

## Esperienza introduttiva 2 : OSCILLOSCOPIO

### CICLO di ISTERESI

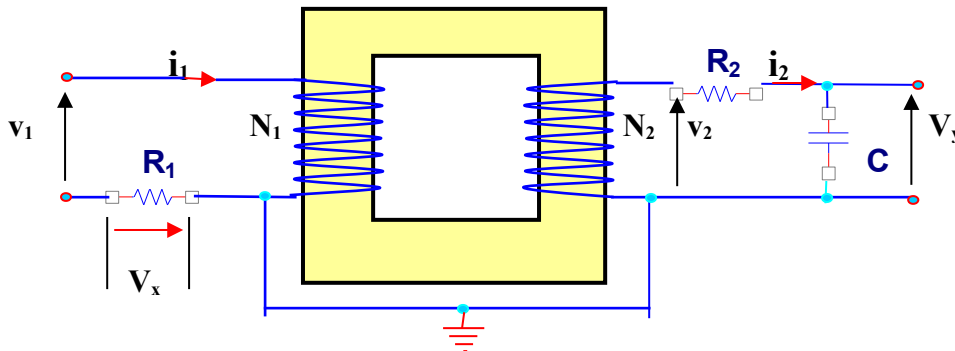
#### Oscilloscopio

Collegare l'oscilloscopio al generatore di funzioni (generatore di tensione) disponibile e verificare la forma d'onda della tensione prodotta dal generatore:

- 1) **Accendere l'oscilloscopio** e fare comparire una traccia orizzontale, impostando la manopola "trigger" su auto.
- 2) Il generatore di funzione può fornire onde quadre, triangolari e sinusoidali. **Visualizzare** sullo schermo dell'oscilloscopio la forma d'onda selezionata, collegando l'uscita del generatore con l'ingresso dell'oscilloscopio tramite un cavo lemo.
- 3) **Misurare la tensione e la frequenza della forma d'onda generata.** Ripetere la misura per altre forme d'onda.
- 4) Impostare la manopola "trigger" su diverse posizioni ed osservare la forma d'onda visualizzata.

#### Ciclo di Isteresi

Per visualizzare il ciclo di Isteresi di lamierini magnetici componenti un trasformatore, si può usare il circuito di [fig.1](#) ed alimentarlo con una tensione sinusoidale.



**Fig. 1 Circuito usato per la visualizzazione del ciclo di Isteresi**

Scrivendo l'equazione di maglia del primario si ha:

$$v_1 - L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt} = R_1 i_1$$

se si fa l'ipotesi che  $i_2 \ll i_1$  ed essendo le correnti di tipo sinusoidale ( anche  $\frac{di_2}{dt} \ll \frac{di_1}{dt}$  ), con buona approssimazione si ha:

$$v_1 = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt}$$

ricordando che:

$$Hl = N_1 i_1 + N_2 i_2$$

dove:  $l$  è la lunghezza media del circuito magnetico

$N_1 = N_2$  sono le spire del primario e del secondario

si ha che:

$$H \propto N_1 i_1 \propto i_1 R_1 \propto v_{R1} = v_x$$

Nel circuito del secondario si ha:

$$v_2 = N_2 \frac{d\Phi}{dt} = N_2 S \frac{dB}{dt} \quad \text{dove } S \text{ è la sezione del circuito magnetico e } \Phi \text{ il flusso di } B$$

si ha:

$$dB = \frac{1}{N_2 S} v_2 dt$$

integrando questa equazione differenziale si ottiene:

$$B = \int dB = \frac{1}{N_2 S} \int v_2 dt + \cos t$$

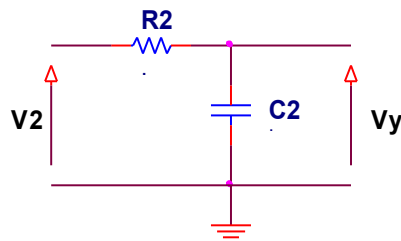
Ponendo

$$v_y = \int v_2 dt$$

si ottiene la **proporzionalità**, a meno di una costante, fra la tensione  **$v_y$**  e  **$B$** .

Inviando sul canale **X** dell'oscilloscopio la tensione  **$v_x$**  e sul canale **Y** la tensione  **$v_y$**  si ottiene disegnato sullo schermo il ciclo di Isteresi.

Un circuito molto semplice, in grado di eseguire l'integrale della tensione  $v_2$  è composto da un circuito RC come presentato in fig. 2, purché la costante di tempo  $R_2 C_2$  sia grande rispetto al periodo dell'onda che si vuol integrare, cioè  $\tau = R_2 C_2 \gg T$ .



**Fig. 2 Circuito RC integratore**

Infatti scrivendo l'equazione di maglia si ha:

$$v_2 = v_{R2} + v_y \quad \text{se } v_y \ll v_2 \text{ e ricordando che } i = C \frac{dv_y}{dt}$$

$$v_2 = v_{R2} = i R_2 = R_2 C_2 \frac{dv_y}{dt}$$

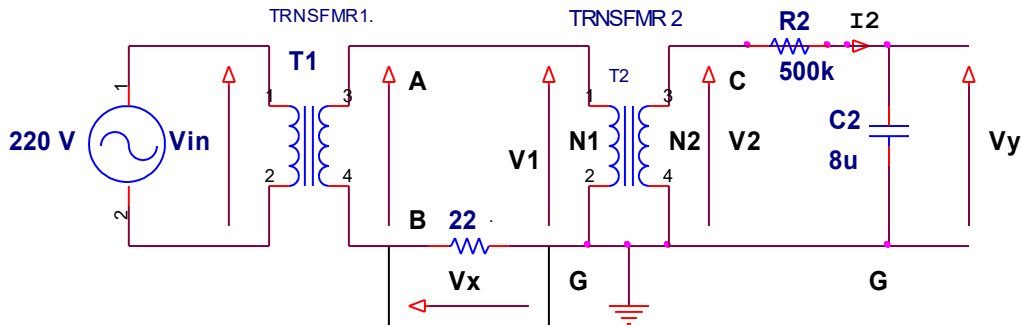
Integrando si ottiene, a meno di una costante, che:

$$v_y \propto \int v_2 dt$$

La condizione  $v_y \ll v_2$  si ottiene usando una resistenza ed un condensatore grandi

rispetto al periodo, infatti  $v_y = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{1}{RC} \int v_R dt$

Il circuito per visualizzare il ciclo di Isteresi è presentato in fig. 3 :



**Fig.3 Circuito già montato per visualizzare il ciclo di Isteresi**

Il trasformatore **T1** serve a ridurre la tensione fornita della rete di distribuzione **220 V<sub>eff</sub>** ad una tensione non pericolosa.

Usando i due canali dell'oscilloscopio misurare le tensioni delle boccole **A** e **B** riferite a **G** (ground) che rappresenta la massa del sistema e ricavare la tensione **V<sub>AB</sub> = V<sub>AB</sub> senωt** fornita in uscita(out) dal trasformatore 1. **Ricordare che ci sono gli sfasamenti**, bisogna quindi usare la funzione **ADD** dell'oscilloscopio.

La tensione **V<sub>AB</sub>** è il valore massimo

Ricavare il rapporto fra un numero di spire del primario e secondario, ricordando che:

$$\frac{220}{V_{ABeff}} = \frac{N_{primario}}{N_{secondario}}$$

Si chiamerà **V<sub>x</sub>** la tensione fra la boccola **B** e boccola **G** (che rappresenta il riferimento del nostro sistema di misura. Il punto **G** è anche chiamato massa ed in questo caso anche terra o ground).

Misurare la tensione **V<sub>2</sub> = V<sub>CG</sub>** e calcolare il rapporto di trasformazione del trasformatore n. 2.

### Visualizzazione del ciclo di isteresi

Inserire fra **C** e **D** una resistenza da **R<sub>2</sub> ≈ 500 KΩ**.

Inserire fra **D** e **G** una capacità tale che la costante di tempo sia molto grande rispetto al periodo **T = 20 ms** della tensione del circuito:

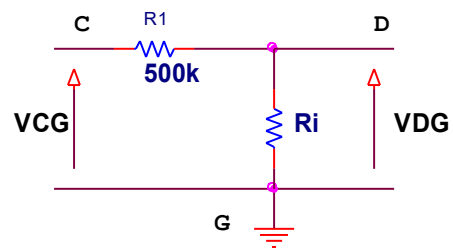
$$R_2 C_2 \gg T$$

Misurare con l'oscilloscopio la tensione **V<sub>y</sub> = V<sub>DG</sub>**.

Impostare l'oscilloscopio in funzionamento **X-Y** ed applicare al canale **X** la **V<sub>x</sub>** ed al canale **Y** la **V<sub>y</sub>**. **Si vedrà sullo schermo il ciclo di Isteresi.**

### Misura della resistenza di ingresso interna dell' oscilloscopio

Analogamente a quanto fatto per misurare la resistenza interna del voltmetro, realizzare il circuito in Fig.4 per misurare la **R<sub>i</sub>** dell'oscilloscopio



**Fig. 4**

Misuriamo la tensione  $V_{CG}$  e poi la tensione  $V_{DG}$  con l'oscilloscopio.

$$\frac{V_{CG}}{R_1 + R_i} \cdot R_i = V_{DG}$$