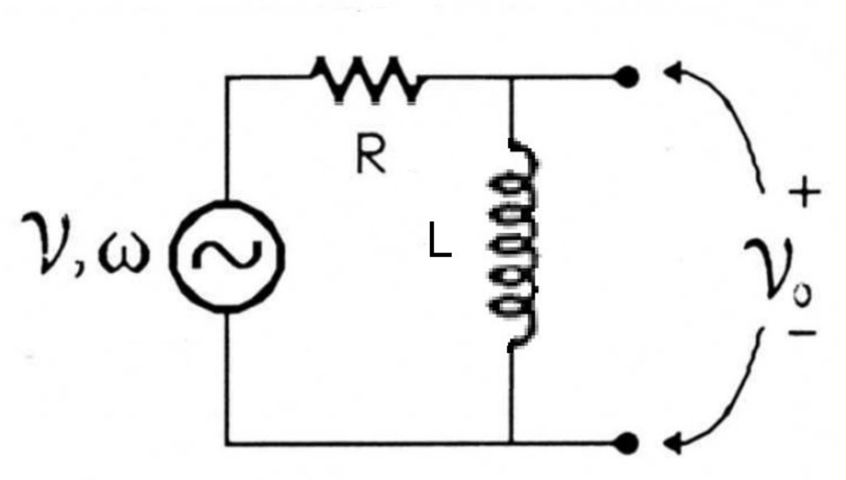
Circuito RL

Applicando al circuito accanto la regola del partitore di tensione otteniamo



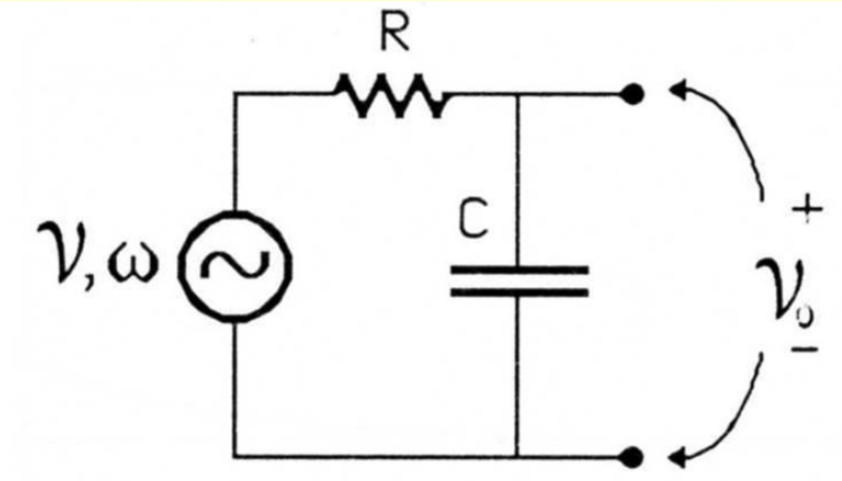
$$\mathcal{V}_0 = \mathcal{V}\,\frac{j\omega L}{R + j\omega L} = \mathcal{V}\,\frac{1}{1 - j\dfrac{f_L}{f}}$$

con $f_L = 1 / (2\pi L/R)$ e $f = \omega / 2\pi$.

Si ottiene una relazione identica a quella per il circuito passa alto e quindi per il circuito RL valgono tutti i risultati ottenuti per il circuito CR.

Filtro passa basso

Applicando al circuito accanto la regola del partitore di tensione otteniamo



$$\mathcal{V}_0 = \mathcal{V}\frac{\frac{1}{j\omega C}}{R+\frac{1}{j\omega C}} = \mathcal{V}\frac{1}{1+j\frac{f}{f_H}}$$

con f_H = 1 / (2 π RC) frequenza di taglio superiore

Definiamo poi

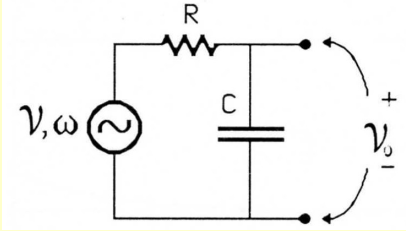
$$\mathcal{A}_H = \frac{\mathcal{V}_0}{\mathcal{V}} = |\mathcal{A}_H| \cdot \exp j\theta_H \longrightarrow \begin{cases} |\mathcal{A}_H| = \dfrac{1}{\sqrt{1+(\frac{f}{f_H})^2}} \\ \theta_H = -\operatorname{atan}\dfrac{f}{f_H} \end{cases}$$

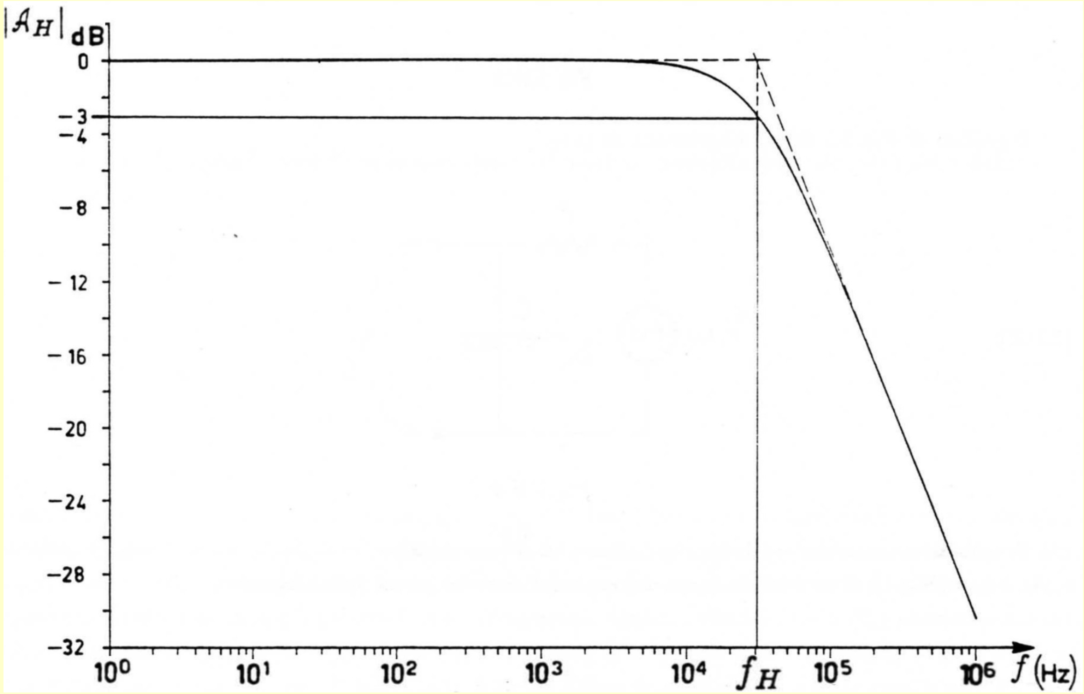
Esprimendo il $|\mathcal{A}_H|$ in dB si ha

$$|\mathcal{A}_H|_{dB} = -10\log\left(1+\left(\frac{f}{f_H}\right)^2\right)$$

Filtro passa basso

$$|\mathcal{A}_{\mathrm{H}}|_{dB} = -10\log\left(1+\left(\frac{f}{f_{\mathrm{H}}}\right)^2\right)$$





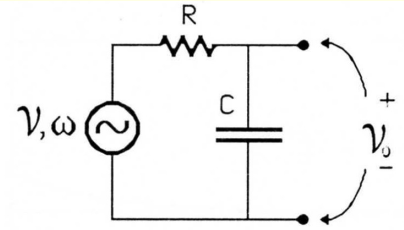
<u>Diagramma di ampiezza</u>

- pendenza alte frequenze =
- 6 dB / ottava (= - 20 dB /decade)

- per $f << f_{\mathrm{H}}$ $|\mathcal{A}_{\mathrm{H}}|_{dB} \simeq 0 \rightarrow |v_0| \simeq |v|$
(resistenza trascurabile rispetto all'impedenza del condensatore)

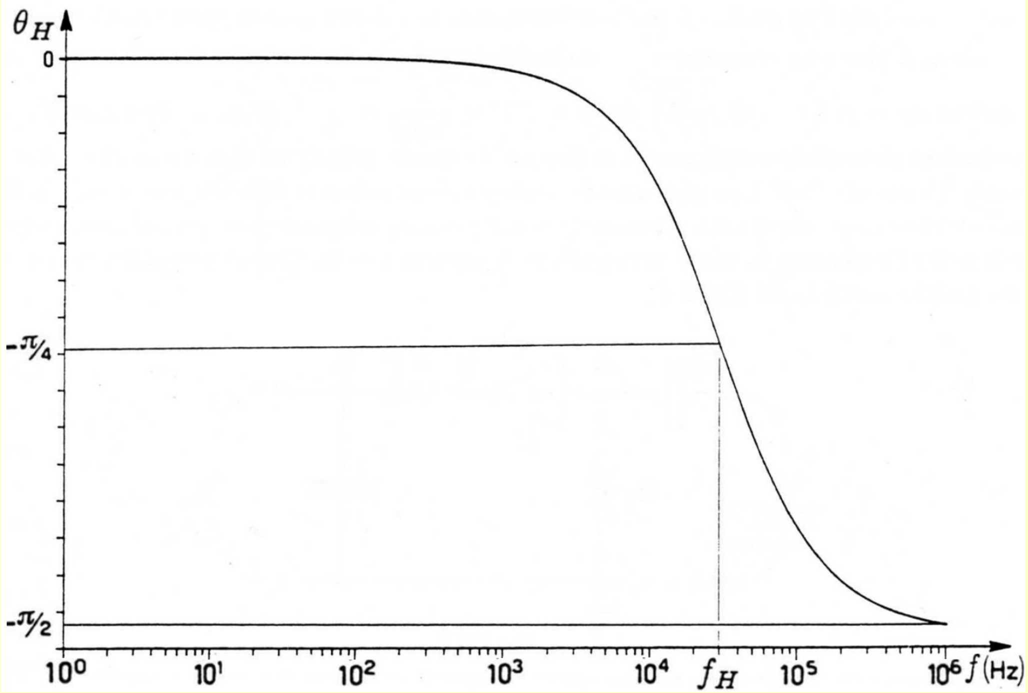
- per $f = f_{\mathrm{H}}$ $|\mathcal{A}_{\mathrm{H}}|_{dB} \simeq -3$ dB $\rightarrow |\mathcal{A}_{\mathrm{H}}| \simeq 1/\sqrt{2}$

Filtro passa basso



Per quanto riguarda la fase, si ha:

$$\theta_H = -\operatorname{atan}\frac{f}{f_H}$$



<u>Diagramma di fase</u>

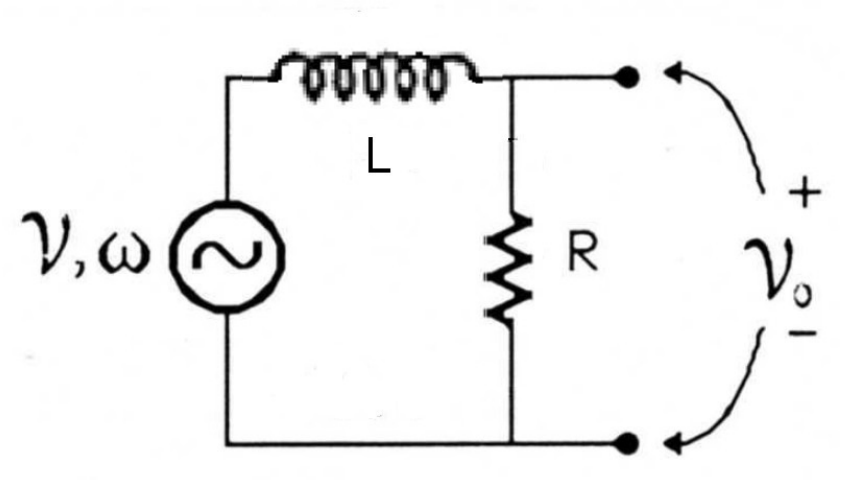
- per $f << f_H$ $\theta_H \rightarrow 0$ (in tali condizioni $\nu = \nu_0$ in ampiezza e fase)

- per $f >> f_H$ $\theta_H \rightarrow -\pi / 2$ (ν_0 è in ritardo di ¼ di periodo rispetto a ν)

Circuito LR

Applicando al circuito accanto la regola del partitore di tensione otteniamo

$$\mathcal{V}_0 = \mathcal{V}\,\frac{R}{R + j\omega L} = \mathcal{V}\frac{1}{1 + j\dfrac{f}{f_H}}$$

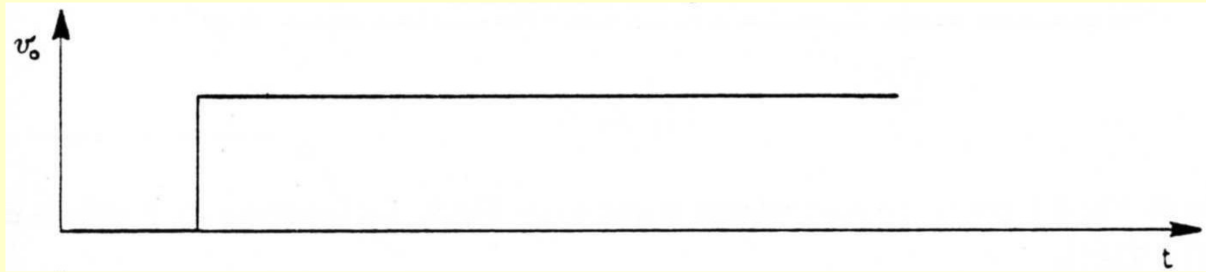


con f_H = 1 / (2 π L/R) e f = ω / 2 π .

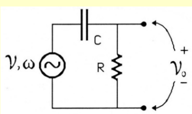
Si ottiene una relazione identica a quella per il circuito passa basso e quindi per il circuito LR valgono tutti i risultati ottenuti per il circuito RC.

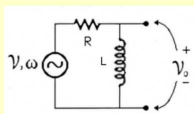
Risposta di un filtro ad un segnale a gradino

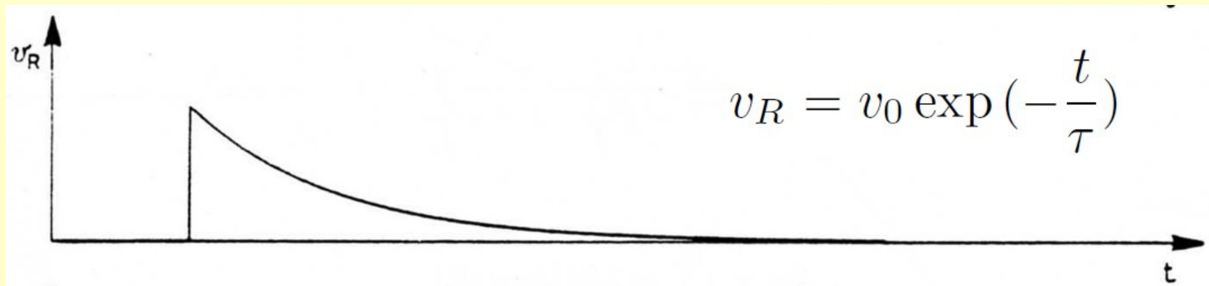
Tensione ingresso



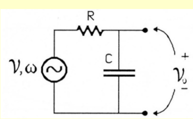
Filtro passa alto

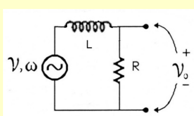


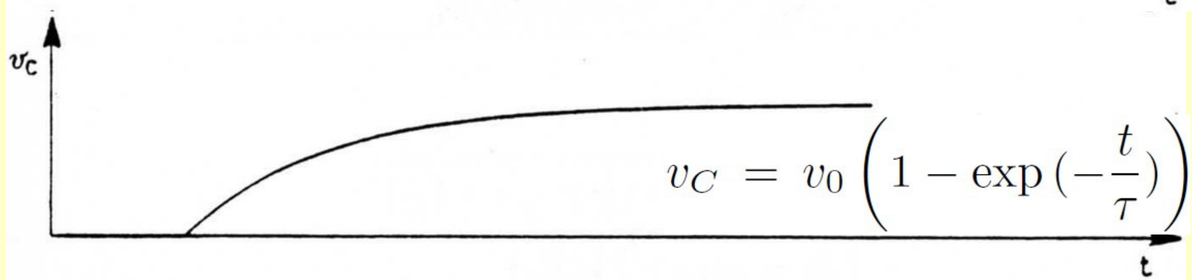




Filtro passa basso

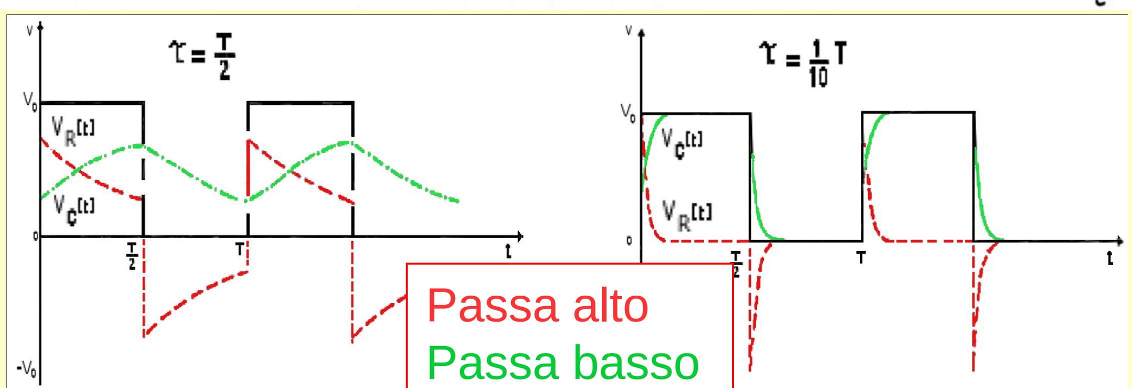






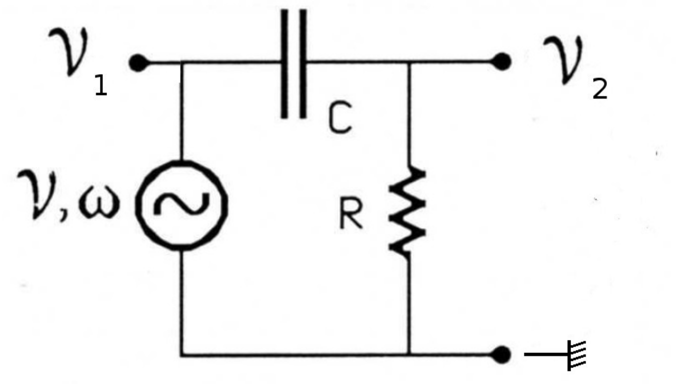
Risposta a una
onda quadra

$|t(90\%) - t(10\%)| = 2.2\ \tau$



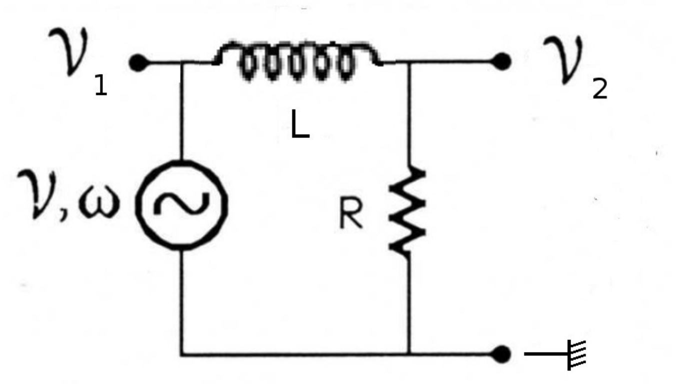
Misure di banda passante

Circuito CR



Si inviano i segnali prelevati ai capi del generatore e della resistenza ai canali 1 e 2 dell'oscillografo per misurarne l'ampiezza e la fase relative al variare della frequenza

Circuito LR



Circuito CR

<u>Operazioni</u>

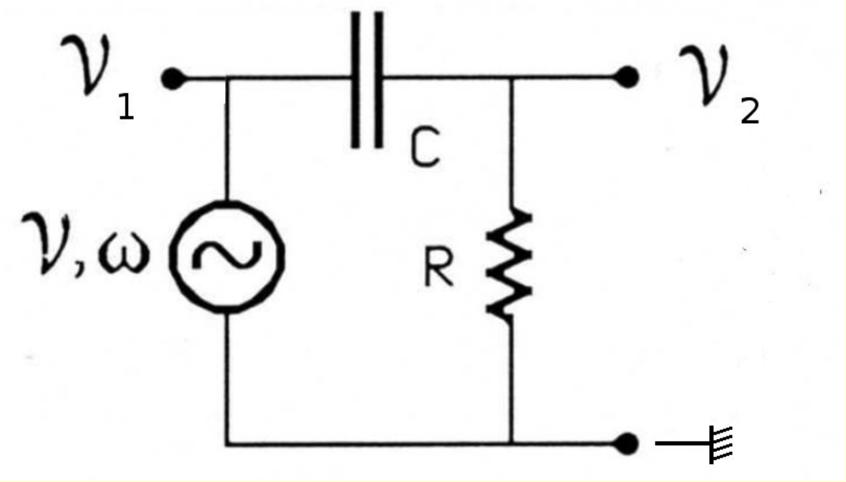
1) misurare preliminarmente C con multimetro LCR

2) scegliere il valore di R in modo da avere una “frequenza di taglio inferiore” di circa 10 kHz

3) montare il circuito

4) studiare l'andamento in funzione di f (tra 100 Hz e 1 MHz, a passi 1,2,5,10) del rapporto tra le ampiezze dei segnali v_2 e v_1 e della loro differenza di fase

5) sostituito v_1 con un generatore di onda quadra, misurare il tempo di discesa del segnale di uscita



MISURE CON FILTRI		GRUPPO	
		DATA	
STRUMENTI UTILIZZATI		POSTO	

GENERATORE TENSIONE		Ampiezza	V=	ΔV=
OSCILLOSCOPIO				

CIRCUITO CR

SCHEMA CIRCUITO	

MISURE PRELIMINARI CON MISURATORE RLC

Misura Cx	Cx=		Δ Cx=	
Scelta R	R=		Δ R=	

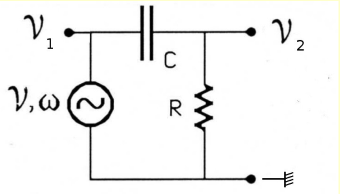
ANDAMENTO TENSIONE USCITA IN FUNZIONE DELLA FREQUENZA

f ( )	V1 (div)	ΔV1 (div)	S1(V/div)	V2 (div)	ΔV2 (div)	S2(V/div)	t (div)	Δt (div)	St (s/div)

MISURA COSTANTE DI TEMPO

SEGNALE DI INGRESSO (ONDA QUADRA)				
FREQUENZA	f ( )		Δf ( )	
PERIODO	T ( )		ΔT ( )	
AMPIEZZA	V ( )		ΔV ( )	
SEGNALE IN USCITA				
AMPIEZZA	V ( )		ΔV ( )	
t (10 %)				
t (90 %)				

Circuito CR



TABULATO

Operazioni

1) misura C con multimetro LCR

2) scelta di R

3) studio ampiezza e fase segnale di uscita

4) misura del tempo di discesa del segnale di uscita con onda quadra in ingresso

Circuito LR

Operazioni

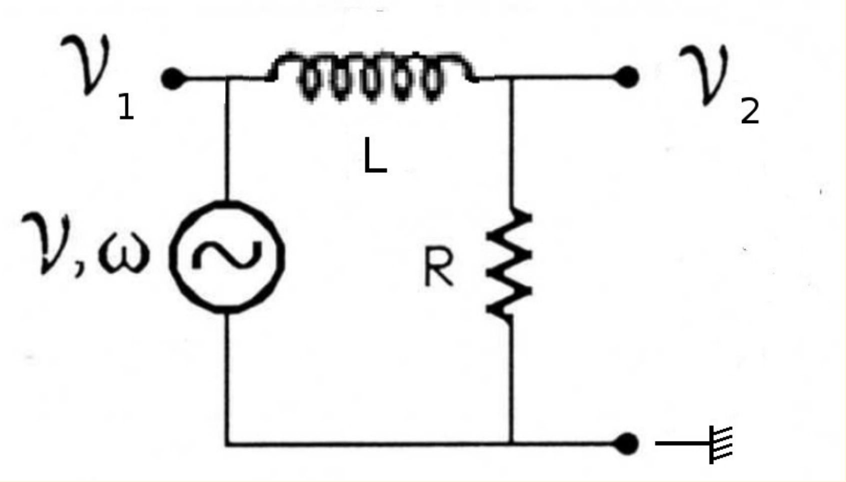
1) misurare preliminarmente L con multimetro LCR

2) scegliere il valore di R in modo da avere una “frequenza di taglio superiore” di circa 10 kHz

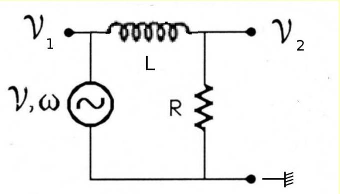
3) montare il circuito

4) studiare l'andamento in funzione di f (tra 100 Hz e 1 MHz, a passi 1,2,5,10) del rapporto tra le ampiezze dei segnali v_2 e v_1 e della loro differenza di fase

5) sostituito v_1 con un generatore di onda quadra, misurare il tempo di salita del segnale di uscita



Circuito LR



TABULATO

CIRCUITO LR

SCHEMA CIRCUITO	

MISURE PRELIMINARI CON MISURATORE RLC

Misura Lx	Lx=		Δ Lx=	
Scelta R	R=		Δ R=	

ANDAMENTO TENSIONE USCITA IN FUNZIONE DELLA FREQUENZA

f ( )	V1 (div)	ΔV1 (div)	S1(V/div)	V2 (div)	ΔV2 (div)	S2(V/div)	t (div)	Δt (div)	St (s/div)

MISURA COSTANTE DI TEMPO

SEGNALE DI INGRESSO (ONDA QUADRA)

FREQUENZA	f ( )		Δf ( )	
PERIODO	T ( )		ΔT ( )	
AMPIEZZA	V ( )		ΔV ( )	
SEGNALE IN USCITA				
AMPIEZZA	V ( )		ΔV ( )	
t (10 %)				
t (90 %)				

Operazioni

1) misura L con multimetro LCR

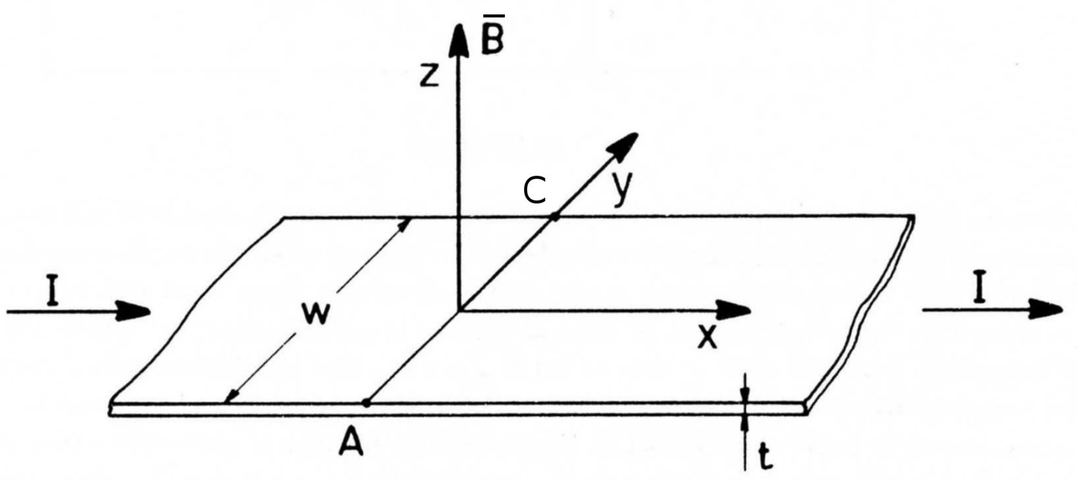
2) scelta di R

3) studio ampiezza e fase segnale di uscita

4) misura del tempo di salita del segnale di uscita con onda quadra in ingresso

Effetto Hall

Nastro conduttore omogeneo di dimensione infinita lungo x in cui scorre corrente I.



In assenza di campi magnetici:
1) $V_A = V_C$,   2) $I = j\,t\,w = qNv\,t\,w$
con N numero di portatori di carica q (elettroni) per unità di volume

Se a t = 0 si applica un campo di induzione magnetica

$$\vec{B} = B\ vers\ \vec{z}$$

i portatori di carica sono sottoposti alla Forza di Lorentz diretta nel verso delle y negative, indipendentemente da q

$$\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$$

In breve tempo (10^{-18} s) si ha accumulo di carica sulla parete destra del conduttore e creazione di un campo elettrico $\bar{E}_H$ che compensa l'effetto della Forza di Lorentz

$$\vec{E}_H = -\vec{v} \wedge \vec{B} = -\frac{1}{qN}\vec{j} \wedge \vec{B} = \frac{IB}{qNtw} vers\ \vec{y}$$

che dà luogo a una ddp di Hall

$$V_H = V_A - V_C = \int_A^C \vec{E}_H \cdot \vec{dy} = \frac{IB}{qNt}$$

Effetto Hall

$$V_H = V_A - V_C = \int_A^C \vec{E}_H \cdot \vec{dy} = \frac{IB}{qNt}$$

Per B = 1 T e un nastro di spessore t = 1 mm percorso da I = 100 mA si ha:

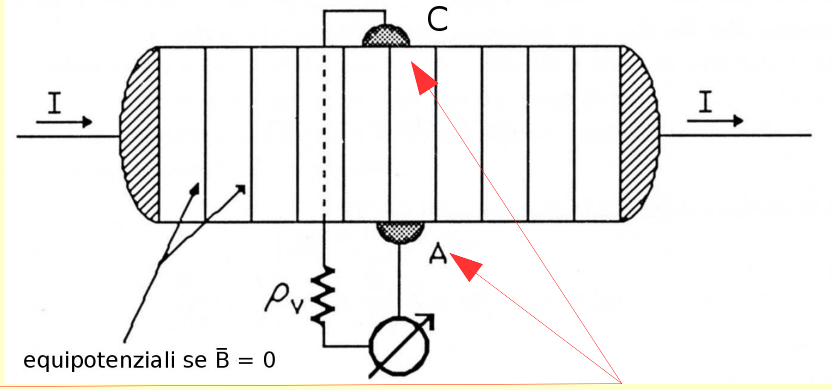
- Rame (Cu)

$N = 8.4 \; 10^{22}$ el /cm^3 → $V_H = 3.7 \; 10^{-8}$ V

- Silicio (Si) drogato n (1 ppm Fosforo)

$N \simeq 10^{16}$ el /cm^3 → $V_H \simeq 1$ V

Noti quindi q , N e t , dalla misura di V_H e I è possibile ottenere una misura della componente di B ortogonale al nastro (B_N)



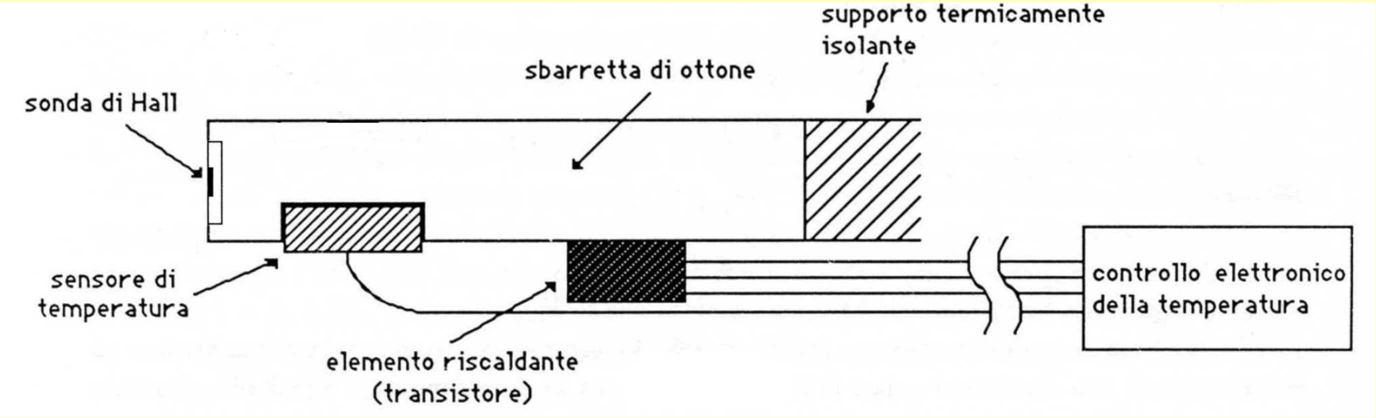
In pratica si ha che $V_H = k \, B_N + V_{off}$ con V_{off} "tensione di offset" presente per $B_N = 0$ a causa dell'asimmetria dei contatti

La determinazione di V_{off} richiede che $B_N = 0$, difficilmente realizzabile a causa del B terrestre. In pratica V_{off} viene ottenuta da due misure a 180° tra loro (V_0 e V_π) dalla relazione $V_{off} = (V_0 + V_\pi)/2$

Per la misura di k è necessario di disporre di campi B noti (bobine di Helmholtz)

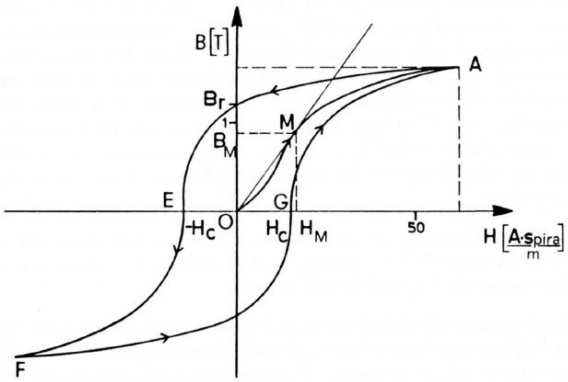
Sonda di Hall

Sia k che V_{off} dipendono fortemente dalla temperatura della sonda. Per una misura precisa è quindi necessaria una termostatazione.



Per aumentare la sensibilità della sonda essa viene posta all'interno di un involucro di materiale ferromagnetico che ha la proprietà di "catturare" il maggior numero di linee di B.

Il notevole aumento della sensibilità ha i seguenti svantaggi:
- la risposta della sonda perde di linearità per campi > 10^{-4} T
- si evidenziano fenomeni di isteresi, ovvero per un fissato valore di B_N la tensione in uscita dipende non solo da B_N e da V_{off} ma anche dalla "storia precedente", ovvero dalla massima ampiezza di B_N misurata precedentemente.



Più realisticamente avremo quindi: $V_H = k_H B_N + V_{off} + V_{IS} = V_H^* + V_{off} + V_{IS}$

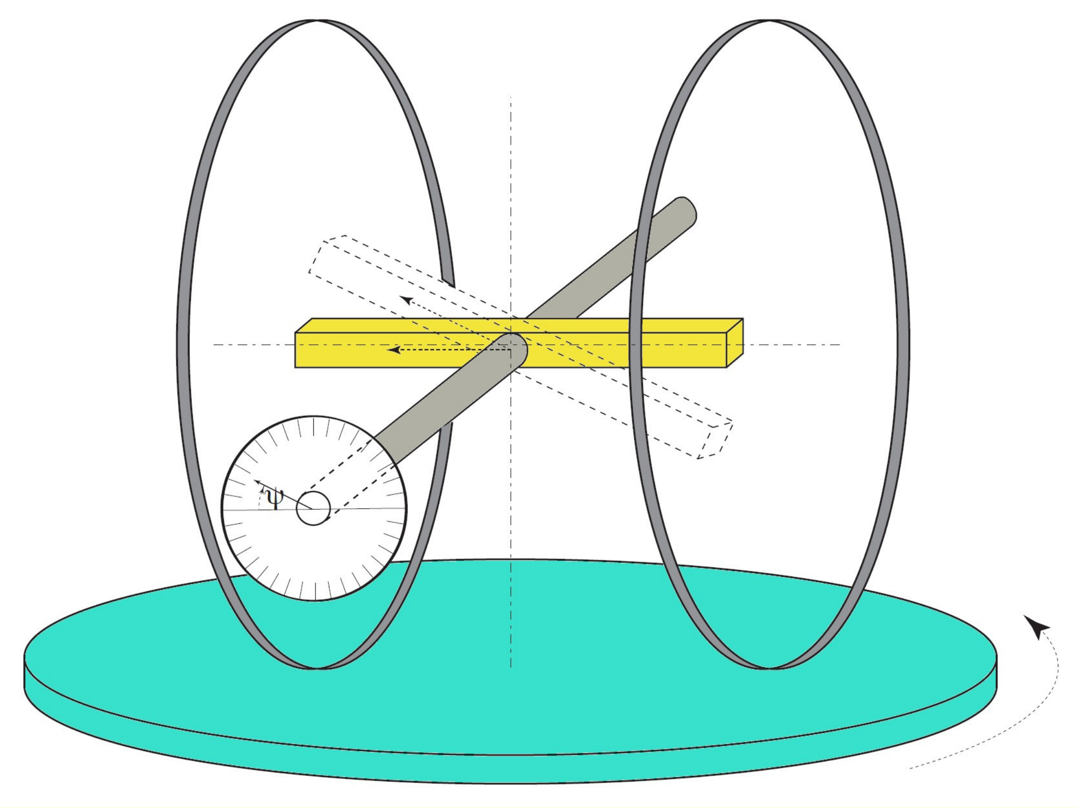
con V_{IS} dello stesso segno e proporzionale al campo B_N massimo in valore assoluto sperimentato precedentemente

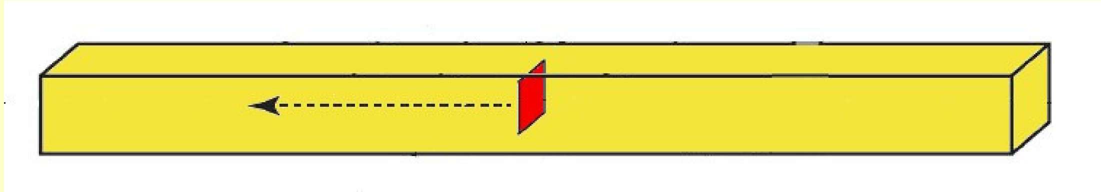
Bobine di Helmholtz

Per ψ = 0 la sonda di Hall è in asse con le bobine di Helmholtz

Le due bobine, coassiali, con lo stesso numero di spire e attraversate dalla stessa corrente i, producono nel punto sull'asse equidistante da esse un campo di induzione:

$$B_{BH} = \frac{n\,\mu_0\, i}{R\left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{3}{2}}} = k_{BH}\cdot i$$



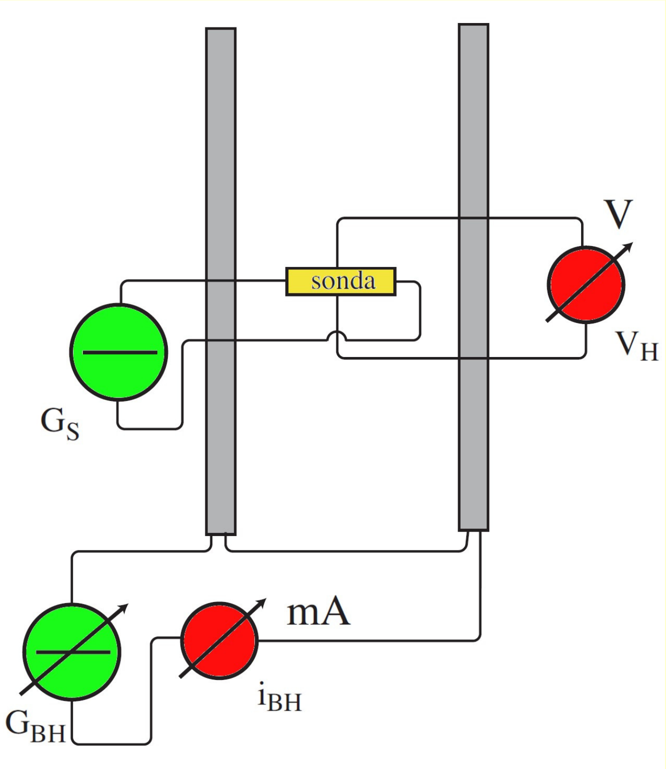


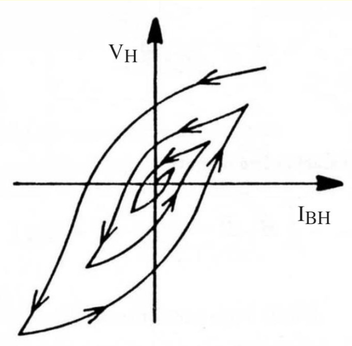
Con n = 120, R = (0.313 ± 0.005) m si ha k_{BH} = (3.45 ± 0.06) 10^{-4} T A^{-1},
n = 60, R = (0.313 ± 0.005) m si ha k_{BH} = (1.72 ± 0.03) 10^{-4} T A^{-1}

Taratura della sonda di Hall

Montato il circuito, si orientano gli assi delle bobine e della sonda in direzione Est (minimo campo terrestre)

Taratura della sonda per correnti nelle bobine $|i_{BH}|$ da 0 a 150 mA ($B_{BH} = 2 – 5\ 10^{-5}$ T). Verranno registrate le misure di tensione per correnti $|i_{BH}|$ positive (V_H^+) e negative (V_H^-), facendo precedere ogni serie di correnti da un ciclo di smagnetizzazione per compensare l'isteresi.





Per ogni coppia di tensioni corrispondenti allo stesso valore di $| i_{BH} |$

$$V_H^{+(-)} = (-)\ V_H^* + V_{off} + V_{IS}$$

$$V_H^+ - V_H^- = 2\ V_H^* = 2\ k_H\ B_{BH}\ (i)$$

e questo ci permette di ottenere il valore del fattore k_H , che dovrebbe essere costante, per diversi valori di V*, ovvero di B. L'incertezza su k_H , contiene un contributo dovuto all'incertezza sul raggio R (B_{BH} = B (R)) che, essendo comune a tutte le misure, deve essere eliminato nello studio dell'andamento.

Taratura della sonda di Hall

MISURA CAMPO MAGNETICO TERRESTRE CON SONDA DI HALL

GRUPPO	
DATA	
POSTO	

STRUMENTAZIONE				
ALIMENTATORE SONDA				
ALIMENTATORE BOBINE				
BOBINE HELMHOLTZ	N SPIRE		RAGGIO	
VOLMETRO				
AMPEROMETRO				

SCHEMA CIRCUITO	

TARATURA	
	Significato simboli
I_{BH}	
V_H+	
V_H-	

I_{BH} ( )	V_H+ ( )	V_H- ( )	(V_H+ - V_H-) / 2	(V_H+ + V_H-) / 2

TABULATO 1

Procedura di taratura

1) posizionamento sonda verso est

2) esecuzione di un ciclo di smagnetizzazione partendo da i_{BH} = 50 mA

3) impostazione di una serie di valori positivi di i_{BH} , a passi di 10 mA, fino a 150 mA e rilievo dei V_H^+ corrispondenti

4) esecuzione di un ciclo di smagnetizzazione

5) come 3) ma per valori negativi di i_{BH} e rilievo dei V_H^- corrispondenti