

# **Aplicații Multimedia**

## **Laborator 4**

### **Fișiere Audio**

#### Cuprins

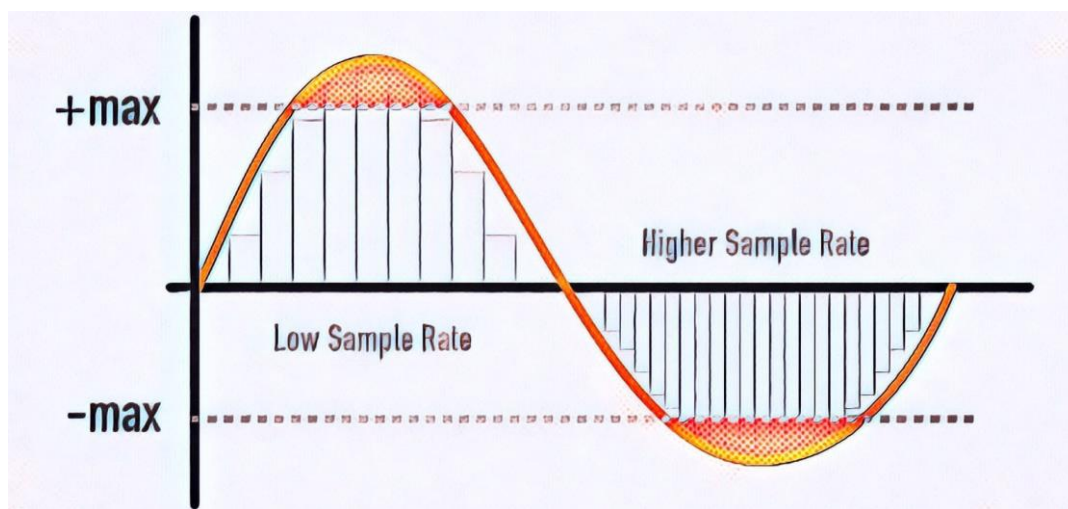
<b>Introducere. Noțiuni de bază .....</b>	<b>1</b>
<b>Comprimare lossy vs. lossless .....</b>	<b>2</b>
<b>Filtre.....</b>	<b>3</b>
<b>Tipuri de filtre.....</b>	<b>5</b>

## Introducere. Noțiuni de bază

Sunetele, vibrații transmise printr-un mediu cum ar fi aerul, sunt percepute de oameni prin faptul că sunt preluate de ureche, iar prin vibrația timpanului sunt transformate în impulsuri, care sunt transmise la creier, unde sunt se produce percepția. Pentru a putea stoca sau prelucra un sunet pe un calculator, este necesară digitalizarea acestuia. Primul pas ar fi folosirea unui traductor, care realizează tranziția de la un sunet la o tensiune, care poată să fie transmisă pe un fir. Următorul pas este transformarea acestui semnal într-un șir de biți („zero” și „unu”), care se face prin eșantionare, și depinde de următoarele 2 noțiuni:

- Frecvența de eșantionare (sample frequency/ sample rate) – reprezintă numărul de eșantioane care sunt preluate într-o secundă, sau, cu alte cuvinte, numărul de momente de timp în care se măsoară semnalul pe durata unei secunde
- Bit depth – numărul de biți pe care se înregistrează amplitudinea unui eșantion, care va influența numărul de valori de amplitudine pe care se poate reprezenta un semnal audio. Spre exemplu, pentru un bit depth de 16 biți, există  $2^{16} = 65.536$  valori, însă cum un semnal are o valoare centrală 0, vom avea un număr de 32.768 valori pozitive și 32.768 valori negative\*.

\*Valorile pozitive sau negative ale amplitudinii reprezintă de fapt despre poziția membranei (fie a microfonului atunci când se înregistrează un sunet, fie a boxei atunci când se redă un sunet). Pentru valorile pozitive, membrana microfonului a vibrat în sus față de poziția de repaus (0), iar pentru valori negative, membrana microfonului a vibrat în jos față de poziția de repaus.



Reprezentare frecvență eșantionare, bit depth [sursă]

Urechea umană poate percepe sunete în intervalul de frecvențe de 20Hz – 20kHz. Conform teoremei Nyquist-Shannon, un semnal aflat într-o bandă limitată de frecvențe poate fi descris și reconstruit dacă frecvența de eșantionare este dublul celei mai mari frecvențe a semnalului. Din acest motiv, există 2 frecvențe de eșantionare consacrate, și anume 44.1kHz și 48kHz,

ambele fiind peste dublul limitei superioare care poate fi înregistrat de urechea umană. Puteți afla mai multe despre motivul pentru care au fost alese aceste valori de [aici](#).

Alte noțiuni de menționat:

- Număr de canale - Un canal audio este o reprezentare a sunetului care vine sau se duce dinspre sau înspre un punct. De exemplu, un microfon poate să producă un singur canal audio și o singură boxă poate să redea doar un canal audio. Totuși, un fișier audio digital poate să conțină mai multe canale, cum ar fi câte un fișier pentru fiecare boxă (cea din partea stângă și cea din partea dreaptă). În cazul filmelor, există fișiere audio care pot avea până la 6 canale, pentru a reda o adâncime a sunetului din mediu.
- Bitrate - este o noțiune aflată în strânsă legătură cu frecvența de eșantionare și de bitdepth, relația fiind dată de formula

$$\text{Bitrate} = \text{sample\_rate} * \text{bit\_depth} * n\_channels$$

Exemplu pentru standardul de CD, cu sample rate de 44,1 kHz, bit depth de 16 biți și 2 canale:

$$\text{Bitrate} = 44100 * 16 * 2 \Rightarrow 1411200 \text{ bits/sec} \Rightarrow 1.411 \text{ Kbps}$$

## Comprimare lossy vs. lossless

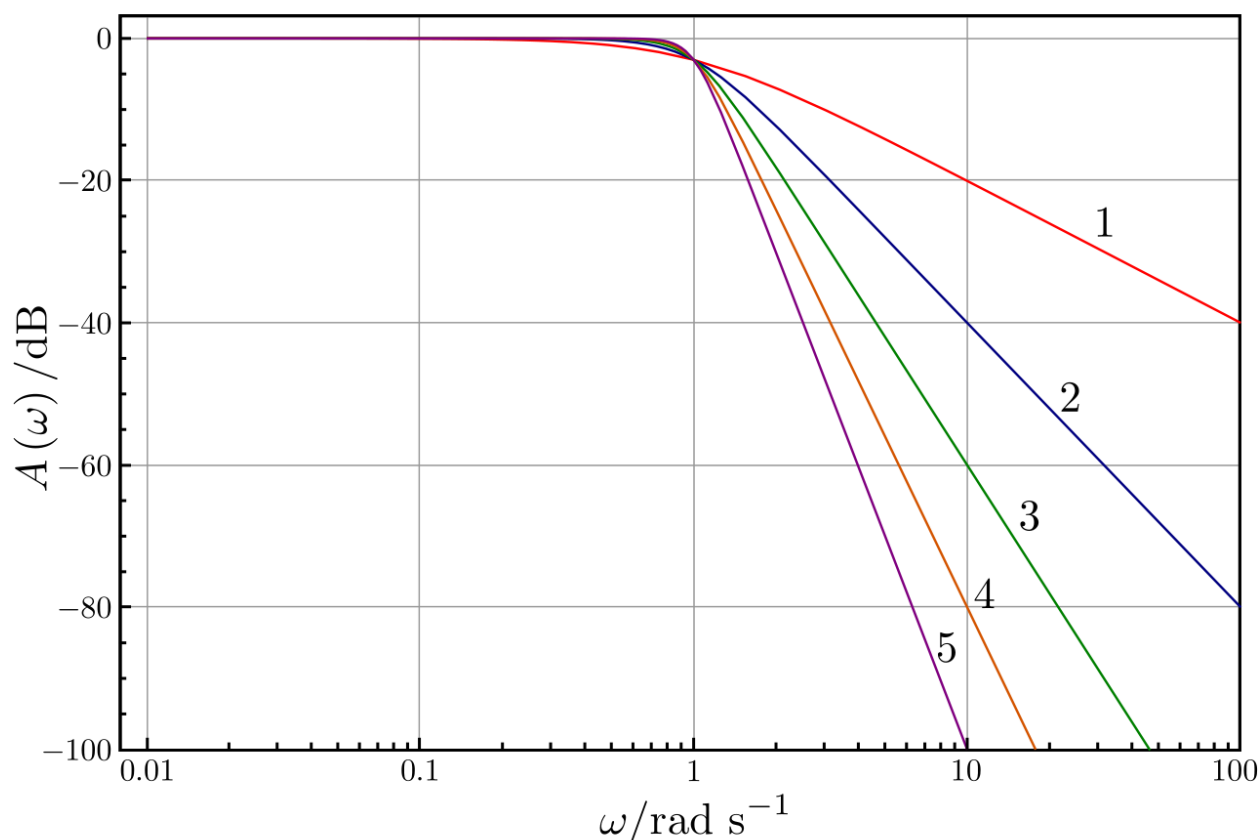
Prin comprimarea lossy a unui semnal se înțelege aruncarea unora din datele inițiale, neprelucrate. Cu alte cuvinte, pentru a reduce dimensiunea unui fișier audio, se va renunța la o parte din informație, bitrate-ul fiind unul dintre elementele alterate. Cu cât mai multă informație este ignorată, cu atât bitrate-ul fișierului este mai mic, iar dimensiunea va fi mai mică, procesul fiind unul ireversibil. Din momentul în care informația a fost ștearsă, aceasta nu mai poate să fie reconstruită. Câteva formate de fișiere audio care folosesc compresia lossy sunt AAC, MP3 sau WMA.

Compresia lossless este folosită în situațiile în care se dorește păstrarea integrală a semnalului, algoritmi de compresie lossless nealterând calitatea datelor înregistrate. Acest mod de comprimare diferă față de formatele lossy, unde algoritmi pot să modifice înregistrarea captată. Pentru o înțelegere intuitivă a compresiei lossless, putem să ne gândim la faptul că un fișier audio este format din intervale liniște și zgomot, sau sunetul propriu zis. Toate modalitățile de compresie lossless reduc intervalele de liniște la aproape 0 spațiu pe disc și lasă informația de zgomot/sunet intactă. Acest proces este asemănător cu arhivarea unor documente. Formatul FLAC este un tip de fișier audio care folosește compresie lossless.

Fișierele audio necomprimate conțin datele inițiale neprelucrate, așa cum au fost captate de la sursă (cum ar fi un microfon). Fișierele WAV sunt fișiere audio necomprimate, dimensiunea lor putând fi de până la 2 ori mai mare decât dimensiunea unui fișier FLAC cu aceleași caracteristici.

## Filtre

Există mai multe tipuri de filtre, care se pot folosi în funcție de ce ne dorim să realizăm. Cea mai simplă și folosită filtrare este eliminarea zgomotului de pe un semnal. Ca regulă generală, „zgomotul” este reprezentat de semnalele de frecvență înaltă. Putem filtra zgomotul de pe un semnal audio prin implementarea unui filtru trece jos, având frecvența de tăiere de exemplu peste 5 kHz. Filtrele pot fi de mai multe tipuri, liniare sau neliniare, variabile sau invariabile în timp, analogice sau digitale, etc. O caracteristică principală a unui filtru este ordinul. În figura de mai jos sunt reprezentate răspunsurile filtrelor în funcție de ordinul lor.



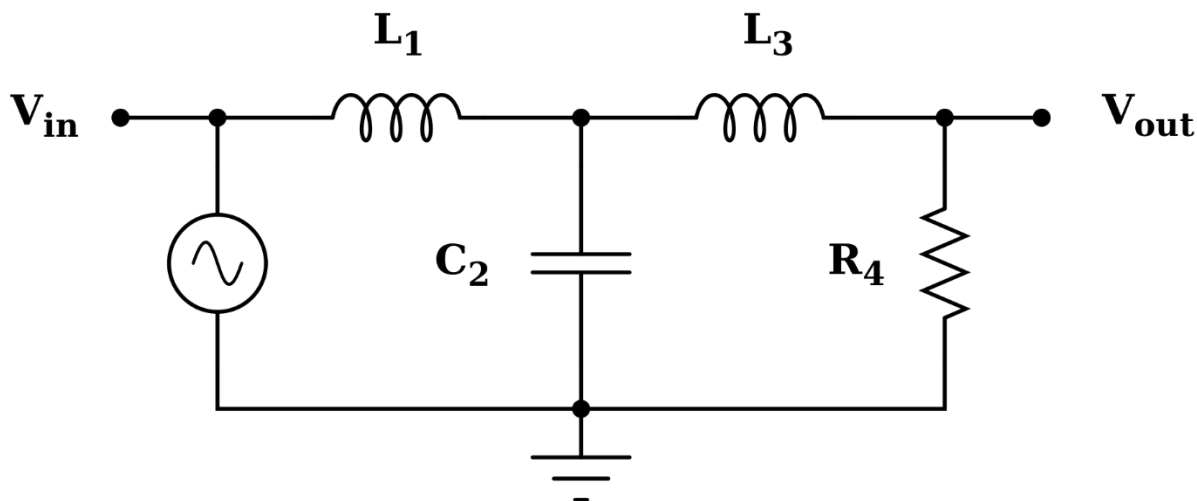
Grafic răspund filtru trece-jos de tip Butterworth [\[Sursă\]](#)

Din grafic se poate observa că după frecvența de tăiere, amplitudinea semnalelor de frecvență ridicată începe să scadă. Cu cât frecvența semnalului este mai apropiată de frecvența de tăiere, cu atât amplitudinea semnalului o să fie mai mare. Prin urmare, cu cât ordinul filtrului este mai mare cu atât atenuarea amplitudinii semnalelor cu frecvență mai mare decât cea de tăiere o să fie atenuate mai puternic. În mod ideal, ne-am dori ca linia filtrului să fie dreaptă.

Filtrele pot să fie implementate atât software cât și hardware. Filtrele hardware sunt formate din rezistențe, condensatoare și bobine. Acestea sunt de obicei de dimensiuni mari și sunt scumpe de produs, deoarece sunt necesare componente cu valori exacte. De asemenea, cu cât

ordinul filtrului este mai mare, cu atât costul de producție (datorat numărului de componente discrete) și complexitatea electrică crește.

În figura de mai jos este reprezentat un exemplu de filtru analogic:



Filtru trece jos de tip Butterworth de ordin 3

În figura de mai jos este prezentat un dispozitiv ce are rol de filtru analogic. După cum se poate vedea, există numeroase butoane prin care se pot ajusta diverși parametri ai componentelor din interiorul filtrului, și anume condensatoare variabile sau rezistențe variabile/potențiometre.



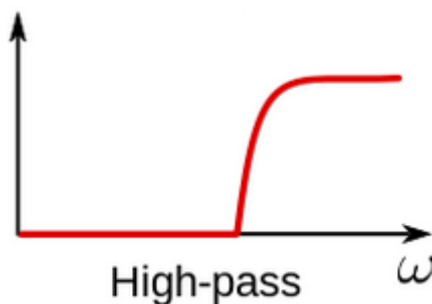
Filtru analogic ajustabil trece jos, trece banda, trece sus [\[sursă\]](#)

Pe de altă parte, în cazul filtrelor digitale, ordinul poate fi crescut fără a implica o creștere exponențială a prețului, fiind nevoie doar de putere de calcul pentru implementarea acestuia.

## Tipuri de filtre

### Filtru trece sus

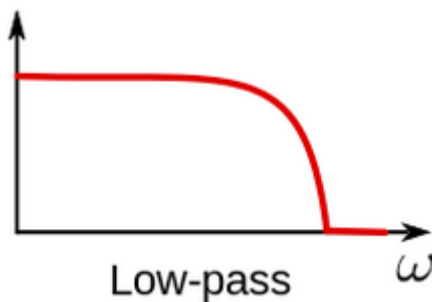
În figura de mai jos se poate observa răspunsul unui filtru trece-sus. Toate semnalele cu frecvența mai mică decât cea de tăiere au amplitudinea de după filtrare zero sau aproape de zero. Semnalele cu frecvență peste frecvența de tăiere trebuie lăsate să treacă fără să fie afectate.



*Filtru trece-sus*

### Filtru trece-jos

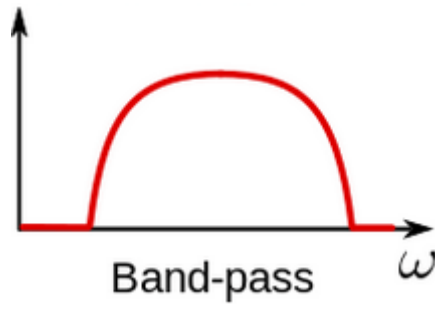
În figura de mai jos se poate observa răspunsul unui filtru trece jos. Semnalele cu frecvențe mai mari decât frecvența de tăiere au amplitudinea atenuată, iar pe măsură ce aceasta crește, amplitudinea va ajunge la zero.



*Filtru trece-jos*

### Filtru trece-bandă

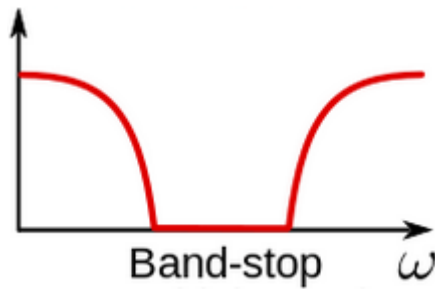
Un filtru trece-bandă este o combinație între un filtru trece-jos și un filtru trece-sus. Acesta are două frecvențe de tăiere, prima atenuând toate semnalele cu frecvență mai mică, putând să treacă acele semnale până în a doua frecvență de tăiere. Cu alte cuvinte, un filtru trece-bandă lasă să treacă toate frecvențele dintr-un interval. Răspunsul unui filtru trece-bandă se poate vedea în figura de mai jos.



*Filtru trece-bandă*

### Filtru oprește-bandă

Filtru oprește-bandă este inversul filtrului trece-bandă. Acesta blochează toate frecvențele din intervalul dat de cele 2 frecvențe de tăiere care îl caracterizează. Răspunsul unui filtru oprește-bandă se poate vedea în figura de mai jos.



*Filtru oprește-bandă*