

I FILTRI: Un filtro è un circuito elettronico selettivo in frequenza. Progettato per:

- Far passare;
- Separare;
- Attenuare o sopprimere

Un gruppo di segnali da diverse frequenze che utilizzano lo stesso canale di acquisizione, distribuzione e trasmissione dati.

In sintesi: lo scopo del filtro è di eliminare o attenuare i segnali con una frequenza nella banda oscura e lascia passare i segnali con frequenze nella propria banda passante .

FILTRI POSSONO ESSERE ATTIVI O PASSIVI.

- I **filtri passivi**, usano solo componenti passivi (resistenze, condensatori e induttanze) e il rapporto fra il segnale di uscita e il segnale di ingresso (guadagno $\rightarrow G$) minore di uno. (**non necessitano alimentazione**)

$$\text{Guadagno} \leq 1 \rightarrow G \leq 1$$

- I **filtri attivi**, oltre ai componenti passivi prevedono la presenza di componenti attivi come transistor (BJT) ed amplificatori operazionali. (A.O.); Inoltre, sono caratterizzati di:

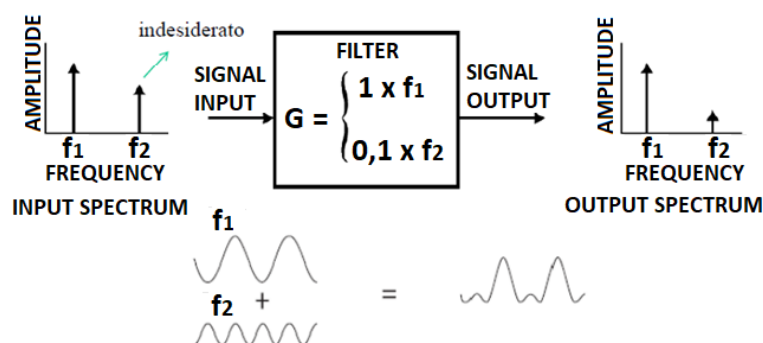
$$\text{Guadagno} > 1 \rightarrow G > 1$$

Come si può intuire, i filtri attivi introducono un guadagno (il segnale nella banda passante viene amplificato), necessitano alimentazione.

Altera l'ampiezza e/o la fase di un segnale rispetto alla frequenza (modifica le ampiezze delle varie componenti e/o le loro relazioni di fase).

Ha un guadagno che dipende dalla frequenza del segnale

Esempio:




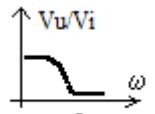

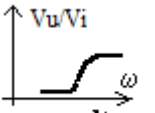
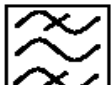
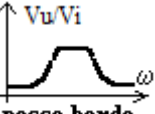


Esempi di applicazione di un filtro:

- Eliminare ciò che contamina il segnale (rumore nei sistemi di comunicazione);
- Separare componenti in frequenza rilevanti da quelle irrilevanti;
- Limitare i segnali in banda prima del campionamento;
- Migliorare la qualità di segnali audio (altoparlanti);
- Equalizzazione (livellamento) di un segnale audio;

Quasi tutte le apparecchiature elettroniche utilizzano dei filtri per scopi diversi.

CLASSIFICAZIONE DEI FILTRI IN BASE ALLA FORMA DELLA RISPOSTA IN FREQUENZA

In base al loro comportamento e alla risposta in frequenza, i filtri vengono classificati in:

DEFINIZIONE	SIMBOLO	BANDA
<ul style="list-style-type: none"> passa-basso: sono caratterizzati di attenuare, eliminare i segnali con frequenza maggiore rispetto alla frequenza di taglio (f_{ts}), è la frequenza superiore che delimita la banda passante, mentre i segnali a frequenza inferiori vengono "lasciate passare" dal filtro; 	 <p>Passa basso</p>	 <p>passa-basso</p>
<ul style="list-style-type: none"> passa-alto: attenuano e sfasano le sinusoidi a bassa frequenza, mentre lasciano passare le frequenze elevate; 	 <p>Passa alto</p>	 <p>passa-alto</p>
<ul style="list-style-type: none"> passa-banda: lasciano passare le frequenze intermedie; 	 <p>Passa banda</p>	 <p>passa-banda</p>
<ul style="list-style-type: none"> elimina banda: attenuano fortemente i segnali alle frequenze intermedie 	 <p>Elimina banda</p>	 <p>elimina-banda</p>

L'ORDINE DI UN FILTRO:

- È il grado o la più alta potenza della variabile s nel polinomio del denominatore della f.d.t $H(s)$;
- È pari al n° di capacitori e induttori indipendenti nel circuito (un capacitore ottenuto combinando 2 o più capacitori è ancora un capacitore);

Maggiore è l'ordine del filtro

- Più è costoso perché usa più componenti ed è più difficile da costruire;
- Più è efficace nel discriminare tra segnali a diverse frequenze e tanto si avvicina al filtro ideale.

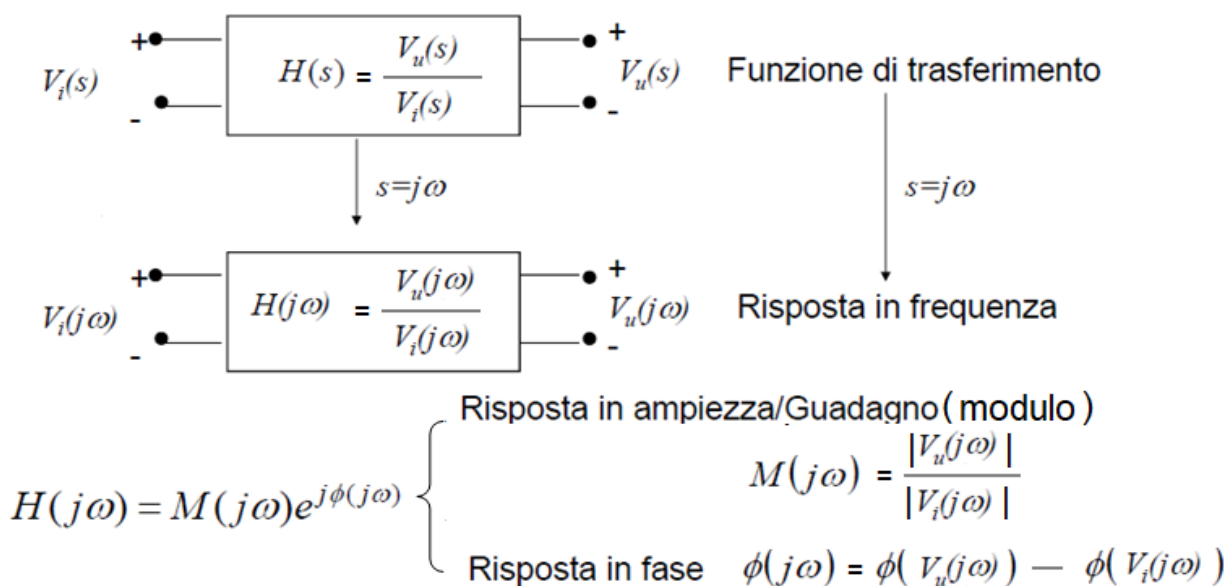
ANALISI NEL DOMINIO DELLA FREQUENZA

I filtri sono definiti dai loro effetti sul segnale nel dominio della frequenza con descrizioni analitiche e grafiche nel dominio della frequenza:

- Curve di guadagno;
- Curve di fase.

RISPOSTA IN FREQUENZA: E' la trasformata di Fourier della risposta all'impulso unitario di Dirac $\delta(t)$

In generale, esprime la relazione algebrica tra ingresso e uscita nel dominio della frequenza.



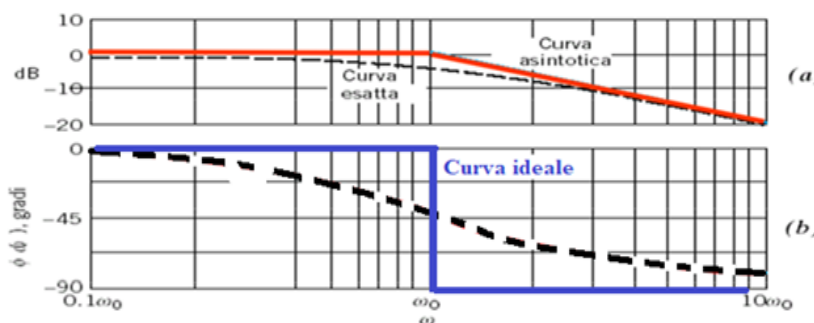
Se si vuole avere le curve di risposta in ampiezza e fase che coprano un ampio range di frequenze (difficile con scala delle f lineare), si adotta:

- Scala in frequenza logaritmica (carta semi logaritmica):
 - o Decibel/decade → fattore di peso 10 nelle frequenze;
 - o Decibel/ottava → fattore di peso 2 nelle frequenze.
- Scala delle ampiezze in decibel [dB], è usualmente espressa in:

$$20\log |H(j\omega)|$$

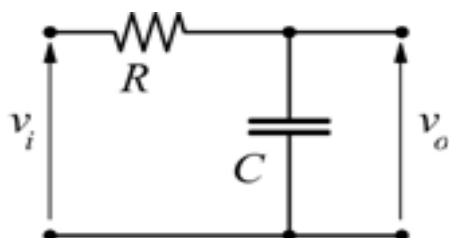
Esempio: Diagramma di Bode per $H = (1 + j \omega/\omega_0)^{-1}$.

- La linea continua è l'approssimazione asintotica.
- La linea tratteggiata è la curva esatta dell'ampiezza alla frequenza di taglio si abbassa di 3 dB rispetto a quella asintotica, invece quella di fase si abbassa di 45° rispetto a quella ideale.



FILTRO RC PASSA BASSO

E' costituito dalla serie di una resistenza R e di una capacità C, come indicato. La funzione di trasferimento vale :



$$H(s) = \frac{v_o(s)}{v_i(s)} = \frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{1}{1 + sCR}$$

Il modulo (fattore di amplificazione o di attenuazione) :

$$M(j\omega) = \frac{1}{1 + j\omega CR}$$

f_t : frequenza di taglio

$$f_t = \frac{1}{2\pi CR}$$

Alla frequenza f_t il guadagno corrisponde a quasi il 70% del valore massimo di centro banda, in decibel corrisponde a

una riduzione di 3dB,

a frequenze basse ($f \rightarrow 0$), il condensatore = circuito aperto e l'uscita = ingresso e $M(0) = 1$

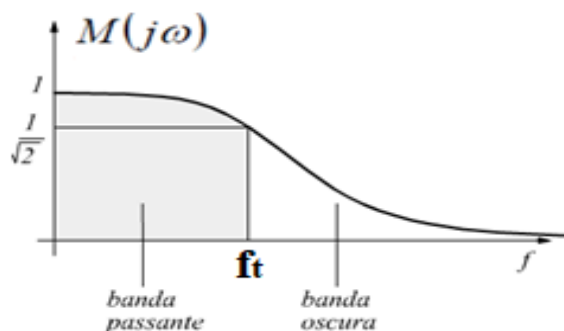
A frequenze alte ($f \rightarrow \infty$) e il valore $M(\infty) \rightarrow 0$.

Banda passante: intervallo di frequenze a cui corrisponde un guadagno pressoché costante (segnale viene filtrato).

Banda oscura: intervallo di frequenze a cui corrisponde un guadagno che tende a zero (segnale non viene filtrato).

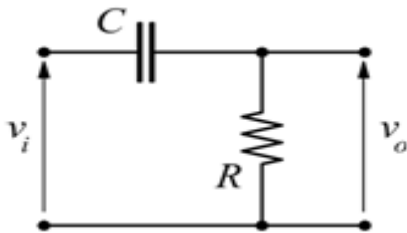
Il limite fra la banda passante e la banda oscura è fissato convenzionalmente per quel valore di pulsazione

in cui il rapporto di attenuazione diviene $1/\sqrt{2} = 0,707$



FILTRO PASSIVO RC PASSA ALTO

E' costituito dalla serie di una resistenza R e di una capacità C, come indicato. La funzione di trasferimento vale



$$H(s) = \frac{v_o(s)}{v_i(s)} = \frac{R}{R + 1/sC} = \frac{sCR}{1 + sCR}$$

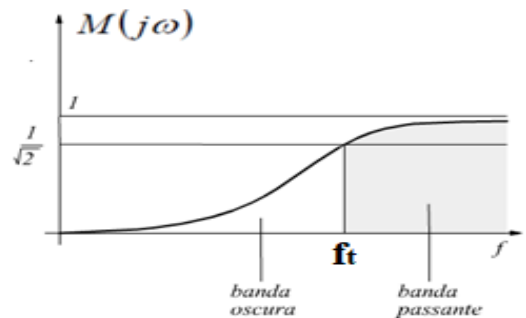
$$M(j\omega) = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

La frequenza di taglio:

$$f_t = \frac{1}{2\pi CR}$$

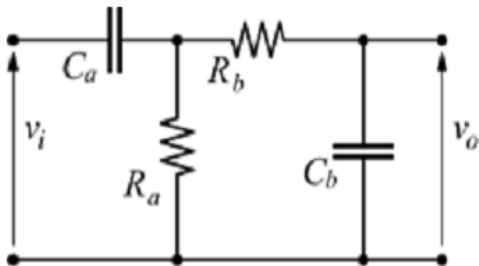
f_t è il limite fra la banda passante e la banda oscura ed è fissato convenzionalmente per quel valore di pulsazione in cui il rapporto di attenuazione diviene:

$$1/\sqrt{2} = 0,707$$



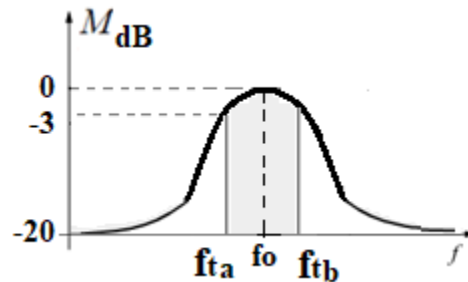
FILTRO PASSIVO PASSA BANDA

Il filtro passivo passa banda, costituito da un filtro alto basso e uno passa basso posto in cascata, lascia passare solamente le frequenze comprese fra la frequenza di taglio (f_{ta}) del passa alto e la frequenza di taglio (f_{tb}) del passa basso.



$$f_{tb} = 1/(2\pi R_b C_b)$$

$$f_{ta} = 1/(2\pi R_a C_a)$$



Le frequenze dei segnali devono rispettare la relazione:

$$f_{ta} < f < f_{tb}$$

Il valore della frequenza di centro banda è:

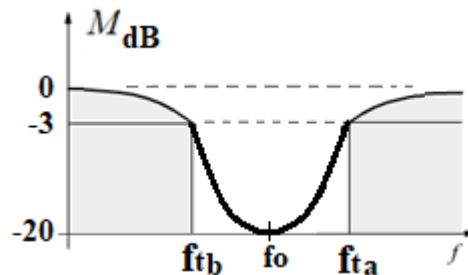
$$f_o = \sqrt{f_{ta} * f_{tb}}$$

FILTRO PASSIVO ELIMINA BANDA

Il filtro passivo elimina banda, costituito da un filtro passa basso e uno passa alto posto in cascata, lascia passare solamente le frequenze maggiori alla frequenza di taglio (f_{ta}) del passa alto e minori alla frequenza di taglio (f_{tb}) del passa basso.

$$f_{tb} = 1/(2\pi R_b C_b)$$

$$f_{ta} = 1/(2\pi R_a C_a)$$

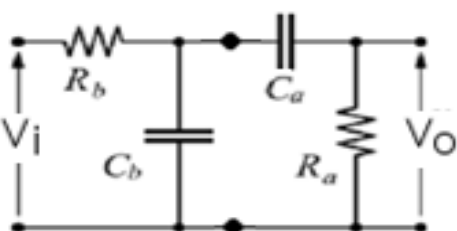


Le frequenze dei segnali devono rispettare la relazione:

$$f > f_{ta} \text{ e } f < f_{tb}$$

Il valore della frequenza di centro banda è:

$$f_o = \sqrt{f_{ta} * f_{tb}}$$



FILTRO ATTIVO PASSA BASSO NON INVERTENTE DEL PRIMO ORDINE

È formato da collegamento in cascata di un filtro RC passivo e un amplificatore non invertente

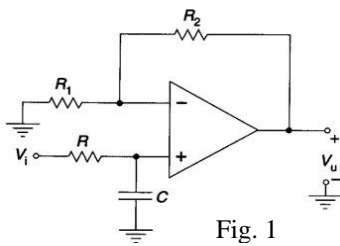
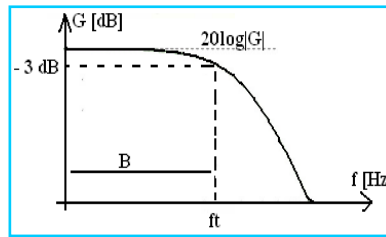
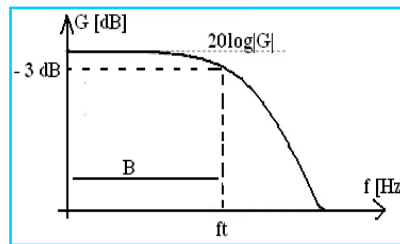
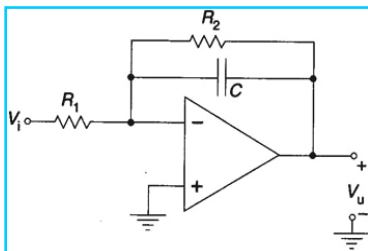


Fig. 1



FILTRO ATTIVO PASSA BASSO INVERTENTE DEL PRIMO ORDINE

È formato da collegamento in cascata di un filtro RC passivo e un amplificatore non invertente, filtra ed amplifica le frequenze al di sotto di ft



Il guadagno di tensione $G_v = V_u/V_i = - R_2 / R_1$
La frequenza di taglio: $f_t = 1 / (2\pi \cdot R_2 \cdot C)$

in deciBel $G_v|_{dB} = 20 \cdot \log |G_v| = 20 \cdot \log (R_2 / R_1)$

FILTRO ATTIVO PASSA ALTO NON INVERTENTE DEL PRIMO ORDINE

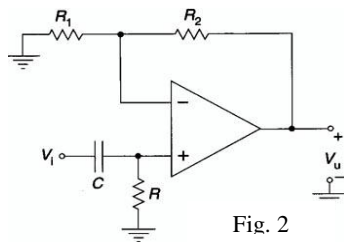
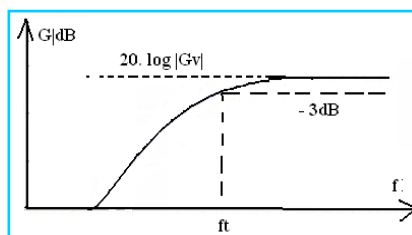
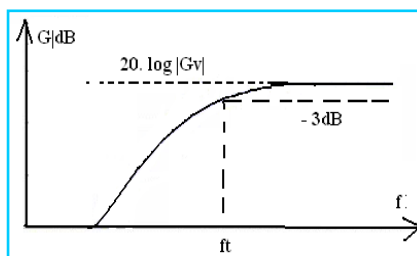
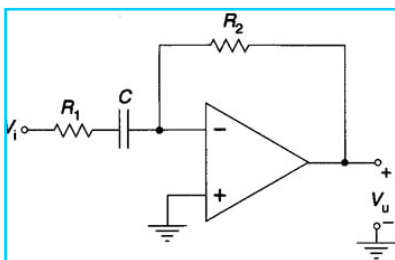


Fig. 2



FILTRO ATTIVO PASSA ALTO INVERTENTE DEL PRIMO ORDINE è circuito che filtra e amplifica per frequenze maggiori della frequenza di taglio f_t

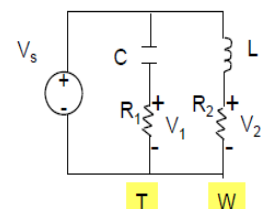
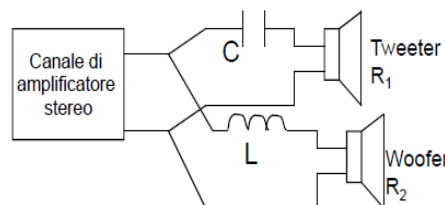


$G_v = - (R_2 / R_1)$ e in deciBel: $G_v|_{dB} = 20 \log |G_v| = 20 \log (R_2/R_1)$

La frequenza di taglio: $f_t = 1 / (2\pi R_1 C)$.

Esempio: Il circuito crossover accoppia un amplificatore audio a degli altoparlanti di tipo woofer o tweeter. Un solo altoparlante non sarebbe in grado di riprodurre tutta la gamma delle frequenze acustiche.

Crossover a due vie



Un **woofer** è un altoparlante progettato per riprodurre accuratamente la parte bassa dell'intervallo delle frequenze audio (**fra gli 10 e i 3000 Hz**), non gli acuti.

Un **midrange** è un altoparlante progettato per riprodurre accuratamente la parte medie dell'intervallo delle frequenze audio (**fra gli 800 e i 6000 Hz**).

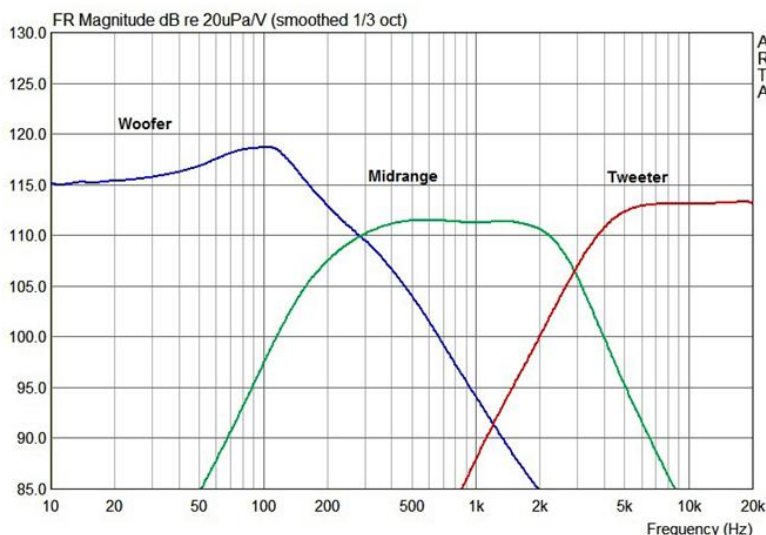
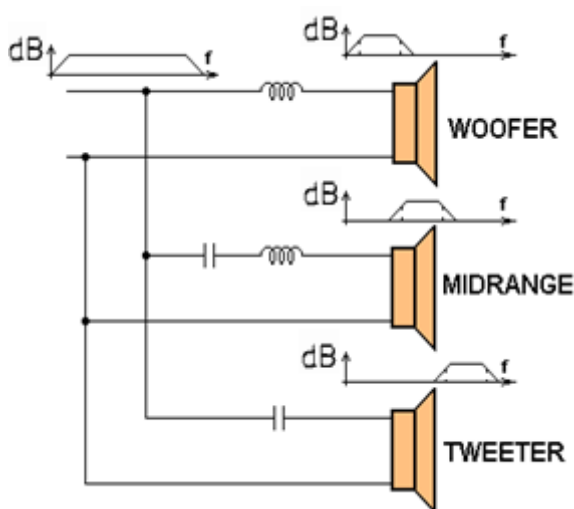
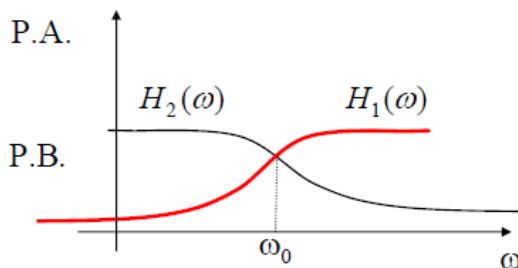
Un **tweeter** è un altoparlante progettato per riprodurre accuratamente la parte alta dell'intervallo delle frequenze audio (**3-20 kHz**) non bassi e medio bassi.

Un valore tipico è $R=8 \Omega$.

$$H_1(\omega) = \frac{V_1}{V_s} = \frac{j\omega R_1 C}{1 + j\omega R_1 C} = \frac{j\omega}{j\omega + \frac{1}{R_1 C}}$$

$$H_2(\omega) = \frac{V_2}{V_s} = \frac{R_2}{R_2 + j\omega L} = \frac{R_2 / L}{j\omega + \frac{R_2}{L}}$$

ω_0 pulsazione di taglio/di crossover



Le frequenze di incrocio (riferite a -3 dB rispetto alla banda passante) sono quelle alle quali un altoparlante smette di funzionare ed incomincia un altro.

<http://www.epertutti.com/elettronica/index1.php>