ma le due resistenze hanno stesso potenziale applicato. Di conseguenza $R_{th} = R_1 // R_3 = R_1 R_3 / (R_1 + R_3) = 1.666 \Omega$.

Per calcolare la tensione v_{th} si può considerare il circuito da caratterizzare come una maglia semplice e quindi calcolare la corrente (indicata con i e ipotizzata scorrere in senso antiorario) che scorre in essa per poi utilizzarla nel calcolo della tensione v_{AB} . Si vede subito che $i = (E_3 - E_1)/(R_1 + R_3) = 0.833 \text{ A}$ e che $v_{th} = R_1 i + E_1 = 15.666 \text{ V}$.

Un volta calcolati la resistenza R_{th} e la tensione v_{th} , è possibile eseguire la sostituzione nel circuito originario e passare così al circuito equivalente, collegando il bipolo sezionato A-B al generatore di tensione equivalente ($E_{eq} = v_{th}$) con in serie la resistenza equivalente ($R_{eq} = R_{th}$):



Circuito equivalente

Il teorema di Thevenin assicura che il circuito originario e il circuito sostituito si comportano nello stesso modo relativamente alla parte non sostituita.

OBIETTIVO DELL'ESERCITAZIONE

L'obiettivo della presente esercitazione è di verificare in pratica una sostituzione circuitale operata su una rete composta da un generatore di tensione indipendente e resistori elettrici.

La rete elettrica originaria è mostrata in Figura 1, dove la parte di circuito da sostituire è la parte a sinistra della coppia di morsetti A - A'.

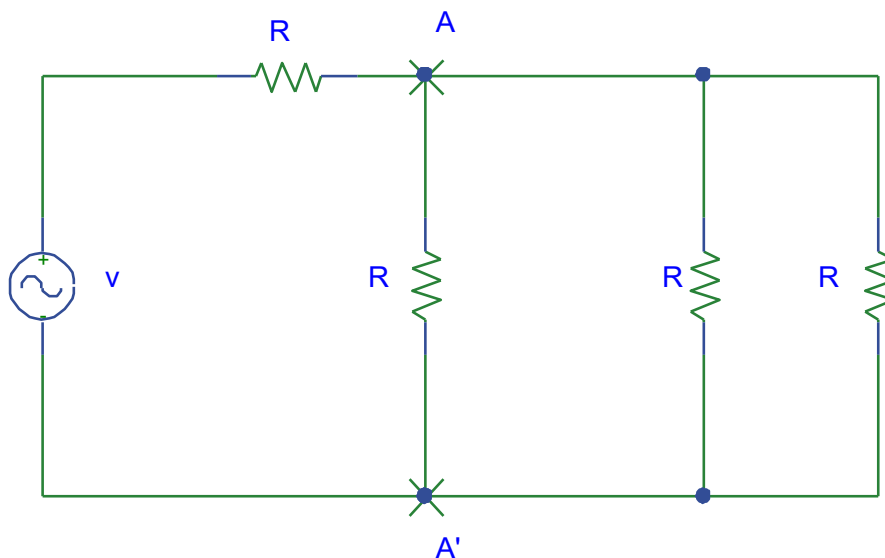


Fig. 1: Circuito originale prima della sostituzione della porta A-A' (a sinistra).

Il generatore equivalente di Thevenin della porta elettrica da sostituire si calcola facilmente utilizzando la regola del partitore di tensione, e vale $v_{th} = v/2$. Analogamente, la resistenza equivalente di Thevenin si calcola osservando che, quando il generatore indipendente di tensione viene disattivato (cioè cortocircuitato), le resistenze della porzione di circuito in esame appaiono collegate in parallelo, quindi $R_{th} = R/2$.

Il circuito elettrico con la porzione caratterizzata sostituita è rappresentato in Figura 2.

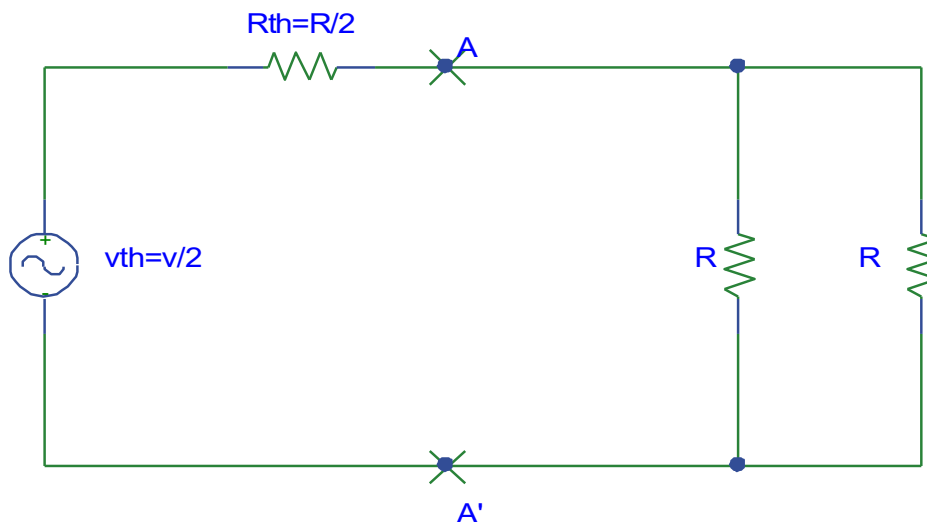


Fig. 2: Circuito dopo la sostituzione della porta A-A' (a sinistra).

L'obiettivo dell'esercitazione è verificare che il circuito originale e quello sostituito si comportano nello stesso modo nel senso che la tensione elettrica presente tra i morsetti A e A' rimane invariata dopo la sostituzione. In particolare, l'analisi del circuito originario mostra che la tensione $v_{AA'} = v/4$.

ESERCITAZIONE PRATICA

Strumentazione

Un osciloscopio analogico.

Un generatore di segnali.

Resistenze come indicate nello schema circuitale di Figura 1. Si noti che per realizzare una resistenza di valore $R/2$ è sufficiente collegare in parallelo due resistenze di valore R . Pertanto, tutte le resistenze presenti nei due circuiti da realizzare sono uguali e di valore R . A titolo esemplificativo, si può assumere $R = 18k\Omega$.

Una basetta elettrica per la realizzazione delle connessioni.

Due cavi di collegamento per l'eccitazione e la misura del segnale tra i morsetti A-A'.

Schema circuitale: Prima della sostituzione

Con riferimento alla Figura 1, si distinguono:

.. Circuito a monte della sezione A-A': Circuito da caratterizzare secondo Thevenin;

.. Circuito a valle della sezione A-A': Carico resistivo.

.. Una fotografia di una possibile realizzazione del circuito indicato è riportata nella Figura seguente (Figura 3).

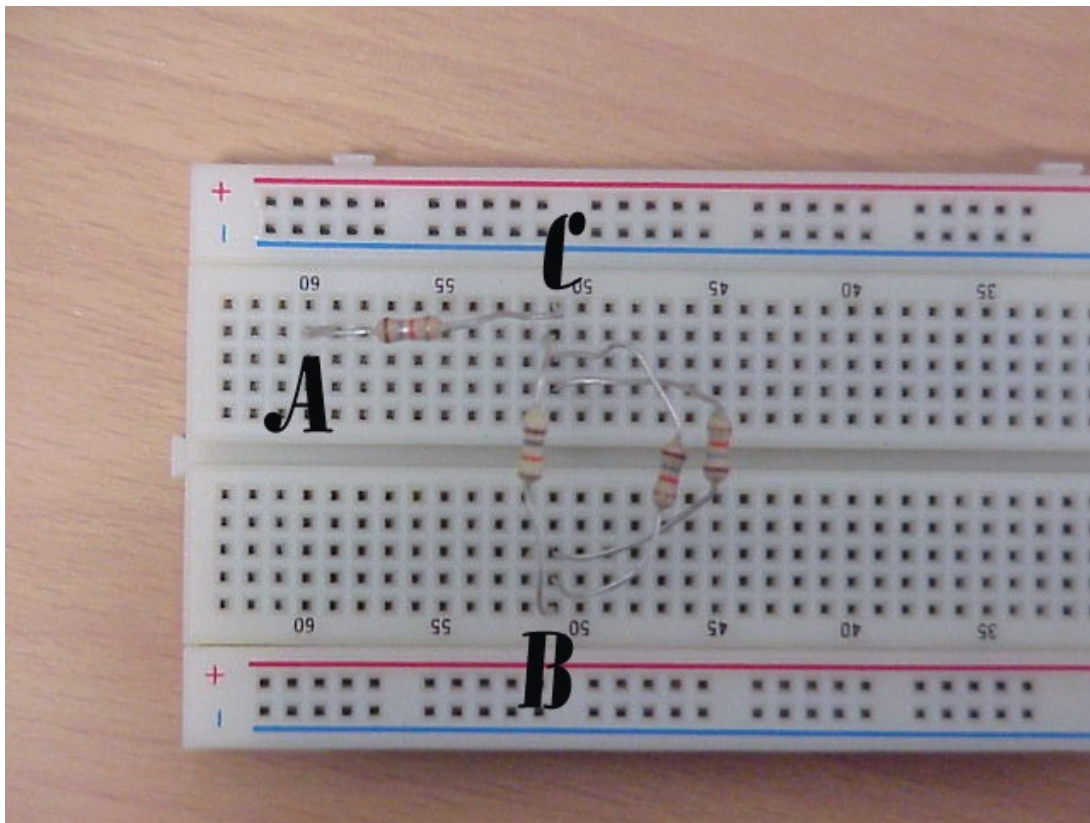


Fig. 3: Fotografia del circuito realizzato su basetta elettrica prima della sostituzione.

Schema circuitale: Dopo la sostituzione

Con riferimento alla Figura 2, si distinguono:

.. Circuito a monte della sezione A-A': Circuito caratterizzato secondo Thevenin;

.. Circuito a valle della sezione A-A': Carico resistivo.

.. Una fotografia di una possibile realizzazione del circuito indicato è riportata nella Figura 4.

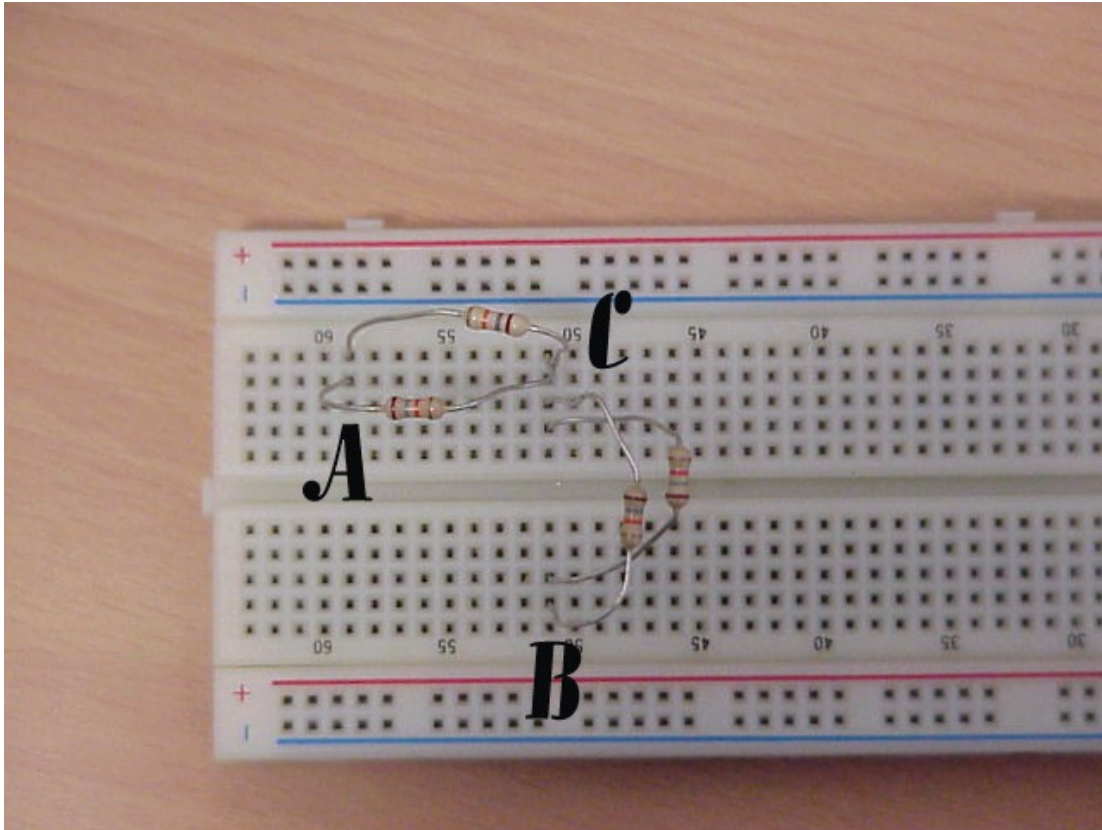


Fig. 4: Fotografia del circuito realizzato su basetta elettrica dopo la sostituzione.

Misura della tensione $v_{AA'}$ prima della sostituzione

Fase preliminare

- .. Realizzare lo schema circuitale di Figura 1; si può seguire l'esempio di Figura 3, cui parte delle istruzioni seguenti si riferiscono.
- .. Far attenzione nel collegare l'uscita del generatore di segnale (**6**, Figura 5) ai punti **A** e **B** della Figura 3.
- .. Collegare il canale 1 dell'oscilloscopio (**1**, Figura 6) ai punti **B** e **C** della Figura 3.

Fase operativa

- .. Generazione del segnale d'ingresso: Agendo sul comando per la scelta della forma d'onda (**1**, Figura 5), impostare la generazione di un segnale sinusoidale. Agendo sul comando di impostazione dell'ampiezza (**5**, Figura 5), impostare il valore picco-picco della sinusoide a 2 Volt. Fissare la frequenza dell'onda sinusoidale a 1000Hz impostando il comando 1 kHz (**2**, Figura 5) e il comando a manopola (**4**, Figura 5) sul fattore 1. Questi valori sono puramente indicativi: Essendo la rete puramente resistiva, il risultato non cambia variando la frequenza del segnale di ingresso.
- .. Visualizzare con l'oscilloscopio il segnale presente nel canale 1 impostando la scala automatica usando il comando "Autoscale" (**3**, Figura 6).
- .. Determinare l'ampiezza della sinusoide utilizzando il sistema di misura automatica dell'oscilloscopio:
 - Attivare il tasto "Voltage" (**4**, Figura 6) e premere il tasto "1 2" sotto lo schermo dell'oscilloscopio (**1**, Figura 7) per selezionare la misurazione sul canale 1 e il tasto "Vp-p" (**2**, Figura 7) per ottenere la visualizzazione delle misure di tensione sullo schermo dell'oscilloscopio.
 - Sul display è mostrata l'ampiezza (valore picco-picco) della sinusoide presente tra i punti A e A' del circuito. Annotare tale ampiezza.



Fig. 5: Fotografia del generatore di segnali (sinusoidali) utilizzato per misurare la risposta in frequenza del filtro psofometrico.

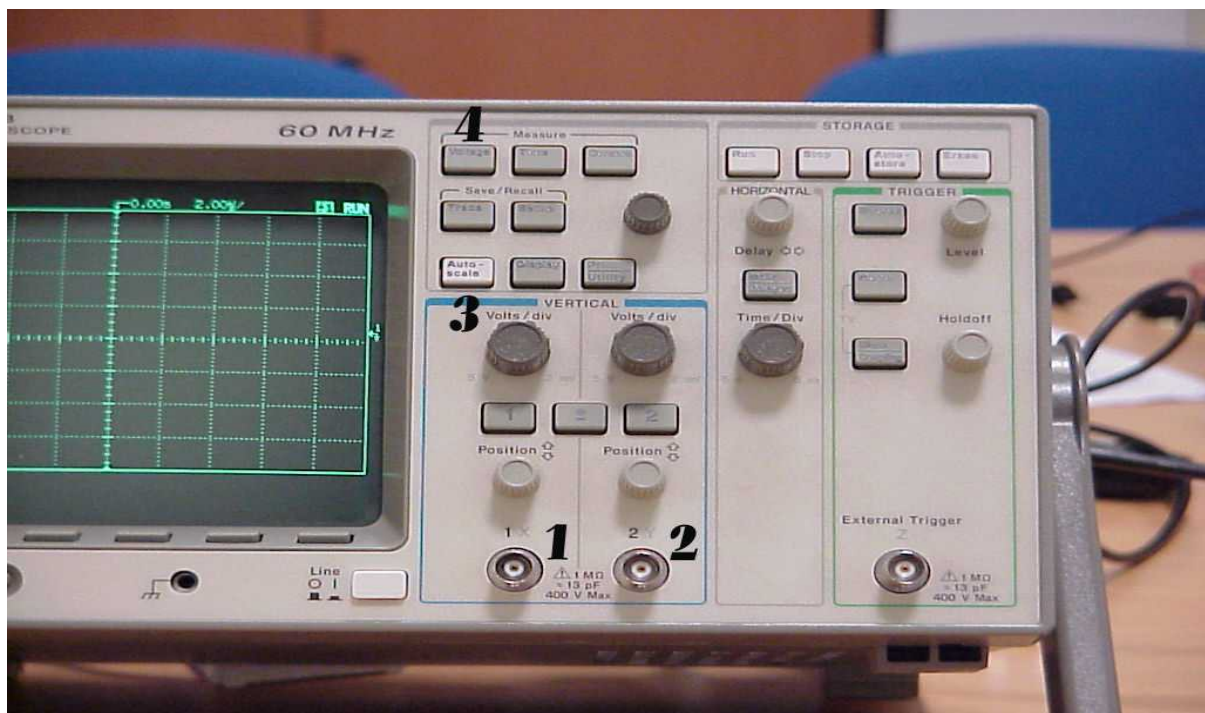


Fig. 6: Oscilloscopio utilizzato per misurare l'ampiezza del segnale presente tra i punti A e A': Particolare del pannello comandi.

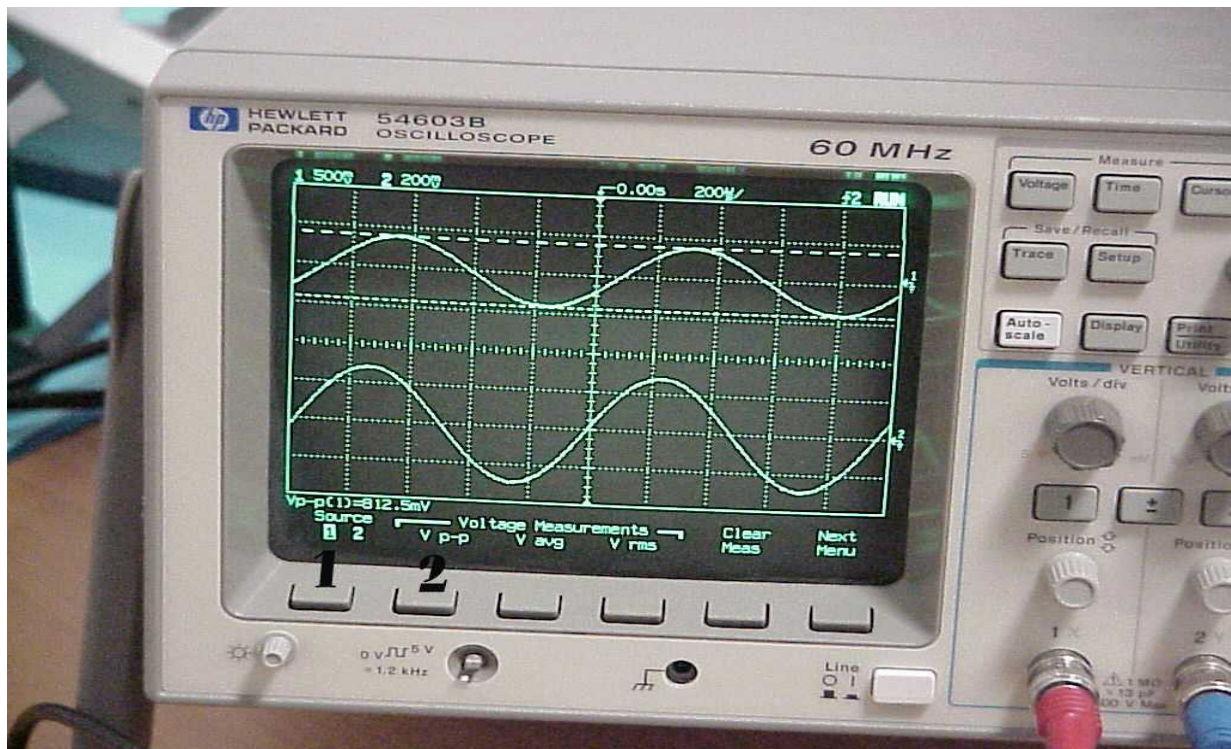


Fig. 7: Oscilloscopio utilizzato per misurare l'ampiezza del segnale presente tra i punti A e A': Particolare del *menù* sullo schermo.

Misura della tensione $v_{AA'}$ dopo della sostituzione

Fase preliminare

- .. Realizzare lo schema circuitale di Figura 2 si può seguire l'esempio di Figura 4, cui parte delle istruzioni seguenti si riferiscono.
- .. Far attenzione nel collegare l'uscita del generatore di segnale (**6**, Figura 5) ai punti **A** e **B** della Figura 4.
- .. Collegare il canale 1 dell'oscilloscopio (**1**, Figura 6) ai punti **B** e **C** della Figura 4.

Fase operativa

- .. La fase operativa in questa prova è identica alla fase operativa della prova precedente. Occorre notare che, in questa prova, il valore del generatore di tensione deve essere ridotto della metà, ovvero a 1 V. Annotare la tensione misurata tra i punti A e A'.

Verifica finale

- .. Verificare che le tensioni misurate nei due esperimenti siano uguali e pari a 0.5 V.