

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko



Avdiologija in **elektroakustika**

Gradivo za laboratorijske vaje

Študent(-ka):

Ljubljana, september 2021

VAJA 1: ZVOČNA KARTICA	3
<i>Naloga</i>	3
<i>Zvočna kartica E-MU 0404 USB</i>	3
<i>Slušalke K141 MKII</i>	5
<i>Potek laboratorijske vaje</i>	6
VAJA 2: ANALOGNI IN DIGITALNI FILTRI	8
<i>Naloga</i>	8
<i>Električna shema filtra</i>	8
<i>Fotografija ploščice s priključki</i>	8
<i>Potek laboratorijske vaje</i>	9
VAJA 3: PROSTORSKI ZVOK	11
<i>Naloga</i>	11
<i>Potek laboratorijske vaje</i>	11
VAJA 4: NELINEARNA POPAČENJA	13
<i>Naloga</i>	13
<i>Potek laboratorijske vaje</i>	13
VAJA 5: NIZKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK	16
<i>Naloga</i>	16
<i>Opis ojačevalnika</i>	16
<i>Potek vaje</i>	17
VAJA 6: UGOTAVLJANJE SLUŠNEGA PRAGA	19
<i>Naloga</i>	19
<i>Potek laboratorijske vaje</i>	19
VAJA 7: MERJENJE ZVOČNEGA TLAKA	21
<i>Naloga</i>	21
<i>Potek laboratorijske vaje</i>	21
VIRI:	24

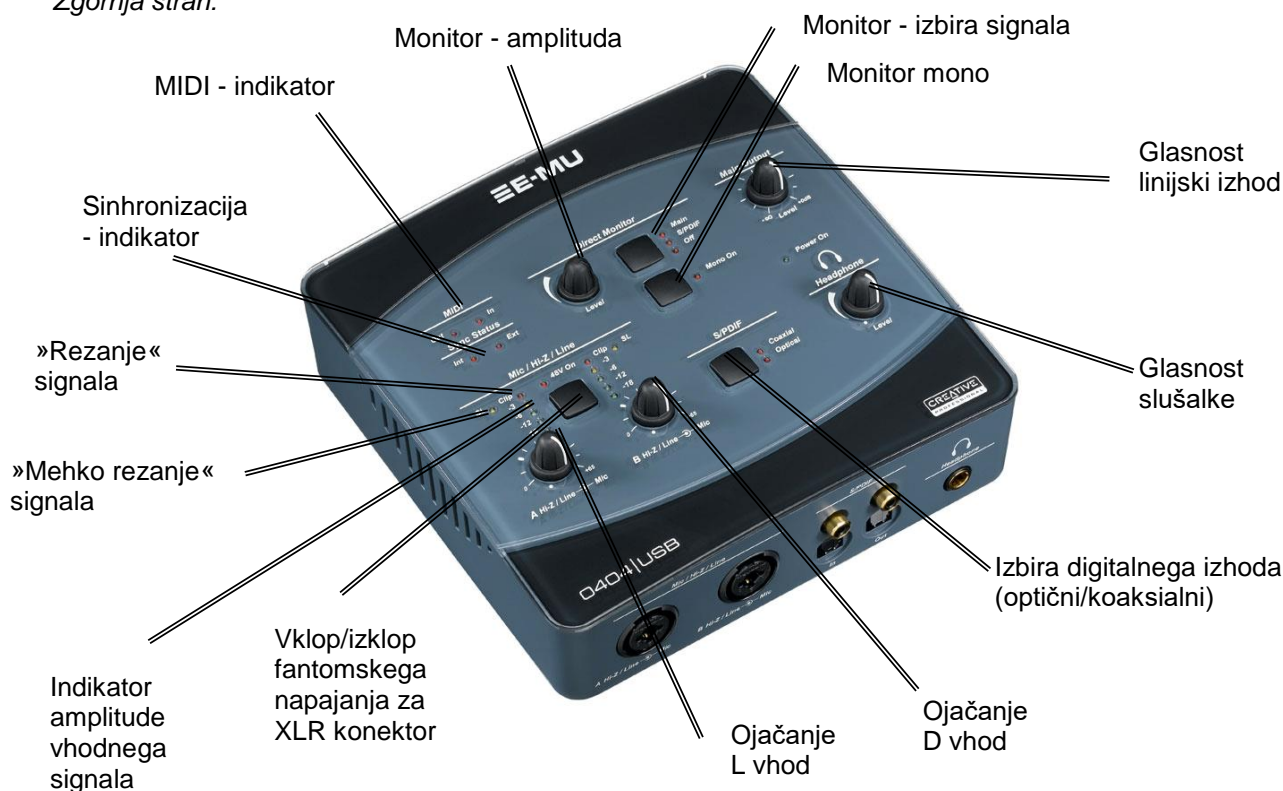
Vaja 1: Zvočna kartica

Naloga

Spoznavanje z zvočno kartico. Predvajajte poljuben avdio posnetek (lahko tudi iz druge naprave) in z zvočno kartico izmerite napetost avdio signala na priključku slušalk. S programom SpectrumLab prikažite vrednost zvočnega tlaka slušalk izraženo v dB glede na referenčni nivo 20 μ Pa. Uporabite shranjene nastavitve programa.

Zvočna kartica E-MU 0404 USB

Zgornja stran:

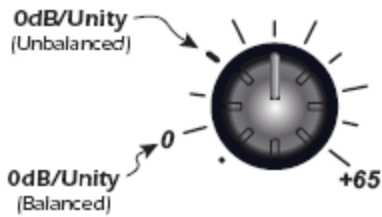


Monitor funkcija omogoča poslušanje vhodnega signala prištetega izhodnemu. Amplitudo vhodnega signala se lahko nastavi.

Rdeča LED **»Rezanje signala«** sveti takrat, ko je amplituda vhodnega signala prevelika. Med normalnim snemanjem se NE sme prižgati!

Rumena LED **»Mehko rezanje«** signala se aktivira, če je vključeno »Mehko rezanje« signala in amplituda vhodnega signala preseže -12 dB_{FS}.

Ojačanje vhodnega signala se lahko nastavi do 65 dB (približno 1800 x). Nastavitev ojačanja za vrednost 1 (brez ojačanja, 0 dB) je odvisna od načina napajanja: nesimetrično (Unbalanced) oz. simetrično (Balanced).



+48 V napajanje mikrofona na XLR konektorju. Pri vključenem fantomskem napajanju je priključena enosmerna napetost 48 V preko uporov 6.8 k Ω na mikrofonske sponke.

Sprednja stran:

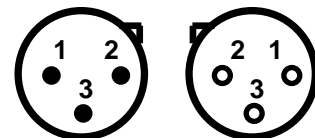


XLR priključek: (pogled s strani priključitve žic)

- 1 ohišje, oklop kabla, »masa«
- 2 signal +
- 3 signal -

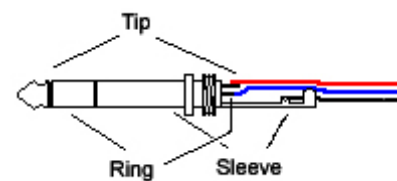
Ženski

Moški

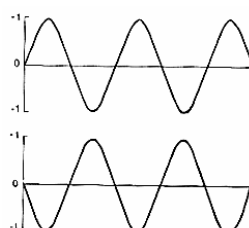


Stereo priključek za slušalke (»Jack« konektor):

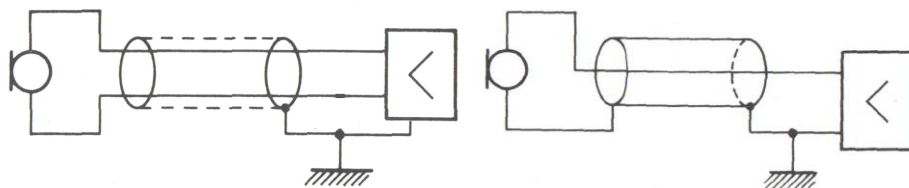
- »Tip«, vrh
 - »Ring«, obroček
 - »Sleeve«, tulec
- signal +
 - signal -
 - ohišje, oklop kabla, »masa«



Linjski vhod: signali so lahko priključeni v simetrični ali nesimetrični obliki (amplituda je za 6 dB nižja kot pri simetrični obliki). Pri simetrični priključitvi se uporabljata dve liniji za prenos signala in »masa«. Avdio signal je razlika potencialov na + in - signalni liniji. Prednost je dušenje sofaznih signalov (signali ki imajo enak predznak na obeh linijah) in s tem motenj.



Protifazna signala v odvisnosti od časa. Razlika obeh signalov je dvojna amplituda posameznega, vsota je nič.



Schema priključitve mikrofona na ojačevalnik s simetričnimi in nesimetričnimi signalnimi linijami.

Vhodna impedanca je $1\text{ M}\Omega$ za linijski vhod pri »Jack« konektorju in $1.5\text{ k}\Omega$ za XLR linijski vhod. Impedanca izhoda za slušalke je $22\ \Omega$.

Zadnja stran:



Izhodna impedanca linijskega izhoda je $600\ \Omega$.

Z zvočno kartico in ustreznim programom za zajemanje signalov in prikaz spektra ter za prikaz v časovnem prostoru se lahko meri amplitudo ter frekvenco signalov. Največji možni signal, ki se zajema z zvočno kartico (brez popačenja) je v večini primerov predstavljen kot vrednost med ± 1 oziroma 0 dB pri prikazu v frekvenčnem prostoru. Lahko tudi $+32767 = 2^{15}-1$ (Spectrum Laboratory, pri prikazu v časovnem prostoru).

Slušalke K141 MKII

Slušalke K141 MKII so pol odporne, dinamične studijske slušalke. Podatki o občutljivosti, frekvenčnem območju, impedanci in največji vhodni moči:

Sensitivity	101 dB/mW, 114 dB/V
Frequency range	18 to 24,000 Hz
Rated impedance	55 ohms
Max. input power	200 mW
Sensitivity	101 dB/mW, 114 dB/V

Vir: http://www.akg.com/site/products/powerslave.id.1061.pid.1061.nodeid.2_language.EN.view.specs.html

Določimo amplitudo signala na slušalkah, ki bo ustrezala zvočnemu tlaku 85 dB:

Občutljivost: 114 dB/V signal 1 V zvočni tlak 114 dB

$$85 \text{ dB} - 114 \text{ dB} = -29 \text{ dB}$$


$$10^{(-29/20)} = 0.0355$$


$$1 \text{ V} \cdot 0.0355 = 35.5 \text{ mV}$$

Nivo zvočnega tlaka pri **8 urni izpostavljenosti** naj bi bil pod **85 dB**, da ne pride do poškodb sluha. Pri povečani amplitudi za 3 dB se čas razpolovi!

OPOZORILO: Pred priključitvijo slušalk vedno s potenciometrom zmanjšajte glasnost na najmanjšo vrednost!

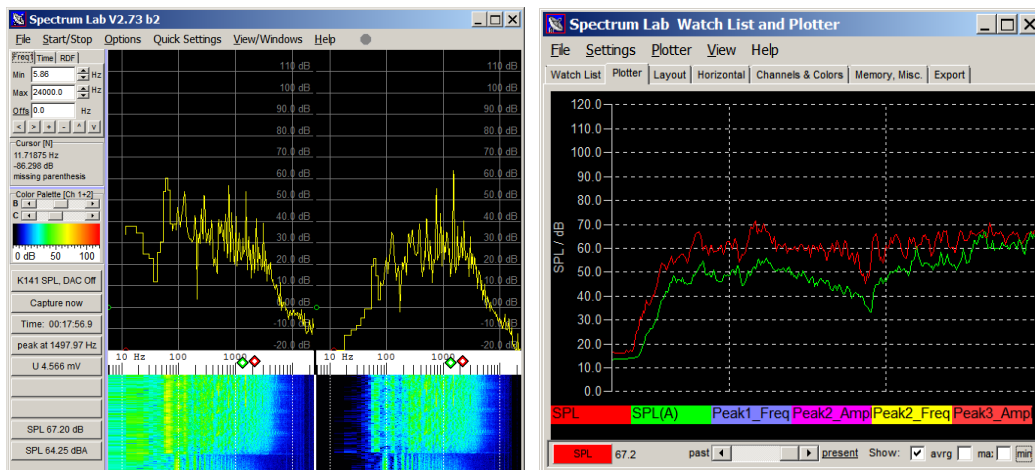
Potek laboratorijske vaje

Na računalniku poženite program **Spectrum Laboratory** (ikonica ). V meniju **File** in podmeniju **Load settings from ...** odprite datoteko z imenom **ACVm_sg_48k.usr**. S tem nastavite vse parametre programa tako, da lahko opazujete spekter tega signala, signal v časovnem prostoru, program pa izračuna efektivno amplitudo vhodnega signala in največjo amplitudo na spektru izraženo v dB. Aktiven je tudi generator signala (1 kHz, -20dB_{Fs}). Analizo signala poženete/ustavite v meniju **Start/Stop**, podmeni **Start Sound Thread / Stop Sound Thread**.

Na računalniku poženite program **Spectrum Laboratory** (ikonica ). V meniju **File** in podmeniju **Load settings from ...** odprite datoteko z imenom **K141_SPL_48k.usr**. S tem nastavite vse parametre programa tako, da lahko opazujete spekter signala, spekter signala filtriranega z 'A' filtrom (preverite pri nastavitvah filtra v programu), izračuna amplitudo (efektivno vrednost) filtriranega nefiltriranega in filtriranega signala in jo ustrezno pretvori v amplitudo zvoka predvajanega s slušalkami izraženo v dB glede na referenčni nivo 20 µPa (tudi na prikazanem spektru). Aktiven je tudi prikaz časovne odvisnosti izmerjene amplitude. Pravilno delovanje lahko preverite z merjenjem amplitude izmenične napetosti na sponkah slušalk, upoštevanjem občutljivosti slušalk (114 dB/V) in prikazano amplitudo zvoka.

Nastavljate amplitudo predvajanega zvoka s potenciometrom na zvočni kartici ali z nastavljanjem amplitude generatorja signala (kolesček!), tako da bo izmerjena napetost 36 mV, takrat bo zvočni tlak v slušalkah 85 dB.

Predvajajte poljuben posnetek z računalnikom iz mape **c:\akustika\wav** (ali z drugo napravo). Iz grafa in spektra programa **Spectrum Laboratory** lahko odčitate amplitudo zvoka predvajanega s slušalkami izraženo v dB ter dB(A) glede na referenčni nivo 20 µPa. Kakšna jakost zvoka se vam zdi primerna?



Slika 1: Izmerjena amplituda zvoka: spekter, spektrogram in časovna odvisnost

Vprašanja:

- Kaj se zgodi z izmerjeno amplitudo izmeničnega signala na izhodu zvočne kartice, ko priključite slušalke? Uporabite izhod za slušalke in ponovite eksperiment z linijskim izhodom.

 - Kolikšna vrednost ustreza spremembi **amplitude** za:
 - 1 dB _____ 20 dB _____
 - 6 dB _____ 30 dB _____
 - 10 dB _____ 40 dB _____

 - Kolikšna vrednost ustreza spremembi **moči** za:
 - 1 dB _____ 20 dB _____
 - 3 dB _____ 40 dB _____
 - 10 dB _____ 60 dB _____

 - Kolikšna je amplituda predvajanega zvoka s slušalkami, če izmerite amplitudo električne napetosti na slušalkah 36 mV, (upoštevate občutljivost slušalk).
-

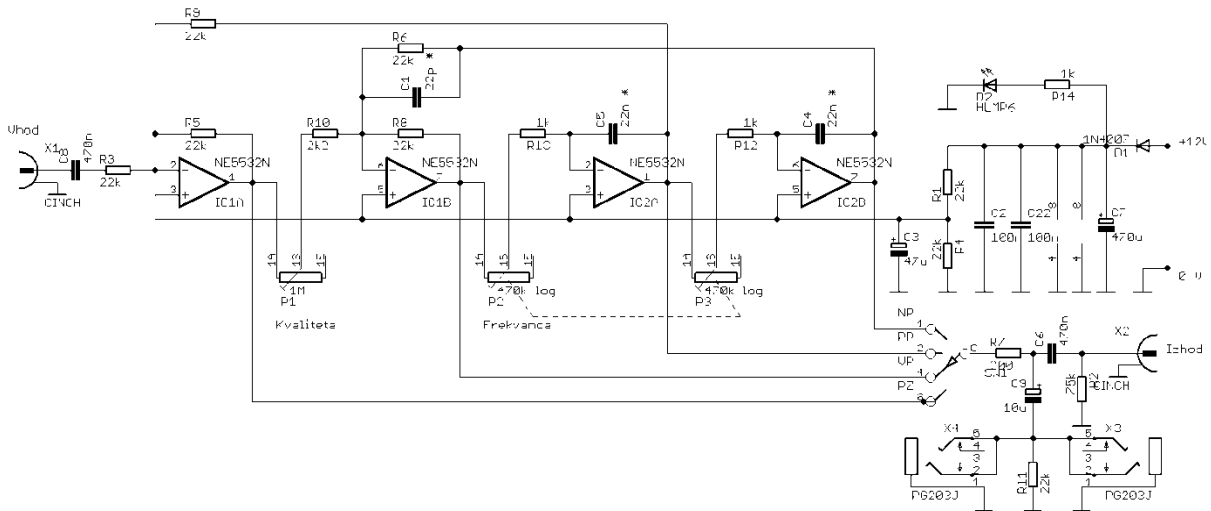
Vaja 2: Analogni in digitalni filtri

Naloga

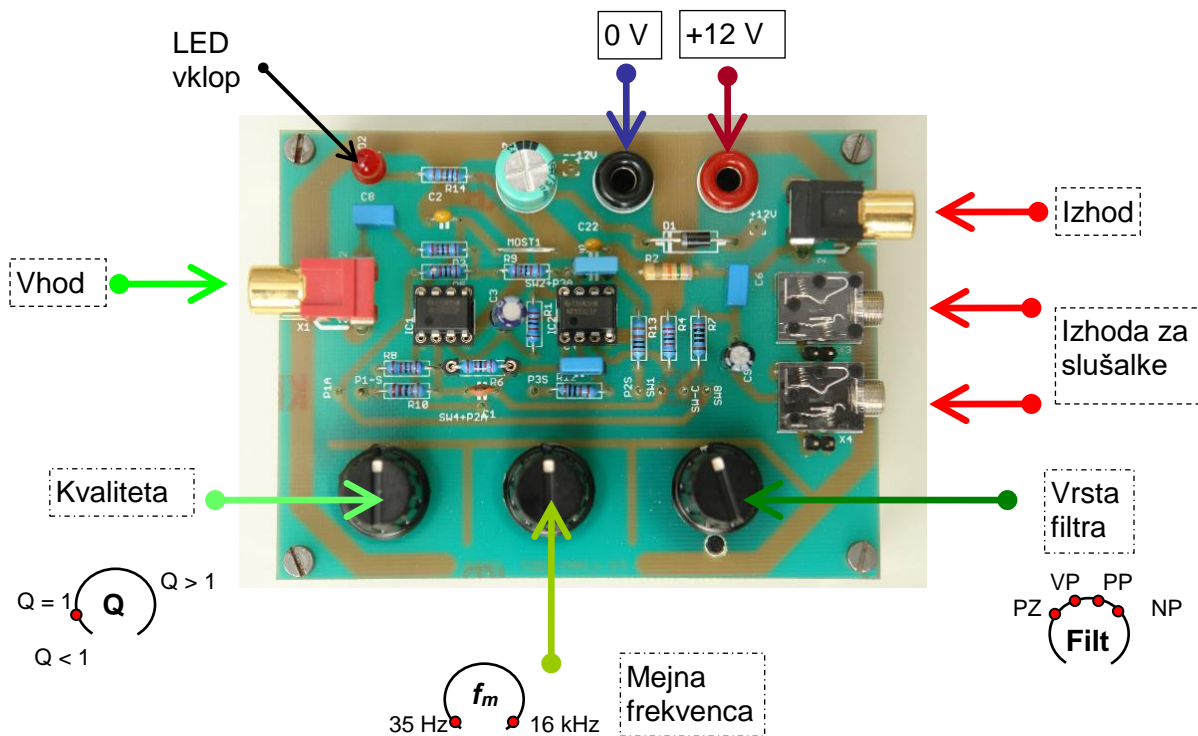
Izmerite frekvenčne karakteristike filtrov pri različni kvaliteti, frekvenci in tipu nastavljenega filtra na univerzalnem analognem filtru.

S programom SpectrumLab preizkusite delovanje filtra v realnem času pri filtriranju signala v prisotnosti bruma na simuliranih in realnih posnetkih.

Električna shema filtra




Fotografija ploščice s priključki



Slika 1: Fotografija ploščice filtra s priključki.

Potek laboratorijske vaje

Priključite in preverite napajanje. »LINE-OUT« (izhod za slušalke) priključite na vhod filtra. Priključite izhod filtra na »LINE-IN« vhod zvočne kartice. Preverite nastavitve ojačanja na vhodu zvočne kartice - naj bo nastavljeno tako, da signal na vhodu ne bo presešel maksimalne vrednosti.


Na računalniku poženite program **Spectrum Laboratory** (ikonica ). V meniju `Quick Settings` in podmeniju `Load & Create user defined entries ...` odprite datoteko z imenom `sig_gen_prikaz_cas_spekter.usr`. S tem nastavite vse parametre programa tako, da lahko opazujete amplitudo signala z zvočne kartice in spekter tega signala, zvočno kartico pa uporabljate kot vir signala. Analizo signala poženete v meniju `Start/Stop`, podmeni `Start Sound Thread`.

Preizkusite delovanje različnih tipov filtrov pri različni nastavitve kvalitete filtra in mejne frekvence.

- NP ... nizkopropustno sito (»low pass filter«)
- PP ... pasovnopropustno sito (»band pass filter«)
- VP ... visokopropustno sito (»high pass filter«)
- PZ ... pasovno zaporno sito (»notch filter«)

Kot testni signal uporabite beli šum.

Filtriran signal lahko poslušate, če slušalke priključite na izhod filtra.

S programom **Spectrum Laboratory** (ikonica ). Lahko v realnem času filtrirate posnet signal (govor). V meniju `Quick Settings` in podmeniju `Load & Create user defined entries ...` odprite datoteko z imenom `filtriranje.usr`. S tem nastavite vse parametre programa tako, da lahko v realnem času filtrirate posnetek, hkrati pa tudi interaktivno spreminjate nastavitve filtra. Potrebno je še odpreti datoteko (govor.wav) s posnetkom: `Audio Files, Analyse and play file (with DSP)`. Potrdite nastavev `play/analyze this file in an endless loop (to adjust parameters)`, da se vključi analiza v neskončni zanki in lahko preizkušate različne nastavitve.

Filtrirajte govorni signal ob prisotnosti bruma z različno amplitudo. Nastavitve programa so shranjene v datoteki z imenom `filtriranje_brum.usr`. Potrebno je nastaviti tudi `FFT filter` – datoteka `filtriranje_brum.frs`.

Datoteke s posnetki:

<code>mix_govor_brum_0dB_0dB.wav</code>	govor in brum z enako amplitudo
<code>mix_govor_brum_-10dB_0dB.wav</code>	govor ima glede na brum amplitudo -10dB
...	...
<code>mix_govor_brum_-40dB_0dB.wav</code>	govor ima glede na brum amplitudo -40dB

Posnetki so bili »mešani« digitalno: posnetku signala bruma je prištet signal govora z različno relativno amplitudo glede na brum. Filtrirajte govorni signal ob prisotnosti bruma, kateri je bil zajet s piezo kablom v laboratoriju. Govorni signal smo predvajali z zvočniki. Posnetki so nastali z različno nastavitvijo glasnosti predvajanja govornega signala 0 dB / -6 dB, ter z različno bitno globino snemanja: 16 bit / 24 bit, kar je razvidno iz imena datotek.

Datoteke:

```
piezo_24bit_0dB.wav
piezo_16bit_0dB.wav
piezo_24bit_-6dB.wav
piezo_16bit_-6dB.wav
```

Vprašanja:


Vaja 3: Prostorski zvok

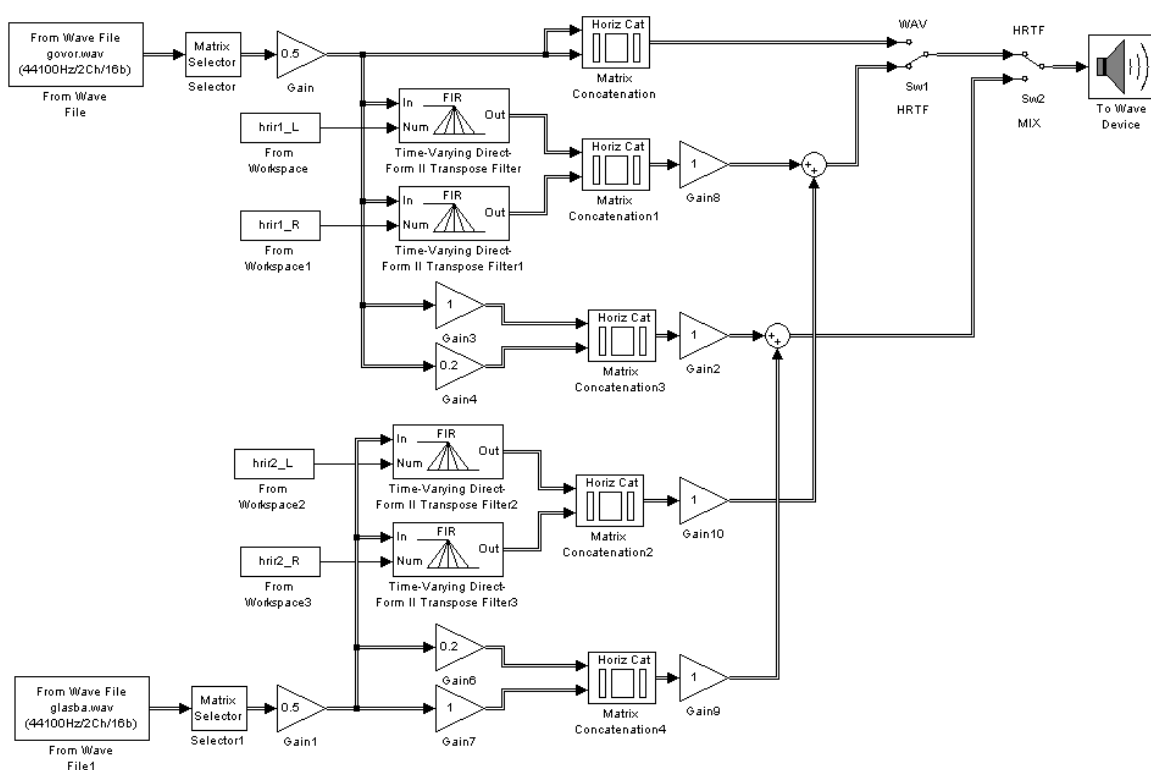
Naloga



S programom MatLab in pripravljenimi modeli simulirajte prostorski zvok z osnovnim modelom in naprednejšim, interaktivnim modelom.

Potek laboratorijske vaje

S pomočjo programa MatLab in HRTF (Head Related Transfer Function) podatkovne zbirke »LISTEN« (<http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/index.html>) bomo simulirali postavitev vira zvoka v prostoru.

Poženite program MatLab (ikonica ). Hkrati predvajamo dva posnetka in za vsakega izberemo zeleno pozicijo okrog glave. Odprite Simulink model z ukazom `hrtf`. Pred zagonom simulacije je potrebno še prebrati HRTF oziroma HRIR (Head Related Impulse Response) podatke v delovno področje (workspace) programa MatLab. Za to imamo pripravljeno M-funkcijo `hrtf_d.m`. Na spodnji sliki je prikazan model:

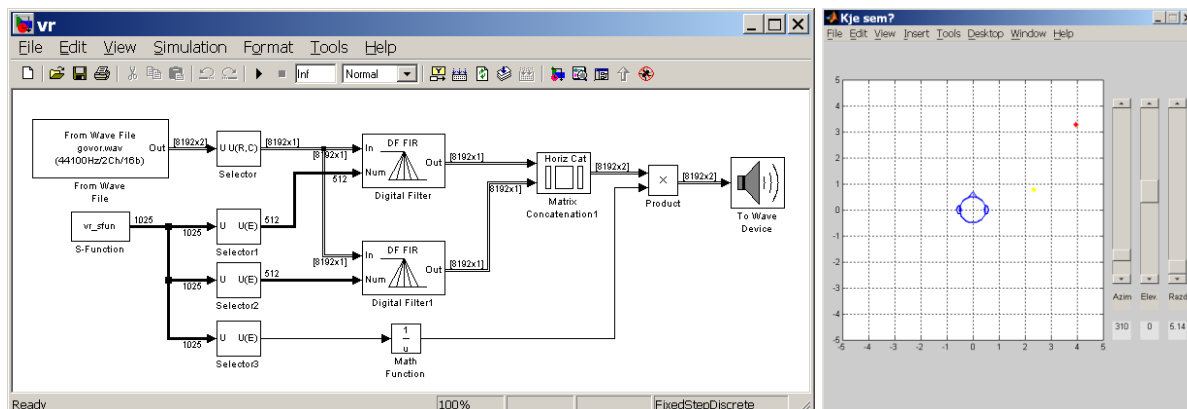


Simulacijo poženemo s tipko  in ustavimo s tipko . Avdio posnetek (`govor.wav` in `glasba.wav`) beremo s trdega diska računalnika, filtriramo z ustreznim HRIR in predvajamo v realnem času preko zvočne kartice. Za poslušanje uporabimo slušalke. Ker ima vsak človek individualno HRTF bo lahko vsakdo dojemal smer zvoka malo drugače in tudi bolj ali manj izrazito.

V modelu sta dve stikali s katerima izberemo posnetek brez dodatnega filtriranja (`Sw1`: WAV, `Sw2`: HRTF), lahko nastavimo le amplitudo zvoka posebej za L in D kanal v položaju (`Sw2`: MIX) – podobno kot na mešalni mizi, lahko pa uporabimo filtriranje posnetkov s HRTF v položajih stikal (`Sw1`: HRTF, `Sw2`: HRTF). Če spremenimo ustrezno spremenljivki `ch1` (za govor) in `ch2` (za glasbo) lahko spremenimo položaj tega vira v »navideznem prostoru« okrog glave. Preizkusite lahko tudi drugačne HRTF: <http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/sounds.html>. Testni posnetki se nahajajo tudi na trdem disku računalnika. Če vam bolj »ustreza« drugačna HRTF ustrezno spremenite številko v imenu datoteke iz katere MatLab bere podatke (6. vrstica v datoteki `hrtf_d.m`).

Spekter HRTF in HRIR se lahko prikaže z M-funkcijo `hrtf90.m`.

Položaj vira zvoka okrog glave lahko spreminjamo tudi interaktivno s klikom miške. Z M-funkcijo `hrtf_d_vr.m` nastavite vse potrebne parametre za simulacijo.



Če simulacija ne teče gladko (prihaja do prekinjanja predvajanja posnetkov) povečajte število vzorcev, ki jih Matlab Simulink obdeluje v enem okvirju (frame).

Vprašanja:

- Zakaj je pri vaji potrebno uporabiti slušalke? Kakšna težava nastane pri uporabi zvočnikov?
- Zakaj se predvajanje prekinja, če je nastavljeno premajhno število vzorcev, ki jih Simulink obdeluje v enem okvirju (frame)?
- Kako bi izmerili HRTF?

Vaja 4: Nelinearna popačenja

Naloga

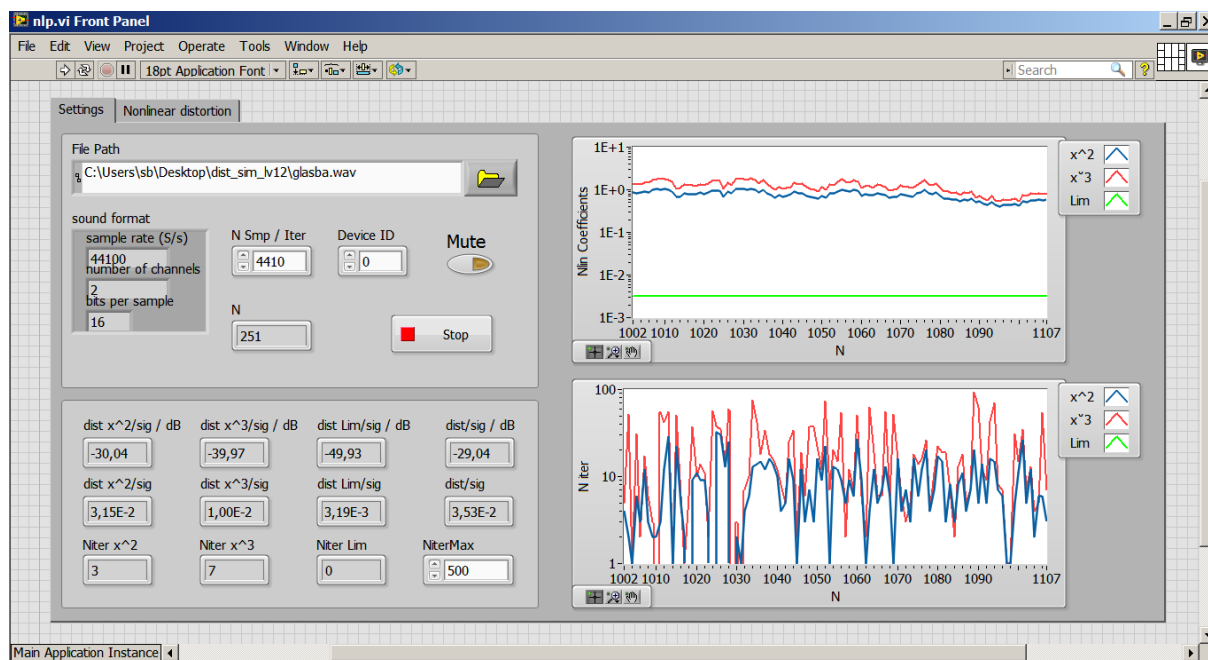
S programom LabView simulirajte nelinearna popačenja avdio signala in ugotovite pri kolikšnem nelinearnem popačenju ga lahko zaznate.

Določite harmonsko in intermodulacijsko popačenje zvočne kartice – ADC in DAC pretvornika skupaj.

Potek laboratorijske vaje

Simulacija nelinearnega popačenja.

Na računalniku odprite `nlp.vi` s programom LabView:



V oknu **File Path** na zavihku **Settings** izberete datoteko s posnetkom za simulacijo harmonskega popačenja. Program simulira harmonsko popačenje tako, da posnetek popači s pomočjo nelinearne funkcije. Uporablja se tri različne nelinearnosti, katere se lahko med seboj kombinira. V programu so označene na grafih in drsnikih z različnimi barvami.

$$\begin{aligned}
 y_1 &= k_1 x^2 & (1) & \text{zelená} & \text{kvadratična nelinearnost} \\
 y_2 &= k_2 x^3 & (2) & \text{oranžna} & \text{kubna nelinearnost} \\
 y_3 &= k_3 \frac{x}{|x|} (1 - e^{-x^2/|x|}) & (3) & \text{rumena} & \text{'mehko' rezanje signala}
 \end{aligned}$$

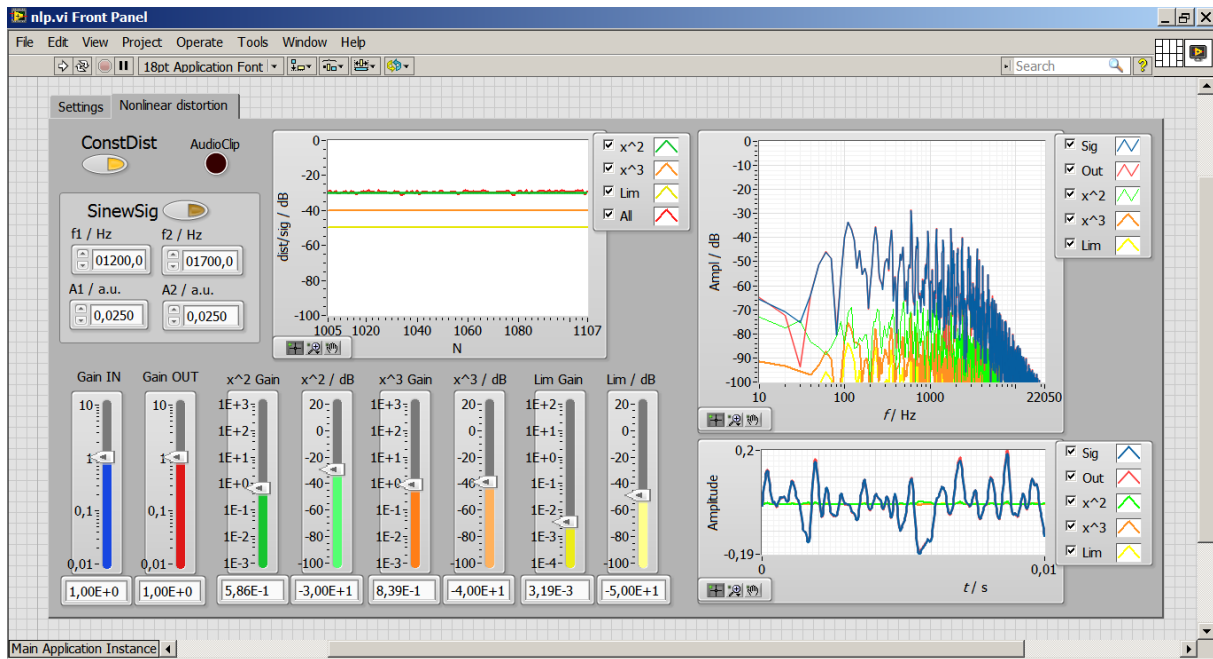
Izhodni signal I_{zh} je odvisen od vhodnega x :

$$x = a_1 \cdot Vh \quad (4)$$

$$I_{zh} = b_1 \cdot (y_1 + y_2 + y_3) \quad (5)$$

Nelinearno popačenje se izračuna kot razmerje med efektivno vrednostjo signala nelinearnega popačenja in efektivno vrednostjo nepopačenega signala. Razmerja so izražena tudi v dB. Simulacija poteka v dveh načinih: s konstantnim faktorjem ojačanja pri nelinearnosti (k_1, k_2, k_3) in s konstantnim popačenjem, kar se izbere s tipko `ConstDist` na zavihku **Nonlinear Distortion**. V primeru konstantnega popačenja, se koeficiente (k_1, k_2, k_3) avtomatsko prilagaja amplitudi vhodnega signala med simulacijo. Simulacija lahko poteka z izbranim posnetkom ali pa s sinusnim signalom, če se vključi stikalo `SinewSig`. Funkcije drsnikov:

$$\begin{aligned}
 \text{Gain In} & \dots a_1 & x^2 \text{ Gain} & \dots k_1 & x^3 \text{ Gain} & \dots k_2 \\
 \text{Lim Gain} & \dots k_3 & \text{Gain Out} & \dots a_2 & &
 \end{aligned}$$



Program za simulacijo poženete s tipko  in ustavite s tipko  ali tipko **Stop**.

Ugotovite kolikšno popačenje lahko zaznate pri različnih avdio signalih (sinusni signal, glasba, govor) za vse tri nelinearnosti. Tu ne upoštevamo nelinearnosti slušalk, prav tako je od vrste nelinearnosti odvisno ali jo človek že zazna, čeprav je izmerjena vrednost nelinearnega popačenja enaka!


Posnetki se nahajajo v:

C:\akustika\govor.wav

C:\akustika\glasba.wav

Nelinearno harmonsko popačenje AD in DA pretvornika skupaj (!) zvočne kartice EMU 0404 ocenimo tako, da izhod zvočne kartice priključimo na vhod, generiramo sinusni signal z DA pretvornikom zvočne kartice in opazujemo spekter iz AD pretvornika.

»LINE-OUT« izhod zvočne kartice EMU 0404 priključite na »LINE-IN« vhod zvočne kartice. Preverite nastavitve ojačanja zvočne kartice, tako da signal na vhodu ne bo presegel maksimalne vrednosti.

Na računalniku poženite program **Spectrum Laboratory** (ikonica ). V meniju **File** in podmeniju **Load settings from ...** odprite datoteko z imenom `thd_emu.usr`. S tem nastavite vse parametre programa tako, da lahko opazujete spekter signala iz AD pretvornika zvočne kartice, zvočno kartico pa uporabljate kot vir signala. Analizo signala poženete v meniju **Start/Stop**, podmeni **Start Sound Thread**.

Vprašanja:

- Kolikšno mora biti popačenje, da ga slišite? Preizkusite s sinusnim signalom, glasbo in govorom.

Nelinearnost	Sinus	Glasba	Govor
X ²	_____	_____	_____
X ³	_____	_____	_____
Lim	_____	_____	_____

- Kolikšno je nelinearno harmonsko popačenje AD in DA pretvornika skupaj zvočne kartice EMU 0404?

HD = _____ dB

- Kolikšno je skupno intermodulacijsko popačenje AD in DA pretvornika zvočne kartice EMU 0404 pri frekvenci signalov 8 kHz in 200 Hz?

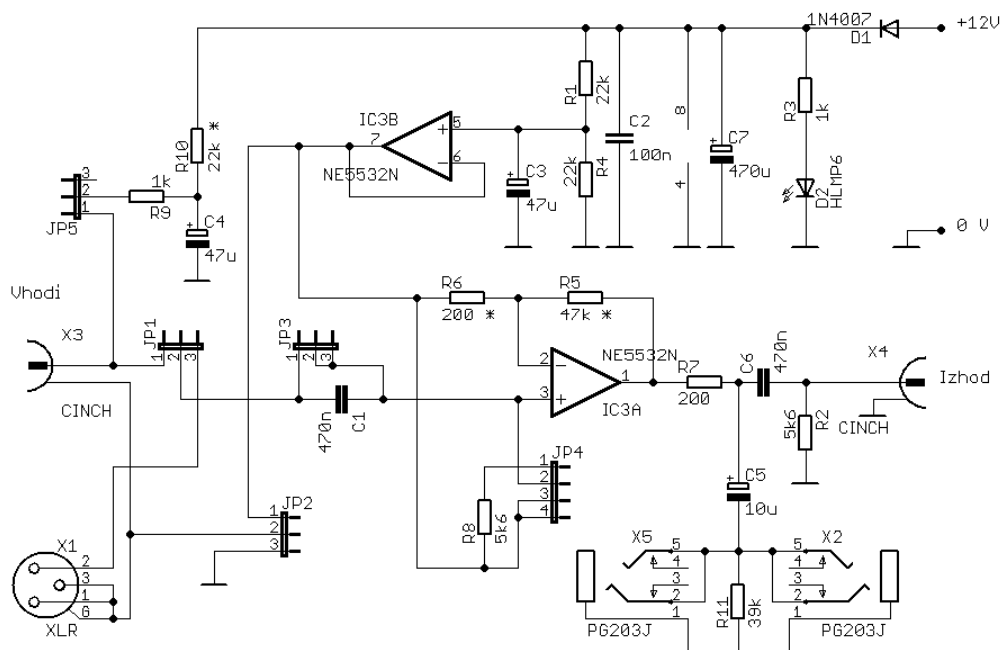
IMD = _____ dB

Vaja 5: Nizkofrekvenčni ojačevalnik

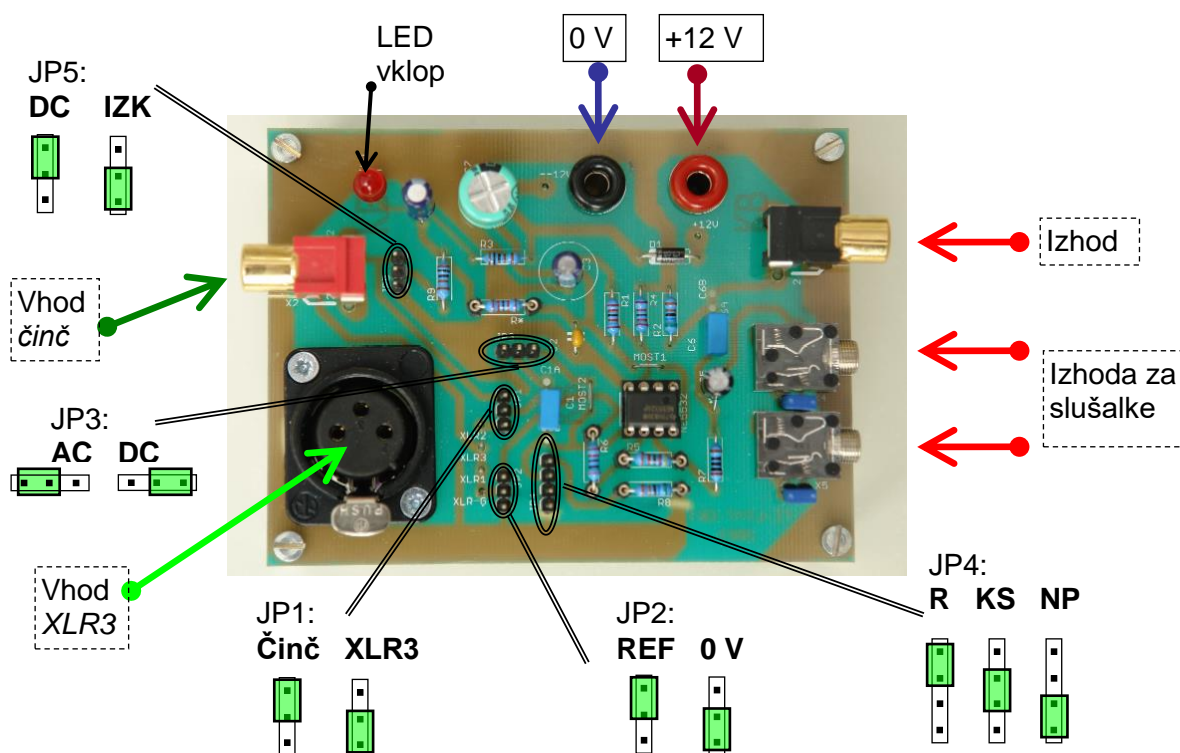
Naloga

Izmerite šum ojačevalnika za elektret kondenzatorski mikrofons. Posnemite kratek posnetek z mikrofonom. Posnetek uredite in shranite v nestisnjeni - nekompresirani obliki (npr. format wav) in stisnjeni - kompresirani obliki (format mp3, ogg, ...). Primerjajte posnetke z različno kakovostjo kompresije. Spremenite frekvenco vzorčenja posnetkov.

Opis ojačevalnika



Slika 1: Električna shema ojačevalnika



Slika 2: Fotografija ploščice ojačevalnika

Na sliki 2 je prikazana fotografija ploščice ojačevalnika. Nazivna napajalna napetost je 12 V. Dioda na pozitivni sponki napajanja služi kot zaščita pred napačno polariteto napajanja. Ojačevalnik ima dva vhoda: s »činč« in XLR3 konektorjem. Na činč vhodu se lahko vključi DC napetost s kratkostičnikom JP5, ko se uporablja elektret kondenzatorski mikrofonski mikrofon.

Funkcije kratkostičnikov:

JP1: Izbiranje vhoda ojačevalnika: z enosmerno prednapetostjo (*Vhod činč mikrofonski*) in brez (*Vhod činč in XLR3*)

JP2: Izbira referenčne napetosti za vhod: (*REF:* polovična napajalna napetost) ali (*0V*).

JP3: Spojitev vhoda ojačevalnika (*AC:* preko kondenzatorja 470 nF, *DC:* enosmerna spojitev)


JP4: Priključitev vhoda ojačevalnika (*KS:* vhod v kratkem stiku, *R:* R8 priključen vzporedno vhodu, *NP:* ni priključeno)

JP5: DC napetost na činč konektorju (*DC:* vključena, *IZK:* izključena).

**Pozor: kratkostičnike nastavite tako, da na vhodu ne bo enosmerne napetosti, ko se uporablja dinamični mikrofonski mikrofon ter da bo vhod operacijskega ojačevalnika na potencialu referenčne napetosti.*

Potek vaje


Priključite in preverite napajanje ojačevalnika. Priključite izhod ojačevalnika na »Line« vhod zvočne kartice. Preverite nastavitve mešalne mize in potenciometrov na zvočni kartici – ojačanje naj bo nastavljeno tako, da signal na vhodu ne bo presegel maksimalne vrednosti. Rdeča led dioda na zvočni kartici se ne sme prižgati!

Na računalniku poženite program **Spectrum Laboratory** (ikonica ). V meniju File in podmeniju Load settings from ... odprite datoteko z imenom ACVm_48k.usr. S tem nastavite vse parametre programa tako, da lahko opazujete spekter tega signala in signal v časovnem prostoru, program pa izračuna efektivno amplitudo vhodnega signala in največjo amplitudo na spektru izraženo v dB. Aktiven je tudi generator signala (1 kHz, -20dBFS). Analizo signala poženete/ustavite v meniju Start/Stop, podmeni Start Sound Thread / Stop Sound Thread.

Izmerite napetost šuma ojačevalnika brez priključenega mikrofona. Odklopite napajanje in ponovno izmerite napetost. Kaj opazite?

Na vhod priključite elektret kondenzatorski mikrofonski mikrofon ali dinamični mikrofonski mikrofon* na tiskanem vezju ojačevalnika. Šum ojačevalnika se lahko izračuna s tabelo v Excel-u: op_sum.xls.

Avdio signal bomo snemali s programom **Audacity**, ki omogoča tudi predvajanje in urejanje posnetkov.

Program poženemo z dvojnimi klikom na ikono . Posnemite nekaj posnetkov z različnimi frekvencami vzorčenja. Uporabite signal z radija in/ali mikrofona. Posneti signal lahko potem opazujete s programom **Spectrum Laboratory**, tako da odprete posnetek s tem programom, lahko pa predvajate posnetek s poljubnim programom za predvajanje avdio datotek, izhod zvočne kartice pa z ustreznim kablom priključite na vhod, kot je bilo opisano že v prejšnjih vajah.

S Programom **Audacity** posnemite še nekaj posnetkov (uporabite lahko posnetke tudi iz prejšnje vaje) ali posnetke na disku računalnika v direktoriju c:\akustika\wav. Snemajte s frekvenco vzorčenja 48 kHz. Nato spremenite posnetkom frekvenco vzorčenja (zmanjšajte na 44.1 kHz, 24 kHz, 16 kHz ...) in opazujte spekter prevzorčenega signala, ocenite katera frekvenca vzorčenja je še primerna za snemanje govora. Frekvenco vzorčenja v programu Audacity spremenite tako, da spremenite frekvenco vzorčenja »Project rate (Hz)«, potem pa z »File/Export« shranite posnetek v *.wav format.

Posnete datoteke pretvorite v format mp3 ali ogg. Uporabite različne bitne hitrosti oz. nastavitve kvalitete pri kompresiji. Na disku računalnik je tudi več *.mp3 datotek z različnimi bitnimi hitrostmi. Primerjajte kvaliteto in velikost datoteke. S poslušanjem primerjajte kvaliteto kompresiranih posnetkov. Pri predvajanju lahko opazujete spekter posnetka s programom **Spectrum Laboratory** tako, da povežete izhod zvočne kartice na vhod.

Motnje (brum) se lahko inducirajo tudi v sami tuljavici dinamičnega mikrofona! Preverite lahko tako, da mikrofonski mikrofon obračate (približate, oddaljite od vira AC magnetnega polja: transformator, energetski kabel)

Vprašanja

- Izmerite napetost šuma ojačevalnika brez priključenega mikrofona. Odklopite napajanje in ponovno izmerite napetost. Kaj opazite?

 - Ocenite razmerja signal / šum posnetih signalov z mikrofonom?

 - Kakšno pa je razmerja signal / šum same zvočne kartice (brez priključenega kabla)? Lahko uporabite program SpectrumLab – prikaz v časovnem prostoru ali program REW – Room Equalization Wizard.

 - Kakšno je teoretično najboljšo možno razmerje signal/šum posnetka, če je bitna globina zvočne kartice 24 bitov?

 - Ali bi lahko uporabili namesto mikrofona kar slušalke (K141)?

 - Ocenite kakšna frekvenca vzorčenja je primerna za snemanje govora.
-

Vaja 6: Ugotavljanje slušnega praga

Naloga

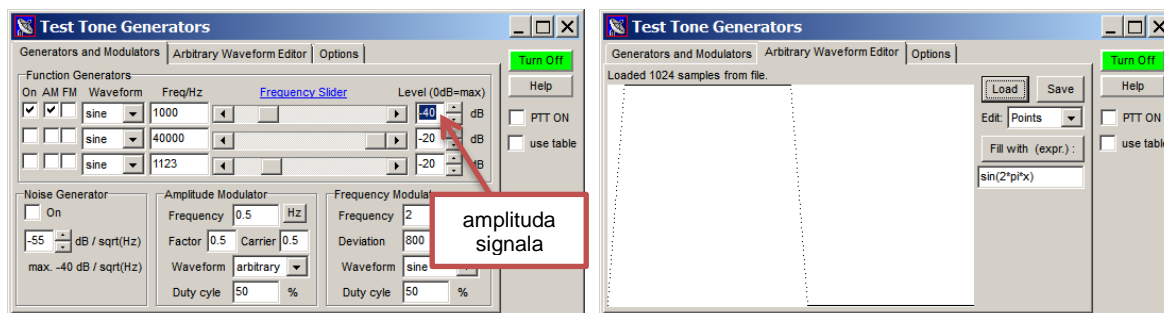
Ocenite slušni prag pri nekaj različnih frekvencah. Uporabite proizvajalčeve podatke o občutljivosti slušalk in zvočne kartice oz. podatke iz prve laboratorijske vaje.

Slušalke niso namenjene avdiometriji in tudi niso kalibrirane, zato rezultati ne morejo nadomestiti pravih meritev pri avdiologu! Nivo zvočnega tlaka pri 8 urni izpostavljenosti naj bi bil manjši od 85 dB, da ne pride do poškodb sluha. Pri povečani amplitudi za 3 dB se čas razpolovi! Pred priključitvijo slušalk vedno s potenciometrom na zvočni kartici zmanjšajte amplitudo na najmanjšo vrednost!

Potek laboratorijske vaje

Pri tej vaji bomo ocenili slušni prag pri nekaj različnih frekvencah. Uporabili bomo kar studijske monitor slušalke AKG K141, kakršne uporabljamo pri drugih vajah. Meritev bi bilo potrebno izvesti v gluhi sobi, vendar bomo zaradi praktičnosti izvedli meritve v laboratoriju.

Slušni prag določite tako, da nastavljate amplitudo predvajanega zvoka s potenciometrom na zvočni kartici ali z nastavljanjem amplitude generatorja signala (kolešček!). V meniju File programa **Spectrum Laboratory** in podmeniju Load settings from ... odprite datoteko z imenom K141_SPL_gen_48k.usr. S tem nastavite vse parametre programa tako, da lahko opazujete spekter signala, program pa izračuna amplitudo signala in jo pretvori v amplitudo zvoka predvajanega s slušalkami izraženo v dB glede na referenčni nivo 20 μ Pa (tudi na prikazanem spektru). Aktiven je generator signala, Vključena mora biti amplitudna modulacija predvajanega signala trapezne oblike.

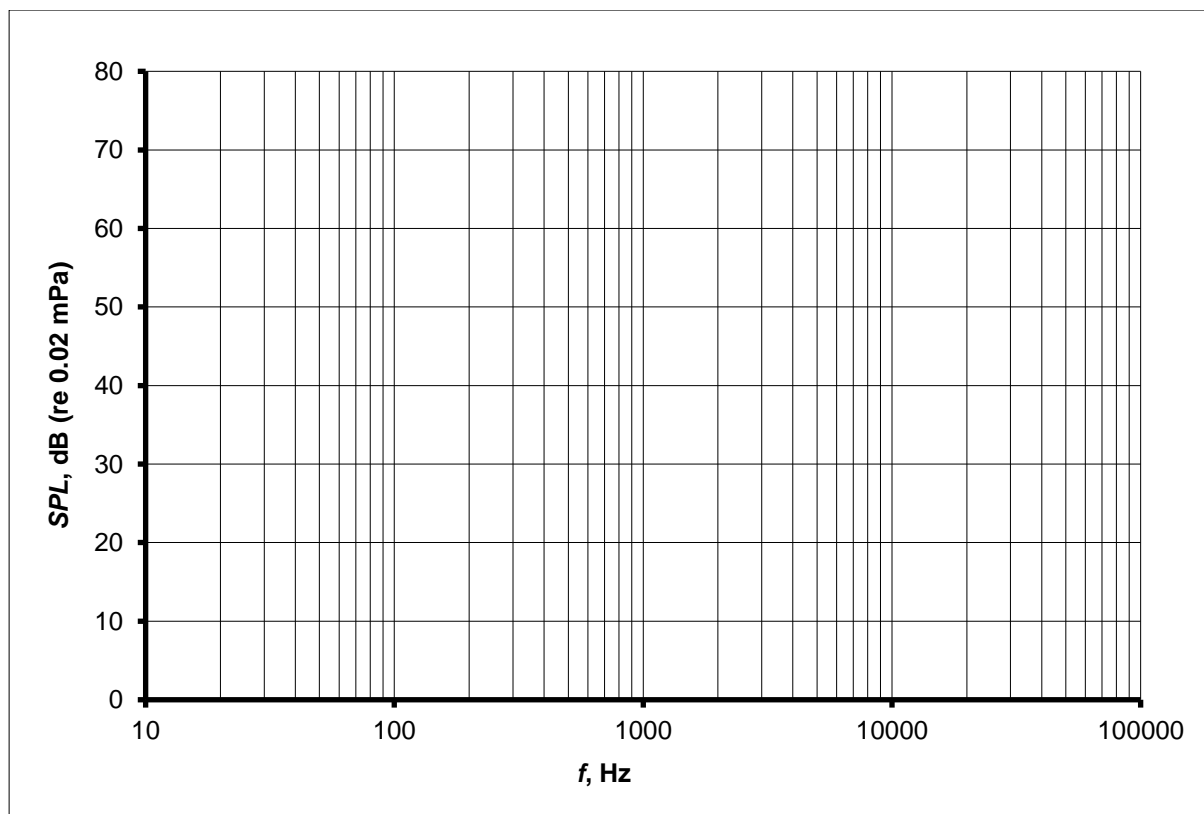


Slika1: Nastavitve generatorja (levo) in signal za amplitudno modulacijo (desno)

Vprašanja:

- Zakaj prihaja do razlike v predvajanem nivoju zvočnega tlaka v slušalkah, ko jih priključimo na zvočno kartico na izhod za slušalke in linijski izhod? Pred tem nastavimo enaki amplitudi električne napetosti na obeh izhodih (vaja 1)?
- Kolikšno spremembo amplitude zvoka še lahko zaznamo? (Izmerite s pomočjo programa Spectrum Lab). Ali je odvisna od frekvence?
- Izmerite amplitudo hrupa v laboratoriju. Je primerna za slušne teste? Kaj bi bilo potrebno storiti, da bi lahko izvajali teste v takšnem okolju?

- V spodnji graf označite slušni prag za L in D uho.



- Kako vpliva na vaš sluh kapa na glavi?
- Kako bi lahko izmerili in upoštevali frekvenčno karakteristiko slušalk?
- Zakaj uporabimo trapezno obliko signala za modulacijo? Kaj bi se zgodilo (kakšen je zvok) če bi uporabili pravokotno obliko signala za amplitudno modulacijo pri ocenjevanju slušnega praga?

Vaja 7: Merjenje zvočnega tlaka

Naloga

Ocenite amplitudo zvoka s poenostavljenim fonometrom in mikrofonom priključenim na zvočno kartico. Kolikšen zvočni tlak ima žvižg (govor) na razdalji 1 m in 25 cm?

Potek laboratorijske vaje

Dinamični mikrofoni Audiotechnica Pro 41 priključimo na L vhod zvočne kartice. Ojačanje na zvočni kartici in nastavitve prikaza spektra v programu Spectrum Lab lahko nastavimo tako, da neposredno odčitamo na grafu nivo zvočnega tlaka (SPL) v dB (izračun je v nadaljevanju).

Na spodnji sliki so prikazani tehnični podatki za mikrofoni Audiotechnica Pro 41:

PRO 41 CARDIOID DYNAMIC MICROPHONE



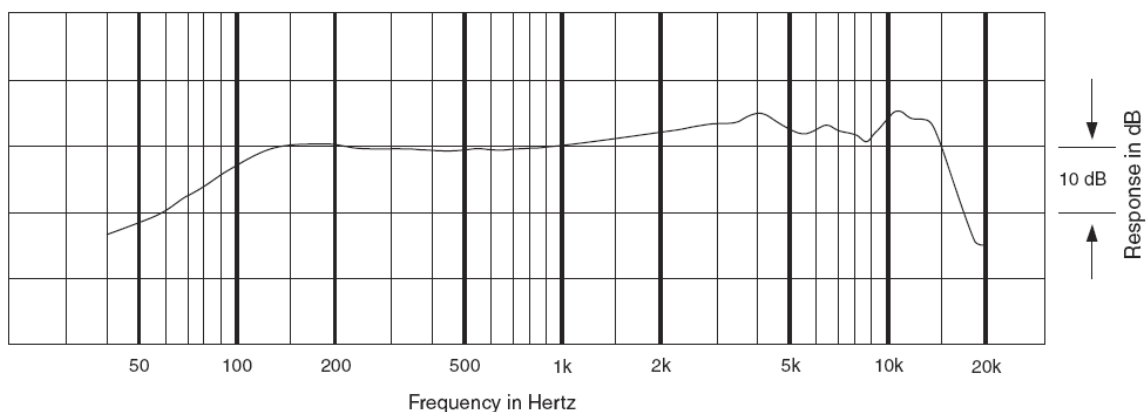
- Provides natural, full-range vocal reproduction
- Silent on-off operation thanks to MagnaLock™ switch design
- Hi-ENERGY® neodymium magnet for improved output and transient response
- Two-stage ball-type screen reduces wind noise and “popping” during close use

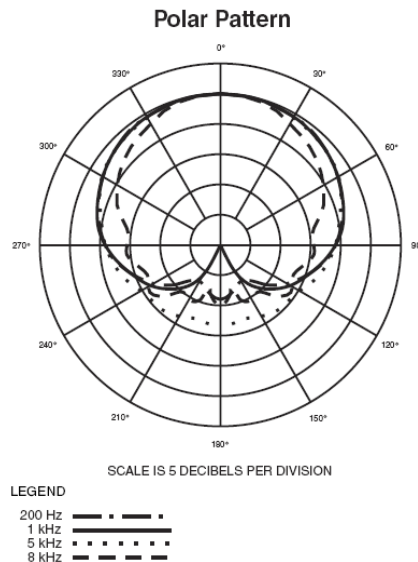
PRO 41 SPECIFICATIONS†

ELEMENT	Dynamic
POLAR PATTERN	Cardioid
FREQUENCY RESPONSE	90-16,000 Hz
OPEN CIRCUIT SENSITIVITY	-55 dB (1.7 mV) re 1V at 1 Pa*
IMPEDANCE	300 ohms
SWITCH	MagnaLock™ on/off
WEIGHT (less cable and accessories)	10.7 oz (304 g)
DIMENSIONS	7.28" (185.0 mm) long, 2.09" (53.1 mm) head diameter
OUTPUT CONNECTOR	Integral 3-pin XLRM-type
CABLE	15.0' (4.5 m) cable with XLRM-type connector at microphone end, XLRM-type connector at equipment end
ACCESSORIES FURNISHED	AT8470 Quiet-Flex™ stand clamp for 3/8"-27 threaded stands; 3/8"-27 to 3/8"-16 threaded adapter; soft protective pouch

†In the interest of standards development, A.T.U.S. offers full details on its test methods to other industry professionals on request.
*1 Pascal = 10 dynes/cm² = 10 microbars = 94 dB SPL
Specifications are subject to change without notice.

Frequency Response





Upoštevajmo občutljivost mikrofona, zvočne kartice in izračunajmo kako je potrebno nastaviti program Spectrum Lab, da bomo lahko odčitali SPL kar v dB.

Občutljivost mikrofona je -55 dB glede na 1 V:

$$1 \text{ V} * 10^{(-55 / 20)} = 1 \text{ V} * 0.001778 = 1.8 \text{ mV} \quad (\text{električni signal mikrofona pri 94 dB SPL})$$

-55 dB pri 1 V in 1 Pa

1.8 mV pri 1 Pa

1.8 mV pri 94 dB SPL

0 dB 20 μ Pa

$$20 * \log_{10}(1 \text{ Pa} / 20 \mu\text{Pa}) = 20 * \log_{10}(50000) = 93.98 \text{ dB} \quad (94 \text{ dB SPL ustreza 1 Pa})$$

Zvočna kartica

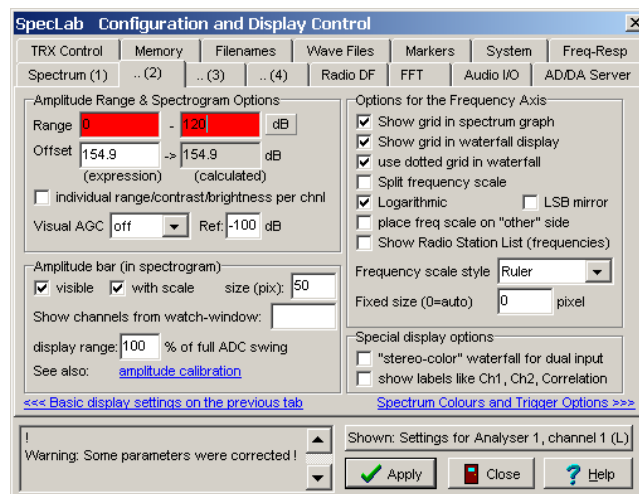
0 dBFS 2 Vrms

minimalno ojačanje, XLR vhod, podatki proizvajalca

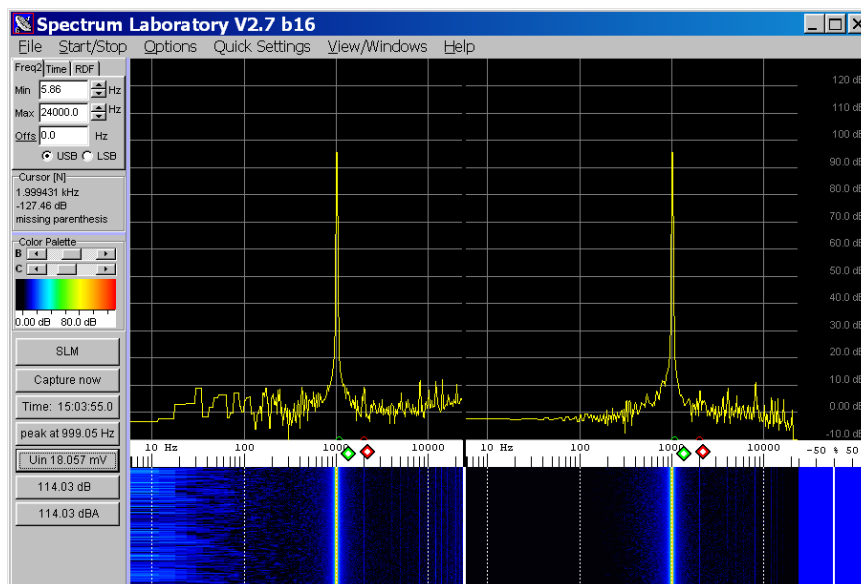
Upoštevamo občutljivost mikrofona (1.8 mV) in največjo dovoljeno amplitudo na vhodu zvočne kartice (0 dBFS), ki znaša 2 Vrms: $20 * \log_{10}(1.8 \text{ mV} / 2 \text{ V}) = -60.9 \text{ dB}$

-60.9 dBFS na spektru tako ustreza 94 dB SPL

Če nastavimo $94 \text{ dB} + 60.9 \text{ dB} = 154.9 \text{ dB}$ premika amplitudne skale v programu Spectrum Lab, lahko odčitamo amplitudo na spektru kar v dB SPL.




Spectrum Lab lahko z ustreznimi nastavitvami deluje kot fonometer s prikazom amplitude električnega signala, nivojem zvočnega tlaka brez in z "A" frekvenčno utežitvijo. Vse izračunane vrednosti so prikazane hkrati in v realnem času. Ustrezne nastavitve za mikrofonski Audiotechnica Pro 41 so shranjene v datoteki `SoundLevelMeterAtPro41.usr`.



Nastavitve filtra so shranjene v datoteki `Afilter.frs`. Program ne upošteva frekvenčne karakteristike mikrofona.

Vprašanja:

- Naštejte nekaj virov infrazvoka in ultrazvoka.
- Kje se uporablja ultrazvok?
- Kako bi upoštevali frekvenčno karakteristiko uporabljenega mikrofona?
- Kolikšen zvočni tlak ima žvižg (govor) na razdalji 1 m? Kaj pa na razdalji 25 cm? Izmerite.
- Ocenite lastni šum dinamičnega mikrofona in ga izrazite v dB SPL. 

Viri:

- Anton Jeglič, Dušan Fefer: Osnove akustike, Akademsko založba Ljubljana, 1991
Anton Jeglič, Dušan Fefer: Elektroakustika, Akademsko založba Ljubljana, 1992
Samo Beguš: Vpliv hrupa na človeka, seminar, 2002
Using The Low Cost, High Performance ADSP-21065L Digital Signal Processor For Digital Audio Applications Dan Ledger and John Tomarakos DSP Applications Group, Analog Devices, Norwood, MA 02062, USA
Matjaž Mihelj, Domen Novak, Samo Beguš, Virtual Reality Technology and Applications, Springer, izdane 2013.
Ivančević, Bojan (2007). Elektroakustika. Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, 3rd edition. ISBN 978-953-184-118-4.
Measuring sound p, Brüel & Kjær
Introduction to acoustics, Brüel & Kjær
Environmental noise parameters And Terminology, Brüel & Kjær
Dennis A. Bohn, Environmental Effects on the Speed of Sound, J. Audio Eng. Soc., Vol. 36, No. 4, 1988 April.
NE5532, <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/ne5532.html>
OPA2604, <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/opa2604.html>
TL082, <http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tl084.pdf>
<http://www.cs.cf.ac.uk/Dave/Multimedia/node268.html>
http://wiki.hydrogenaudio.org/images/8/87/Layer3_block.png
<http://inst.eecs.berkeley.edu/~n247/sp07/lectures/>
<http://www.mediacollege.com/audio/connection/images/stereojack-2xRCA.jpg>
<http://www.bsecm.com/product/product001.htm>
<http://www.prowave.com.tw/pdf/T400PT16.pdf>
<http://billauer.co.il/peakdet.html>
HRTF in HRIR podatkovne zbirke »LISTEN«
<http://recherche.ircam.fr/equipes/salles/listen/index.html>
<http://lame.sourceforge.net/download/samples/>
<http://xiph.org/vorbis/listen.html>
<http://www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html>
<http://audacity.sourceforge.net/>
<http://www.speex.org/>
<http://www.winamp.com/>
<http://winlame.sourceforge.net/>
<http://members.home.nl/w.speek/speex.htm>
<http://www.mpex.net/software/details/hdogg.html>
http://www.free-codecs.com/download/Winamp_Speex_decoder.htm
<http://lame.sourceforge.net/index.php>
http://www.free-codecs.com/download/Lame_Encoder.htm
<http://www.dors.de/razorlame/index.php>
-