

Mjerni jedinice

dBm - razina snage u odnosu na 1 mW

- $0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$ (prije put upotrijebljeno na tel. liniji s otporom 600Ω)

dBu - za prikaz izlaznih naponskih razina

- $0 \text{ dBu} = 0.775 \text{ V}_\text{ef}$

- odgovara dBm-u samo u slučaju $R=600\Omega$

dBV - $0 \text{ dBV} = 1 \text{ V}_\text{ef}$

- prelazak u dBu je moguć tako da dodamo 2.2 dB i obrnuto

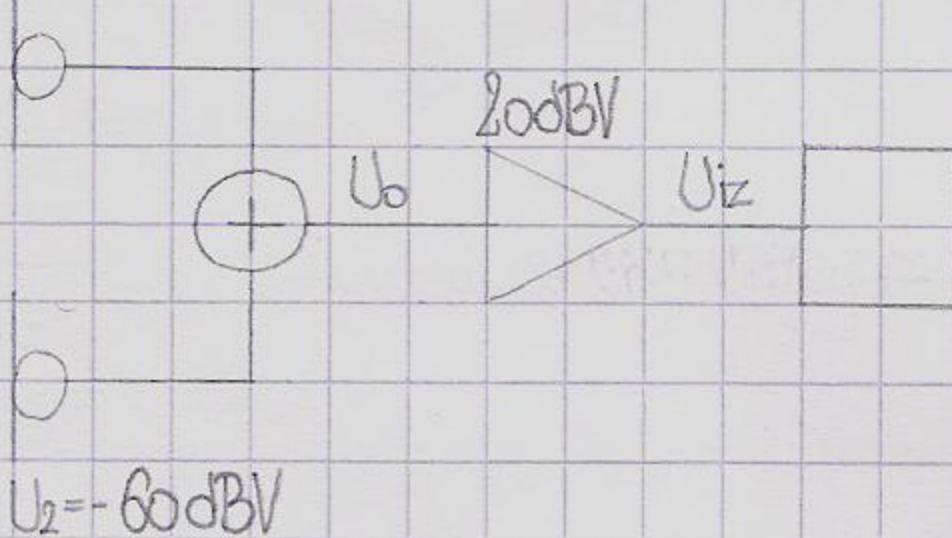
dBv - $0 \text{ dBv} = 0.775 \text{ V}_\text{ef}$ (dBu)

dBW - za prikaz većih snaga

- $0 \text{ dBW} = 1 \text{ W}$

Primjer:

$$U_1 = -40 \text{ dBV}$$



$$U_2 = -60 \text{ dBV}$$

Rješenje:

$$U_1 = -40 \text{ dBV}$$

$$U_2 = -60 \text{ dBV}$$

$$U_o = U_1 + U_2 = 0.011 \text{ V}$$

$$A = \frac{U_z}{U_o}$$

$$-40 \text{ dBV} = 20 \log \frac{U_1}{1 \text{ V}}$$

$$-60 \text{ dBV} = 20 \log \frac{U_2}{1 \text{ V}}$$

$$U_1 = 10^{-2} \text{ V}$$

$$U_2 = 10^{-3} \text{ V}$$

$$20 \text{ dB} = 20 \log \frac{U_z}{U_o}$$

$$U_z = 10 \cdot U_o = 0.11 \text{ V}$$

Signali

Vremenska domena

- efektivna razina signala (RMS) $U_\text{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u(t)^2 dt}$

- ljudsko uho reagira na promjene efektivne vrijednosti

Fourierova analiza

- periodični signal se može rastaviti na sastavne i kosičivne signale

- Fourierov niz za interval $[-\pi, \pi]$ $f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)]$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos(nx) dx, b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin(nx) dx$$

Diskretna Fourierova analiza

$$X(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] e^{-j\omega n}$$

$$\text{fuzorkanija} = \frac{1}{T}$$

$$t = nT$$

- što je veći broj uzoraka rezolucija će biti bolja

Karakteristike signala

Brzina porasta: brzina promjene signala (slew rate), $SR \geq 2\pi f_c T_p$

Uzrokuje tranzistorna izobličenja, određuje f_g signala i uređaja tj. odziv visokih frekvencija

Gustota raspodjele amplituda: učestalost pojavljivanja određene razine amplitude

Vršni faktor: odnos max. i efektivne vrijednosti (crest factor), $CF = \frac{U_{max}}{U_{ef.}}$ (koliko imamo rezerve iznad ef.vrij.)

Spektralna gredota snage: raspodjela snage u ovisnosti o frekvenciji

Izobličenja signala

- svaka neželjena promjena signala uzrokovana "vanjskim i unutrašnjim" faktorima:
- primjenom karakterističnog sustava, kašnjenjem signala, šumom

Linearna izobličenja

- nema generiranja novih frekv. komponenti
- promjena pojačanja ili kašnjenje signala npr.

Pomak u fazi-reaktivne komponente: $\varphi = 2\pi \frac{\Delta T}{T} = 2\pi f \cdot \Delta T$

Mjerenja: - sinusni signali: sweep signal (promjena frekv. generatora s jednocom osmopl.)

Usporedba ulaznog i izlaznog signala

- šum: potrebno usredjivanje
- multitonski signal: s puno sin komponenti

Nelinearna izobličenja

- pojava generiranja novih frekv. komponenti, nastaju zbog nelinearne poveć. karakteristike harmonička:

$$U_{iz} = U_0 + U_0 \sin(\omega t) + U_0^2 \sin^2(\omega t) = U_0 \sin(\omega t) + U_0^2 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(2\omega t) \right)$$

mjerenje:

$$THD = \frac{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots}}{\sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots}} \cdot 100\%$$

neharmonička: (intermodulacijska)

$$\begin{aligned} U_{IZ} &= U_0 + U_0^2 = U_0 [\sin(\omega_1 t) + \sin(\omega_2 t)] + U_0^2 [\sin(\omega_1 t) + \sin(\omega_2 t)]^2 \\ &= U_0 \sin(\omega_1 t) + U_0 \sin(\omega_2 t) + U_0^2 [\sin^2(\omega_1 t) + 2\sin(\omega_1 t)\sin(\omega_2 t) + \sin^2(\omega_2 t)] \\ &= U_0 \sin(\omega_1 t) + U_0 \sin(\omega_2 t) + U_0^2 \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(\omega_1 t) - \cos(\omega_1 + \omega_2)t + \cos(\omega_1 - \omega_2)t + \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos(\omega_2 t) \right] \end{aligned}$$

mjerenje:

$$m = \frac{(U_{f_2+f_1} + U_{f_2-f_1})^2 + (U_{f_2+2f_1} + U_{f_2-2f_1})^2 + (U_{f_2+3f_1} + U_{f_2-3f_1})^2 + \dots}{U_{f_2}}$$

transistorna:

- teško primijetiti (pravok. signal gubi na strmoći)

impulsni signal (dinamički)

- široki spektar

- burat: vrlo kratki slijesni signal

- MLS: pravok. signal kojemu je period stalno mijenja

Šum

muzičasti: energija opada s frekv.

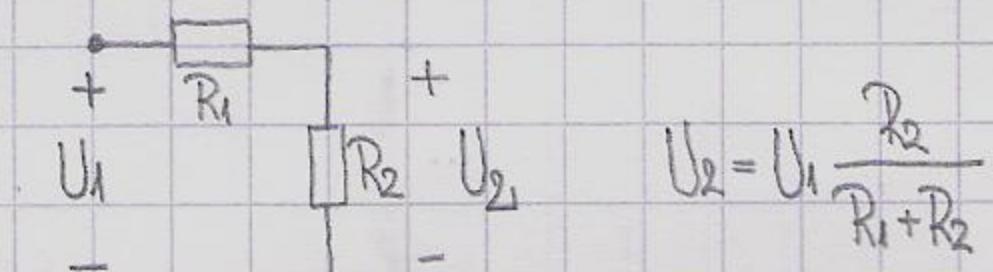
bijeli: jednaka energija na svim frekv.

Osnovni sklopovi

RLC spojeni

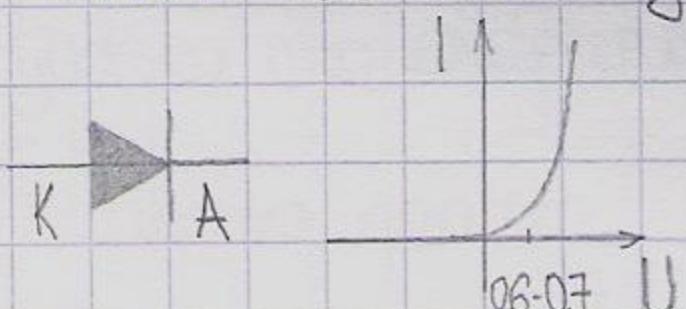
- pasivni elementi, za podešavanje frekv. karakter., filterski spojeni

Naponsko djelilo

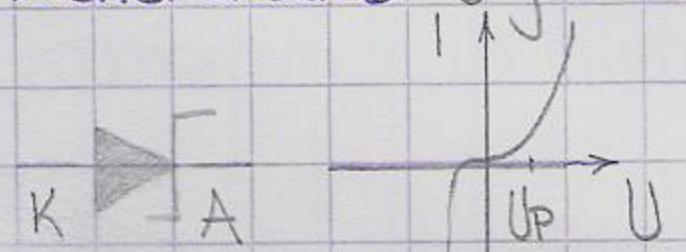


Aktivni elementi (dioda, Zener dioda, tranzistor, operacijsko pojačalo)

Diода - vodi u samo jednom smjeru



Zener dioda - u jednom smjeru vodi kao dioda, u drugom do određenog napona



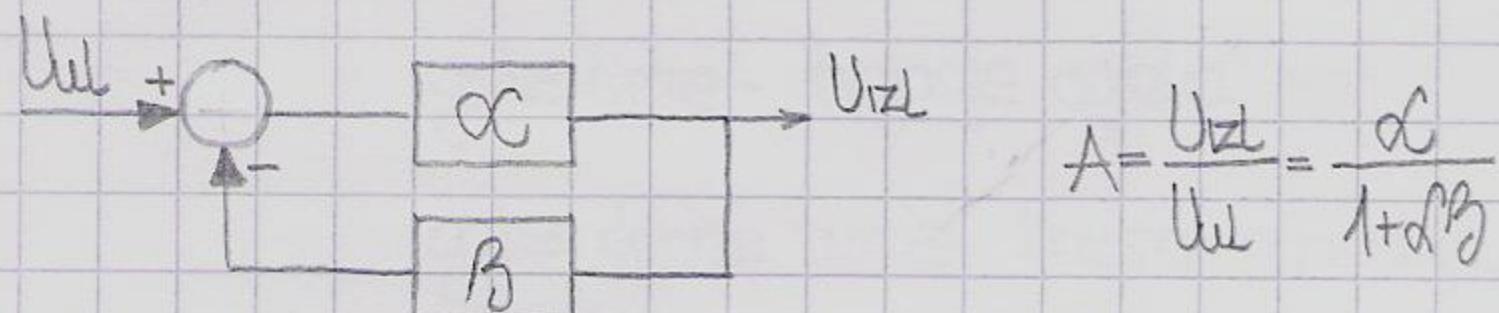
Tranzistor - kao regulator struje izvora napajanja

Predpojačala - pojačavaju signale male razlike na razinu pogodnu za pojačalo snage

Vrste šumova: topinski (ognjišavanje vodiča), šum ugljenih otpornika, šum elektrolitskih kondenzatora, šum tranzistora

Negativna reakcija

Reakcija je dovođenje izlaznog signala na ulaz pojačala, ako ti signali nisu u fazi reakcija je negativna.



$$A = \frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{\alpha C}{1 + \alpha B}$$

- manje pojačanje, moguća neLinearna izoblikovanost, mogući naponi smetnji, šire frekv. područje rada

utjecaj na R_{ul} i R_{iz} : semijaka neg reakc. povećava, a paralelna smisluje R_{ul} i R_{iz}

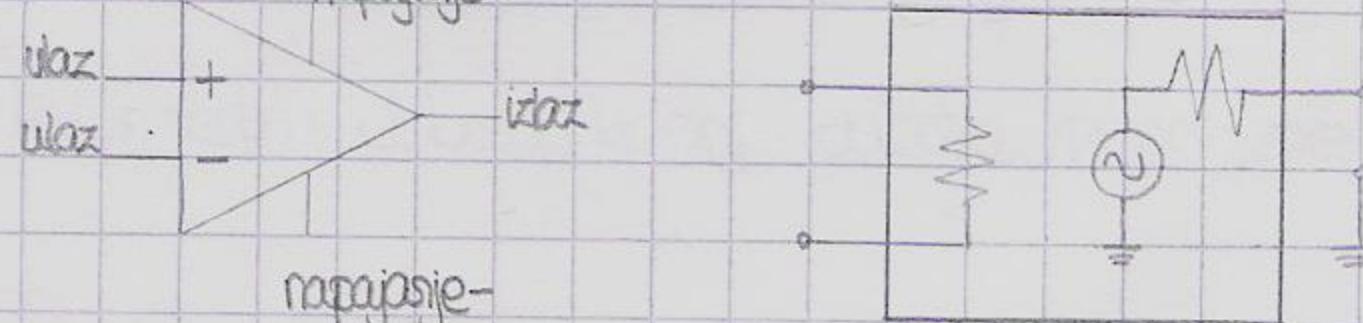
semijaka: R_E , paralelna: otpor između kolektora i baze

Sklopovi predpojačala: sa zajedničkim emiterom, bazom, kolektorom (em. sljedivo), butstrep sklop, diferencijalno pojač.

Operacijska pojačala

- DC, AC pojačala, komparatori, bufferi, oscilatori, AC u DC pretv.

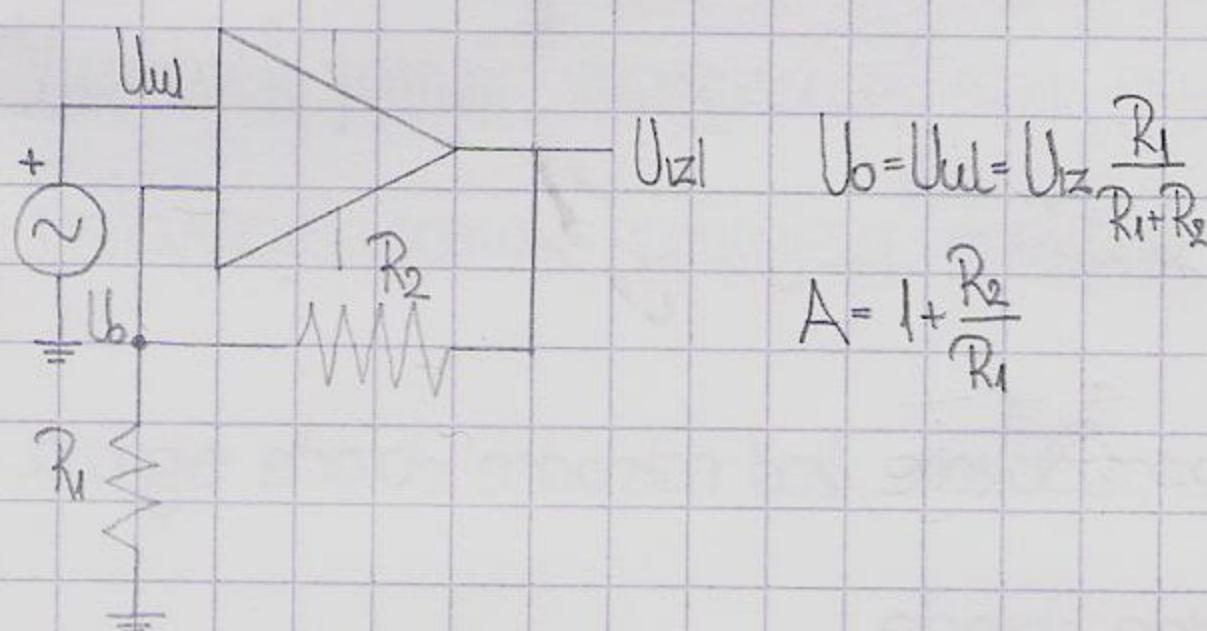
najpoštevajte +



idejno: $R_{ul} = \infty$, $R_{iz} = 0$, $A = \infty$

$U_{iz} = 0$ kada je $U_{in}(+) = U_{in}(-)$, offset = 0

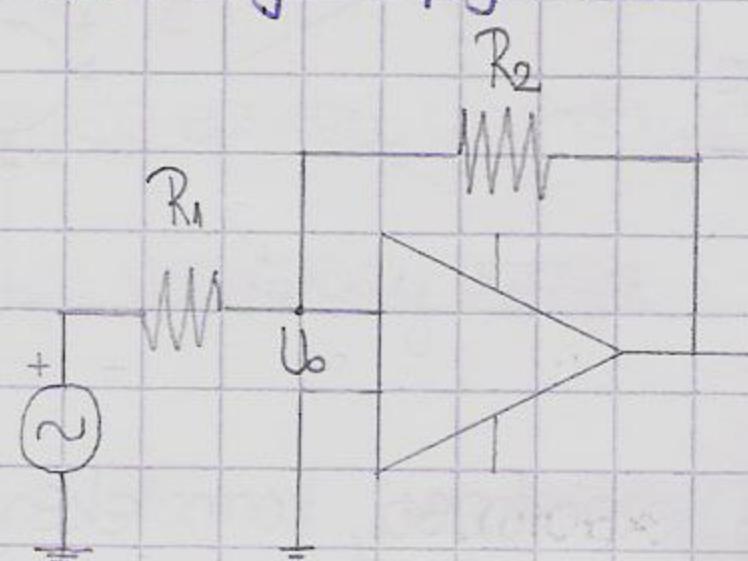
Neinvertirajuće pojačalo



$$U_{out} = U_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

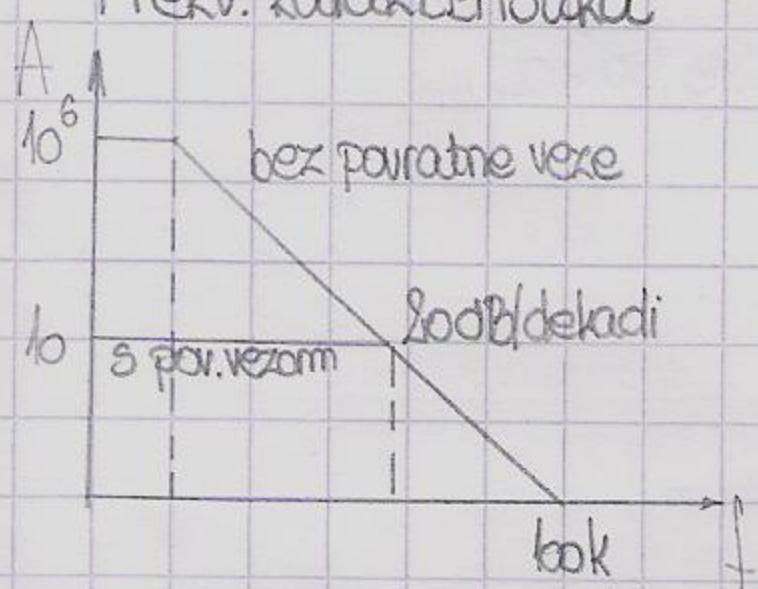
Invertirajuće pojačalo



$$I_{R1} = I_{R2} = \frac{U_{in}}{R_1} = \frac{-U_{out}}{R_2}$$

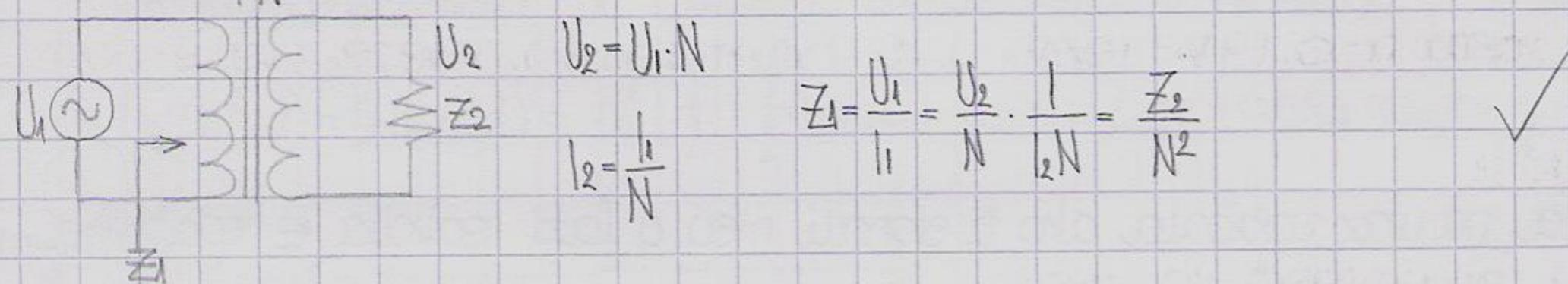
$$A = -\frac{R_2}{R_1}$$

Frekv. karakteristika



Audiotrasformatori

- mikrofonsko predpočalo, optimizira odnos $\frac{S}{N}$, galvanski odvaja signale



- izlaz pojačala snage

Balansiranje i nebalansiranje ulazi i izlazi

Nebalansiranje: standardni jednoživi kabel kod kojeg se šum inducira u žili

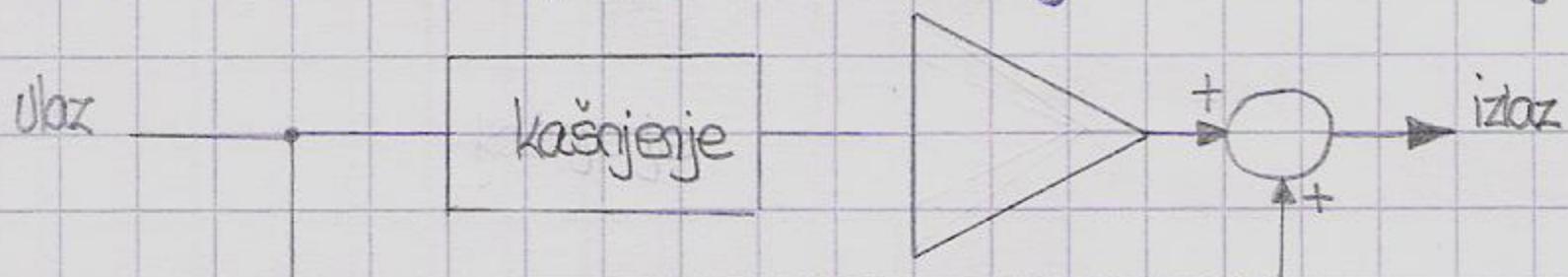
Balansiranje: troživi kabel, prenosi se signal i isti signal zakrenut u fazi, na izlazu difer. pojačalo, šum se poništava, a signali zbrajaju

Obrada signala - efekti

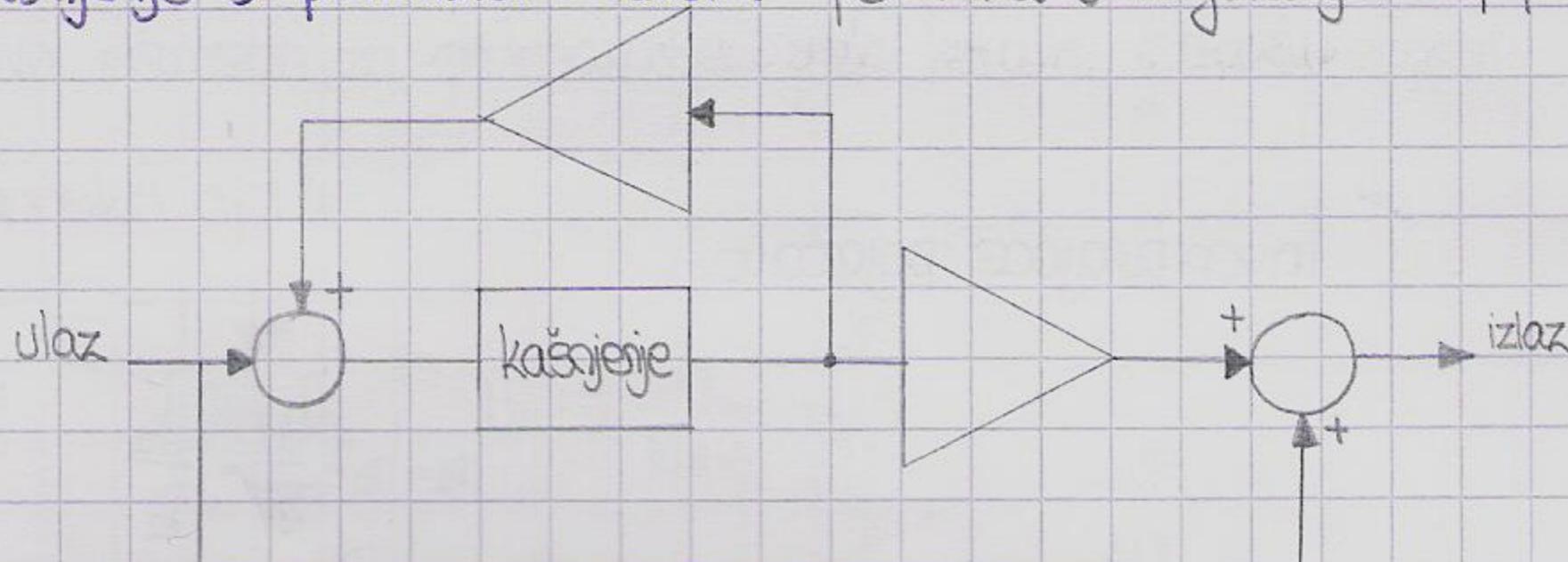
Kašnjenje (delay)

- najjednostavniji efekt, bašta za druge efekte, slapback (nekoliko ms), echo (1s i >)

Jednostavno kašnjenje - echo unedaj, Echo-točno definirano vrijeme kašnjenja



Kašnjenje s povratnom vezom - pov.veza s regulacijom pojačanja



Multi-tap kašnjenje - više fleksibilnosti, kompleksnije sheme reprodukcije, kod naknadne obrade signala

Ping-pong kašnjenje - kašnjenje u stereo signalu, kod naknadne obrade

Implementacija: Analogna: magn. trake, više magn. glava za čitanje, brzije trake

Digitalna: memorije

Odjek (reverb)

- širenje zvuka u prostoriji, vrijeme odjeka - pad od 60 dB, refleksije dolaze u kratkom i razl. vremenu
- umjetni odjek poboljšava dojam prostornosti (gate reverb - fiksno vrijeme odjeka, reverse reverb - porastg.)

Parametri: predelay - početno kašnjenje

reverb decay - trajanje naponstanska izmota

gate time - trajanje odjeka

gate decay time - brzina opadanja intenziteta

Implementacija: jedne komore, ognje (posebni elek.-meh. prevarači), odjećne ploče, digitalni processori

Chorus (zbor)

- omoguđuje obogatijavanje zvuka, dodavanje vokala, instrumenata

Princip rada: kašnjenje između 20 ms i 80 ms, brzina promjene kašnj. 3 Hz (NF oscillator)

Flanger

- kratko kašnjenje: 1-10 ms
- dolazi do poništavanja na određ. frekv. (česljasti filter)

Parametri: dubina, kašnj., dubina promjene, oblik NF signala, brzina/mišem, pov. veza

Phaser - promjena faze na određenim frekvencijama (prigušenje signala na određenim frekv.)
- promjena faze širokopojasnog filtra (umjesto kašnjenja ALLPASS filter)

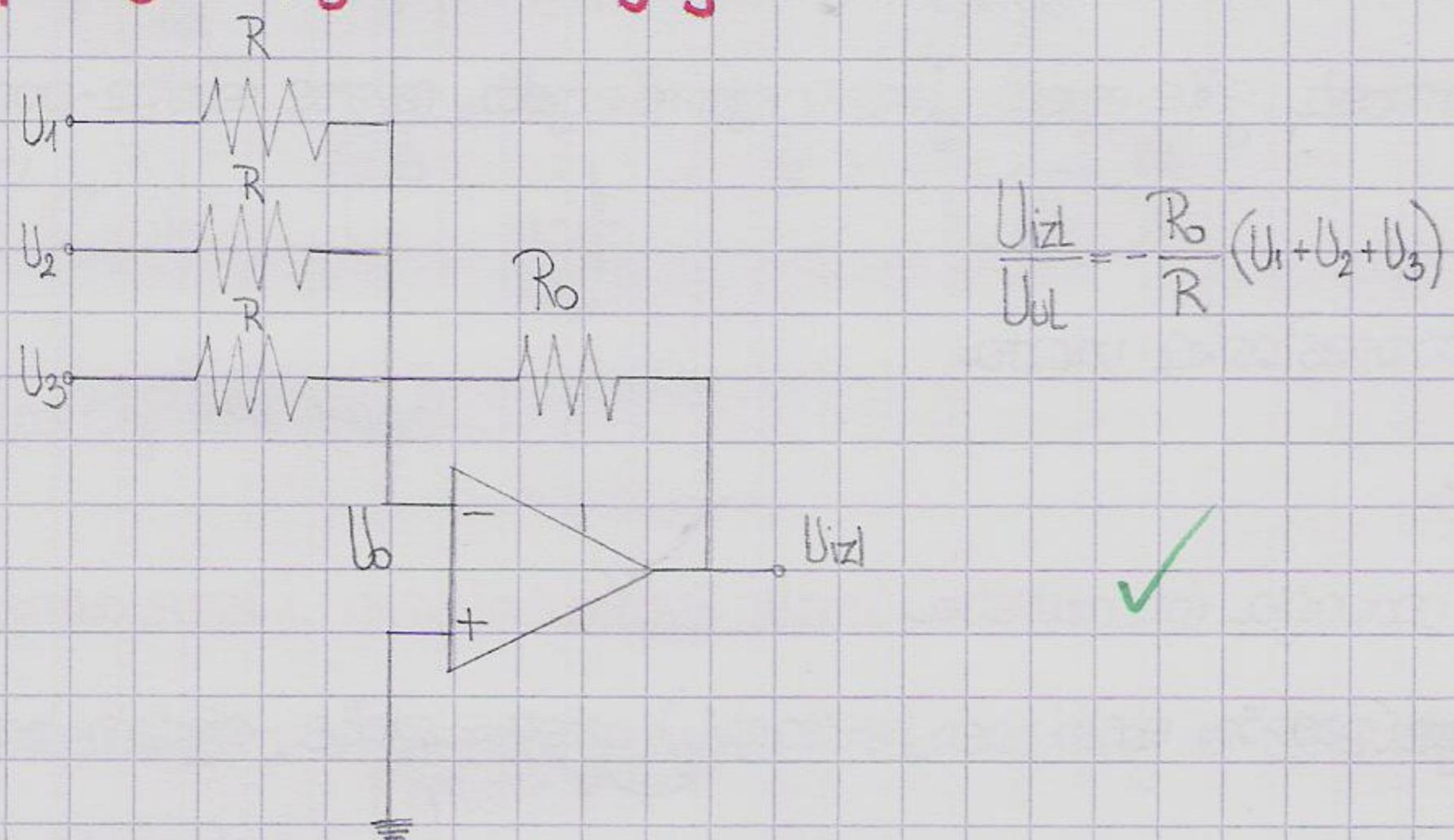
Vremenski / frekvensijski pomak (Time / pitch shifting)

Vremenski pomak: promjena vremena trajanja bez promjene spektra (zadržava se harmonijski odnos), DJ-i

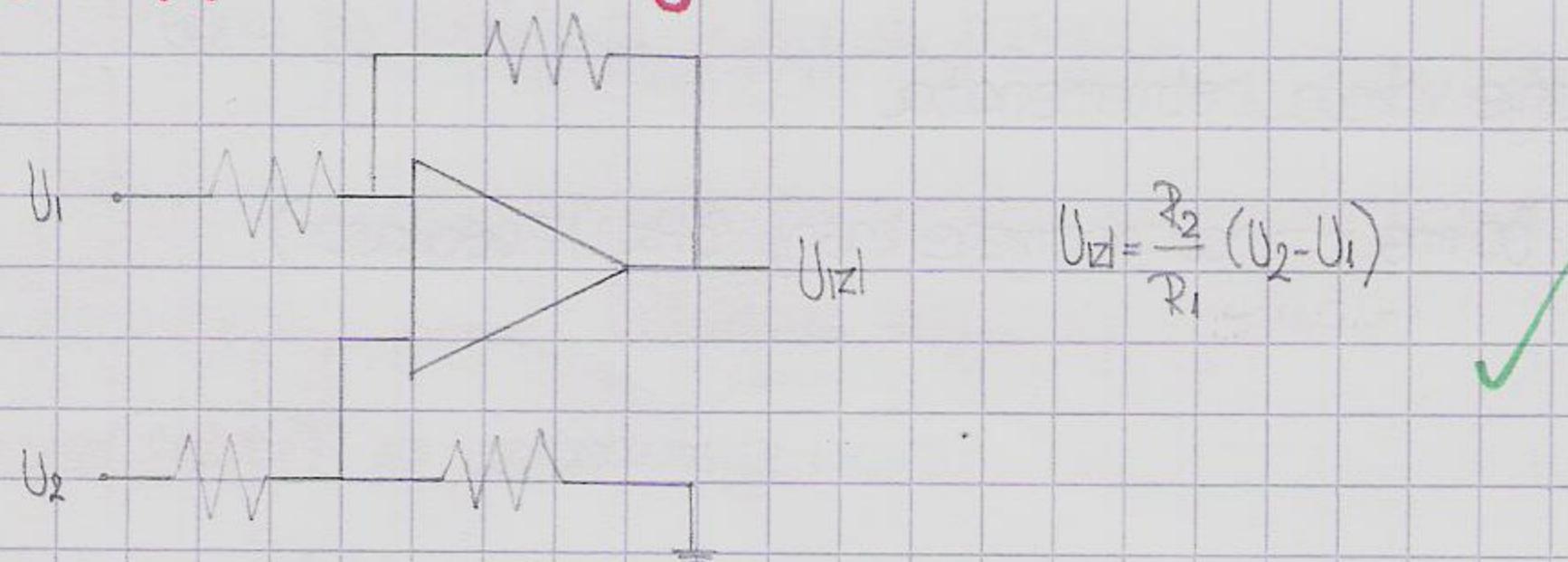
Frekvensijski pomak: promjena spektra uz zadržavanje vremenskog trajanja (-||-)

Dodatak (sklopovske izvedbe)

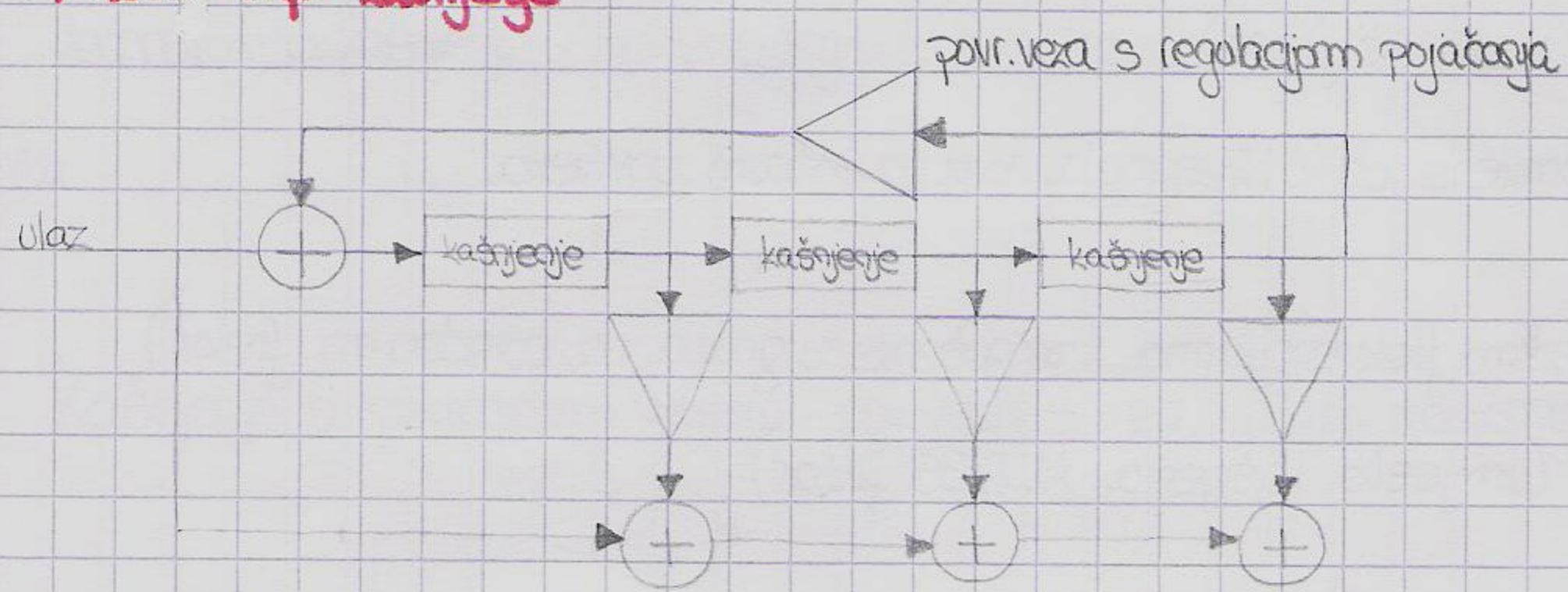
Operacijsko pojačalo - zbrojanje



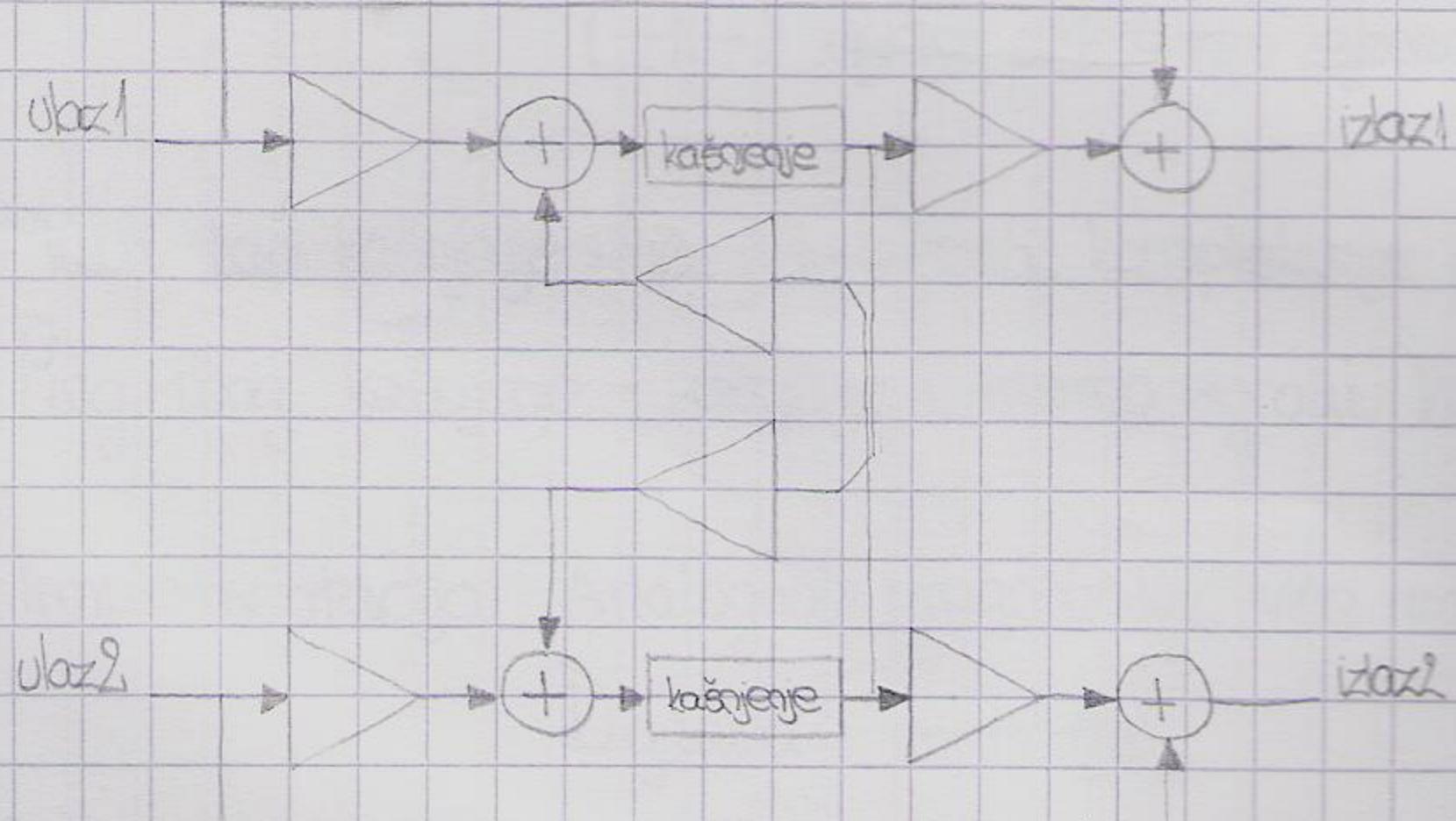
Operacijsko pojačalo - oduzimanje



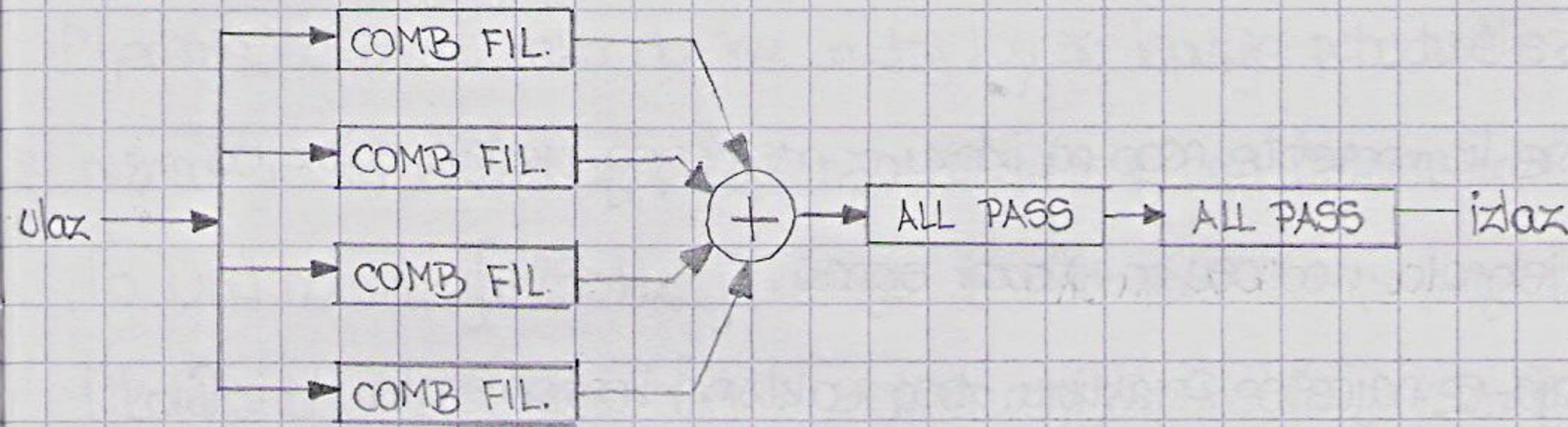
Multi-tap kašnjenje



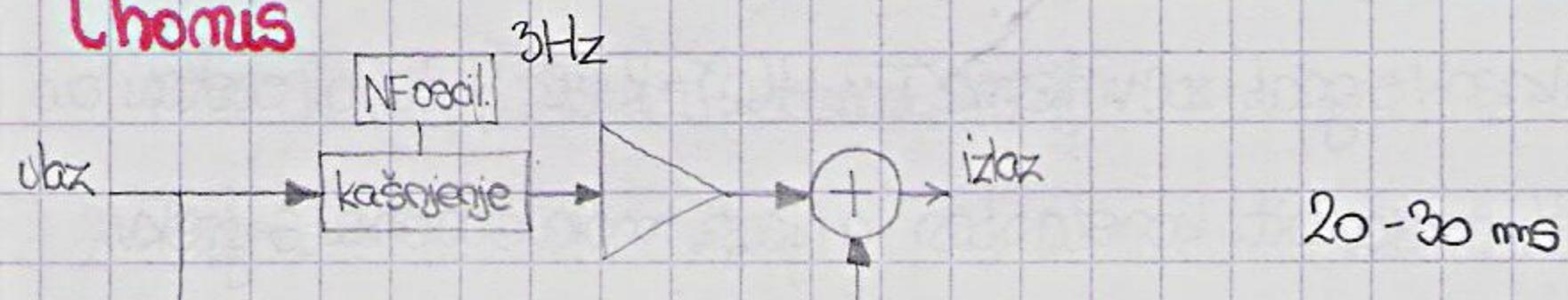
Ping-pong kašnjenje



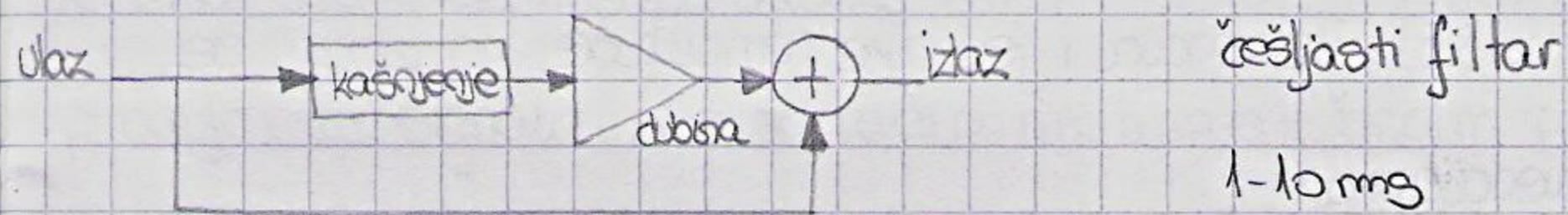
Odjelek



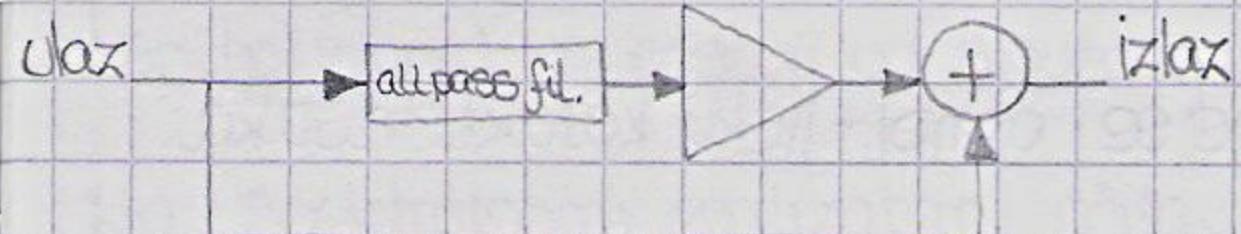
Chorus



Flanger



Phaser



Dodatak (Izobličenja)

1. Linearna izobličenja

Ona koja ne generiraju nove spektralne komponente, nego na izlazu iz određenog uređaja dolazi do neželjene promjene amplitude i faze signala u odnosu na ulazni signal.

Uzroci su raznoliki, a kod audio uređaja se najčešće pojavljuju zbog reaktivnih komponenta, L i C.

Fazna izobličenja možemo analizirati iz kompleksne pjesosne karakteristike: $H(\omega) = |H(\omega)| e^{j\phi(\omega)}$

Ako se radi o linearном sustavu koji samo zakasnji signal za vrijeme T: $H(\omega) = K e^{-j\omega T}$, da bi sustav bio linearan (da nema ampl. ili fazna izobličenja) K mora biti konstanta, a faza mora opadati s frekv.

Mjerenje linearnih izobličenja:

1. SINUSNI SIGNAL - mjerenje amplitudne frekvenčne karakteristike

Na ulaz sustava dolaze se sinusni signali različitih frekvencija i jednakih amplituda. Na izlazu se mijeni amplituda signala na jednaku frekvenčnu rasponu.

2. MULTITONSKI SIGNAL - radi se o signalima sastavljenim od sinusnih tonova čije su frekvencije raspodijeljene po frekv. području rada.

Usporedbom amplituda frekv. komponenti ulaza i izlaza dobije se ampl.-frekv. karakteristika

2. Nelinearna izobličenja

Ona izobličenja koja osim promjene ampl. i faze signala generiraju nove spektralne komponente.

Kastaju zbog nelinearnih pjesosnih karakteristika.

Harmonička su ona izobličenja koja će generirati sasmo harmoniske osnovnog signala.

Kod neharmoničkih (intermodulacijskih) se pojavljuju komponente koje su kombinacija (zbog razlike) spektralnih komponenta osnovnog (uboznog) signala.

Mjerenje harmoničkih izobličenja: $THD = \frac{\sqrt{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots}}{\sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + \dots}} \cdot 100\%$

Po formuli za faktor harmon. izobličenja - potrebno je dobar spektralni analizator, u slučaju da ne postoji, radi se druga metoda.

- Osnovni signal se prvo filtrira prema pojedinoj frekvenci, te se izmjeni efektivna razina preostalog signala. Nakon toga se izmjeni efektivna razina kompletнnog signala. Tada se ukratko

$$\text{izmjeni faktor harmoničkih izobličenja: } THD + N = \frac{U_{ef}}{U_{ukef}} \cdot 100\% \quad \checkmark$$

Mjerenje neharmoničkih izobličenja

$$m = \frac{\sqrt{(U_{f_2+f_1} + U_{f_2-f_1})^2 + (U_{f_2+2f_1} + U_{f_2-2f_1})^2 + (U_{f_2+3f_1} + U_{f_2-3f_1})^2 + \dots}}{U_{f_1}} \cdot 100\%$$

Mjerenje se izvodi tako da se uređaj koji se ispituje pobudi s dva sinusna signala. Jedan s nizom frekv. i većom amplitudom, a drugi s višom frekvencijom i manjom amplitudom.

Po DIN normi: $f_1 = 250\text{Hz}$, $f_2 = 8\text{kHz}$ s odnosom amplituda $U_1 : U_2 = 4 : 1$.

Ukoliko mjereni sustav sadrži nelinearne elemente, u izlaznom signalu se pojavljuju nove komponente. Osim opisane metode primjenjuju se i dvije metode po SMPTE standardu.

1. Ista kao po DIN-u, samo su $f_1 = 60\text{Hz}$, $f_2 = 7\text{kHz}$.

2. Bitno različita. $a = U_{f_2} - U_{f_1}$, $b = 2(U_{f_1} - U_{f_2})$, $c = 2(U_{f_2} - U_{f_1})$, $d = 3U_{f_1} - U_{f_2}$, $m_r = \frac{a+b+c+d}{U_{f_1} + U_{f_2}} \cdot 100\%$

3. Transzijentna izobličenja

Posebna vrsta izobličenja, sadrže karakteristike linearnih i nelinearnih izobličenja, povezuju se s promjenom signala. Ako se radi o malim, ali brzim promjenama amplitude govorimo o režimu rada s malim signalima, kada uređaj radi s malim signalima obično radi u linearnom području.

Mjerenje transzijentnih izobličenja:

Ispitni signal se sastoji od sinusnog ($f = 15\text{kHz}$) i pravokutnog ($f = 3.18\text{kHz}$), odnos amplit. $4 : 1$.

Na spektralnom analizatoru čitavaju se vrijednosti novonastalih komponenti i zbroj efektivnih vrijednosti amplituda tih komponenti se uspoređuju s amplit. signala od 15kHz .

4. Šum

Šum aktivnih i pasivnih elemenata je posljedica gibanja elektrona u tim elementima. Osim šuma električkih komponenta postoji i vanjski šum koji dolazi iz napajanja kao frekv. od 50Hz (brum).

Odos signal-šum nam govori koliki je odnos između max. razine signala i razine šume.

Mjeni se tako da se prvo izmjeri max. raza signala s nazivnim opterećenjem, a zatim raza šuma.

Kod mjerenja šuma se može rabiti tzv. psaformetrički filter čija karakteristika odgovara karakteristici ljudskog uha.

Disozmika sustava je odnos najglasnijeg prema najtišem signalu uz određenu razinu izobličenja.

Prilikom mjerenja max. razine signala pazi se da harmoničko izobličenje bude ispod npr. 1 %.

5. Impulzni signali

Posebna vrsta ispitnih signala. Nakon Fourier analize dobije se široki spektar s puno frekv. komponenti.

1.

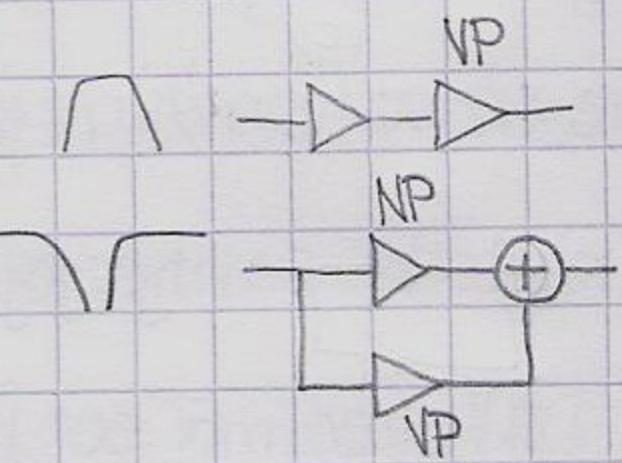
2. ciklus

FILTRI - frekv obroda audio signala

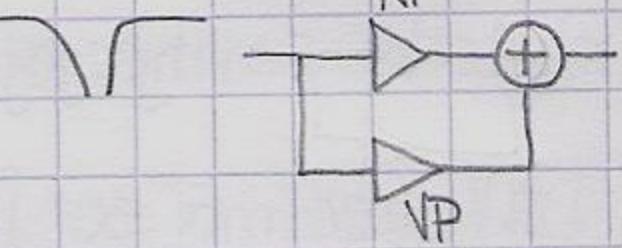
Sklopovi ili uređaji koji obradjuju signale na osnovi njihove frekvencije.

Premda podmjeju propuštanja i gvožđenja:

- Pojasni propust (bandpass) - propuštaoje određenog frekv. podmjeja

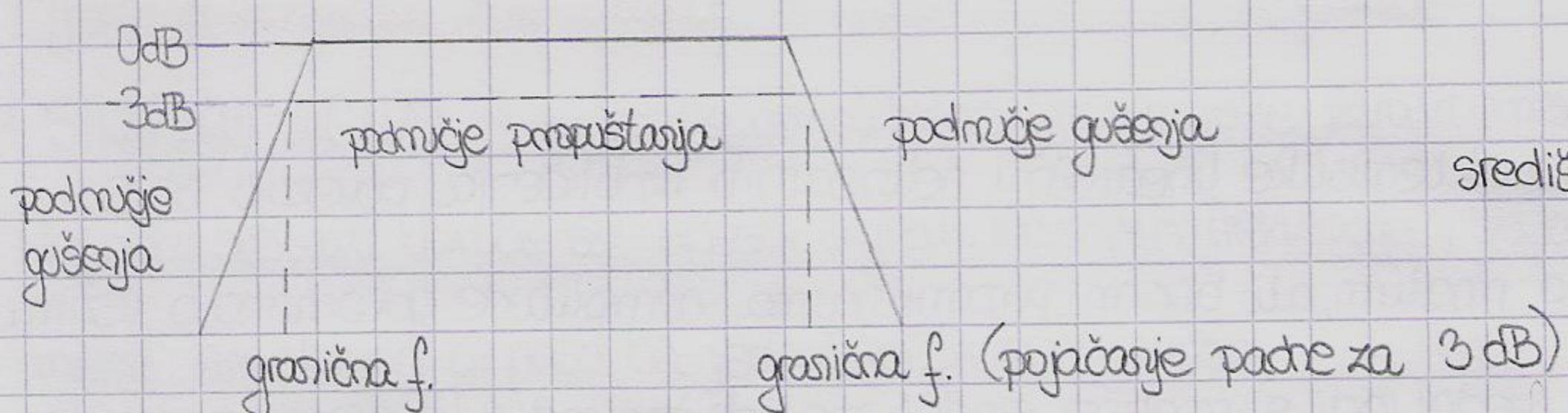


- Pojasna blokada (bandreject) - pričvršćuje određenog frekv. podmjeja



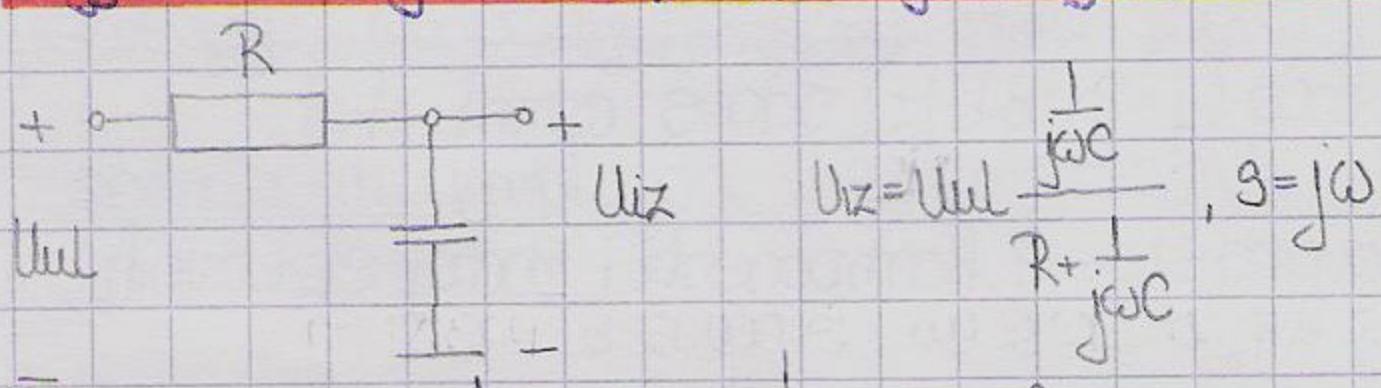
- Nisko-propusni filter (low pass)

- Visoko-propusni filter (high pass)



$$\text{srednja f.} : f_0 = \sqrt{f_p \cdot f_d}$$

Najjednostavniji nisko-propusni filter je RC sklop



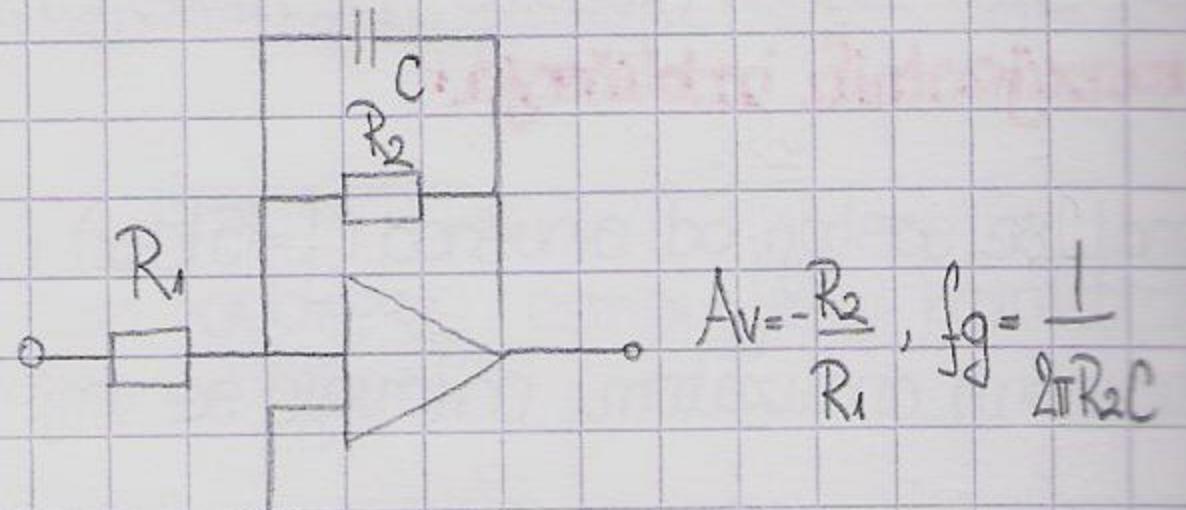
$$U_{iz} = U_{inL} \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}}, \quad s = j\omega$$

$$A(s) = \frac{U_{iz}}{U_{inL}} = \frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{\frac{1}{sC}}{\frac{RC + 1}{sC}} = \frac{1}{1 + sRC}$$

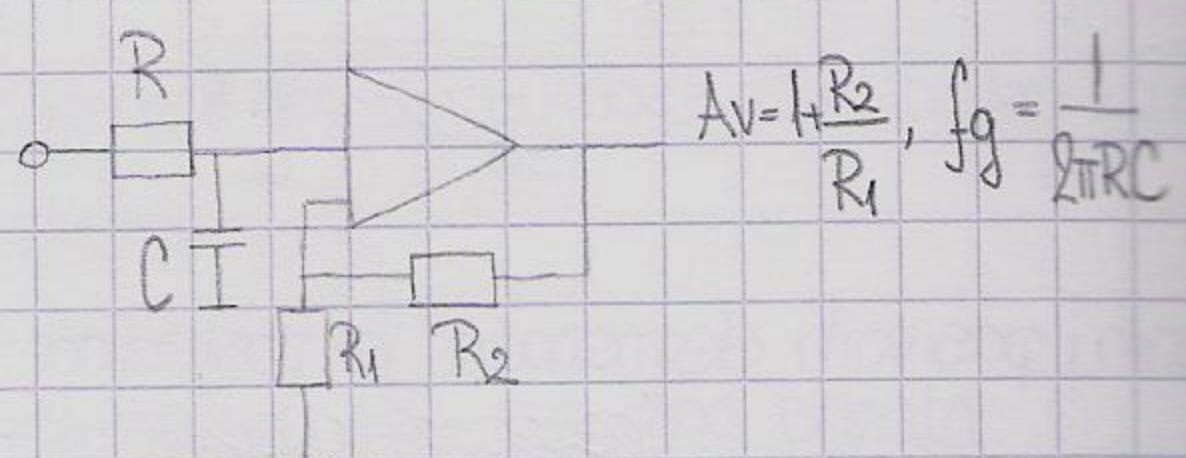
$$\omega_g = \frac{1}{RC}$$

$$A(p) = \frac{1}{1+p}$$

$$|A| = \frac{1}{\sqrt{1+s^2}}, \quad \varphi = \arctan(-s)$$



$$A_v = -\frac{R_2}{R_1}, \quad f_g = \frac{1}{2\pi R_2 C}$$

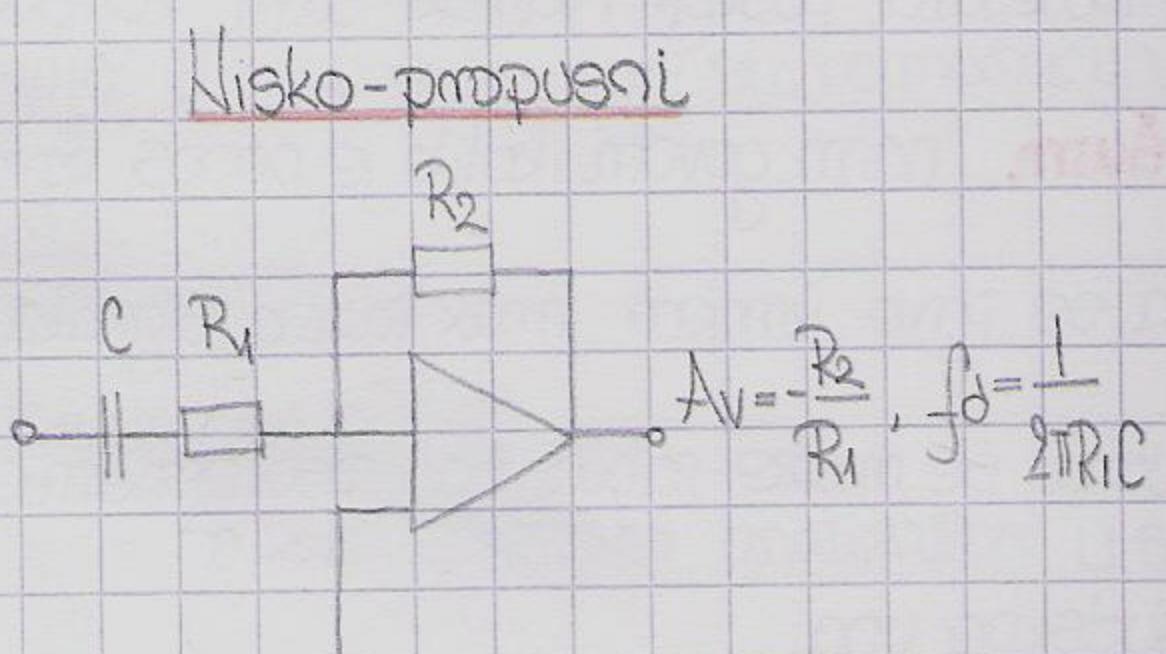


$$A_v = -\frac{R_2}{R_1}, \quad f_g = \frac{1}{2\pi R C}$$

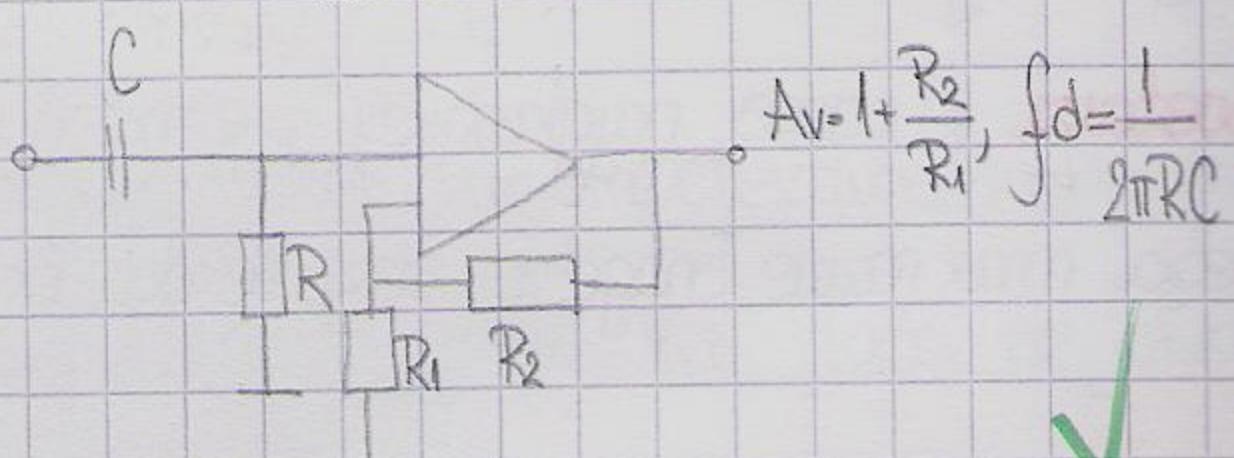
Visokopropusni filter, CR sklop

$$A(s) = \frac{U_{iz}}{U_{inL}} = \frac{R}{\frac{1}{sC} + R} = \frac{R}{1 + sRC} = \frac{sRC}{1 + sRC}$$

$$|A| = \frac{s^2}{\sqrt{1+s^2}}, \quad \varphi = \arctan \frac{1}{s^2}$$



$$A_v = -\frac{R_2}{R_1}, \quad f_g = \frac{1}{2\pi R_1 C}$$



$$A_v = -\frac{R_2}{R_1}, \quad f_g = \frac{1}{2\pi R C}$$

Visoko-propusni

Semija C i L, R kao opterećenje (visokopojasni propusni filter):

$$A(s) = \frac{U_{iz}}{U_L} = \frac{R}{sL + \frac{1}{sC}} = \frac{R}{s^2LC + 1} = \frac{sRC}{1 + s^2LC}$$

- $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$

$$Q = \omega_0 \frac{L}{R}$$

$$\Omega_0 = \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$|A| = \sqrt{\frac{1}{(1-\Omega_0^2)^2 + (\Omega_0 Q)^2}}$$

Q faktor predstavlja faktor dobrote ili faktor povećanja, što je veći pojas propuštanja je uži.

$Q = \frac{f_0}{f_g - f_d}$, govori nam koliko je dobar titrani kružnik, Q veći → sklop je bolji rezonator

3 osnovne karakteristike filtra:

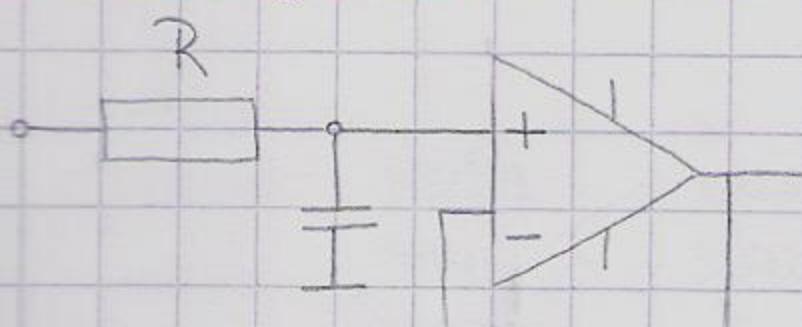
1. Koliko prema granične frekvencije počne padati pojačanje.
2. Brzina pada (koliko dB/dekadi).
3. Fazna karakteristika. (idealna je liniarna, kada na svim frekv jednako kazni)

AKTIVNI FILTRI

- oni u kojima se pojačanje propusnog dijela može raspoređati (kod pasivnih $A=1$ tj. 0dB)

- ostvareni operacionim pojačalima, s R i C, $R_{ul}=\infty$, $R_{iz}=0$, postižu pretpostavke karakteristike koje nisu moguće s pasivnim
- nedostatak je što trebaju napajanje koje ograničava max. izlazni napon, aktivi elementi upoređuju se sa

RC aktivni filter (RC+pojačalo)



pad: 6dB/oktavi ili 20dB/dekadi

Prijenosna funkcija tako spojenih filtera: $A(s) = \frac{1}{(1+d_1s)(1+d_2s)(1+d_3s)\dots}$

3 osnovne filtre različitih karakteristika:

Butterworth filteri su oni čija je prijenosna karakteristika optimizirana za najveće ravno pojačanje u području propusnog.

Cilj je postići da pojačanje ne počne opadati puno prema granične frekvenciji (kod A/D pretvarača kao anti-aliasing filter).

Tchebycheff filteri su optimizirani za što brži prelaz iz područja propusnog u područje gubanja. Oko granične frekvencije se pojavljuje isbitavanje prijenosne karakteristike (filteri parnog reda isbitavaju iznad, a neparni ispod 0dB).

Bessel filteri su optimizirani za liniarnu fazu prijenosne karakteristike.

DIGITALNI FILTRI ✓

Osnovni princip: obrada signala u vremenskoj domeni, konvolucija ulaznog sign. i impulsnog odziva filtra; $y(t) = x(t) * h(t)$

FIR filtri (ograničeni impul. odziv), IIR (beskonačni impulski odziv)

Ekvilizatori ✓

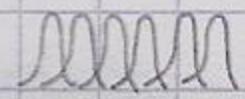
- uređaji za raspodjeljivanje frekv. karakteristika, sastoje se od filtera u nizu koji pokrivaju dio ili cijelu frekv. područje

Regulator boje tona



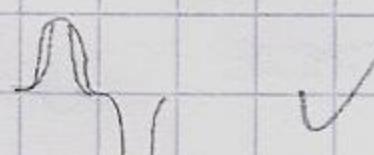
- najjednostavniji ekvalizator, može se naći u komercijalnim uređajima
- omogućuje raspodjeljivanje frekvenčne karakteristike uređaja samo na niskim i visokim frekvenčnjima
(izvedbe daju mogućnost regulacije razina srednjih frekv.)

Grafički ekvalizator



- korak naprijed od regulatora boje tona
- sastoji se od niza filtera sa fiksnim frekvenčnjima, kojima se može raspodjeljiti samo pojačanje određenog filtra
- kada se raspodjeli frekv. karakter. položaj potencijometra odgovara grafičkom prikazu frekv. karakter.
- filteri su paralelno spojeni (i svaki ima jednaki pomak u fazi)

Parametarski ekvalizator



- filter koji pruža najviše fleksibilnosti jer omogućuje raspodjeljivanje svih osnovnih parametara filtra
(omogućuje raspodjeljivanje f , pojačanja i širinu pojasa propuštanja (Q faktor))

2)

Dinamička obrada audio signala



Dinamika nam govori koliki je raspon od najtišeg do najglasnijeg signala uz ujet malih izobličenja.

Najtiši signali su ograničeni razinom šuma ili pragom čujnosti ljudskog uha.

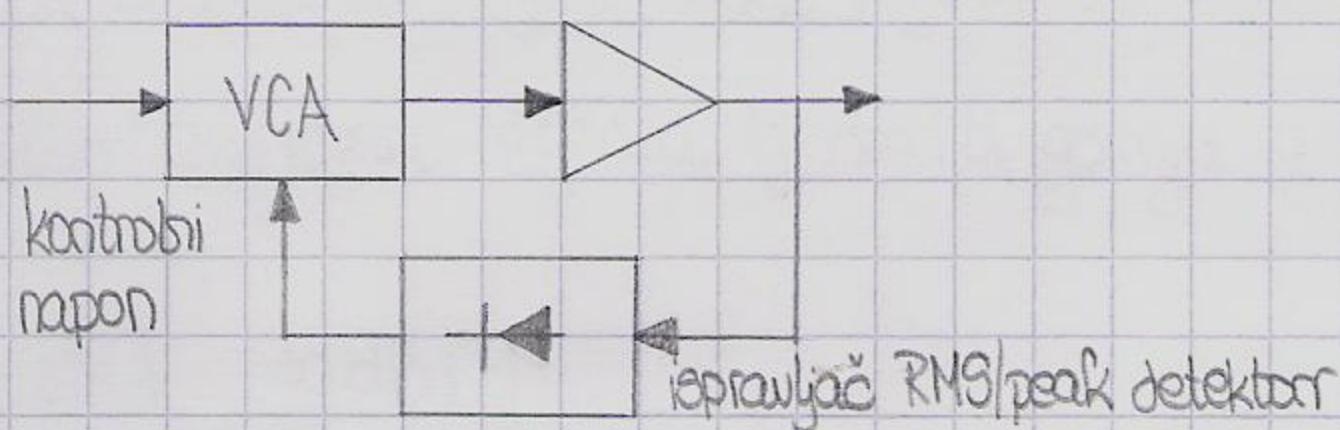
Najglasniji su ograničeni pragom bola ljudskog uha ili električnim ograničenjima opreme.

Svako pretpojačalo, filter, ulazni transformator, ... ima svoju dinamiku tj. odnos između najtišeg i najvećeg signala koji može reproducirati ili prenijeti.

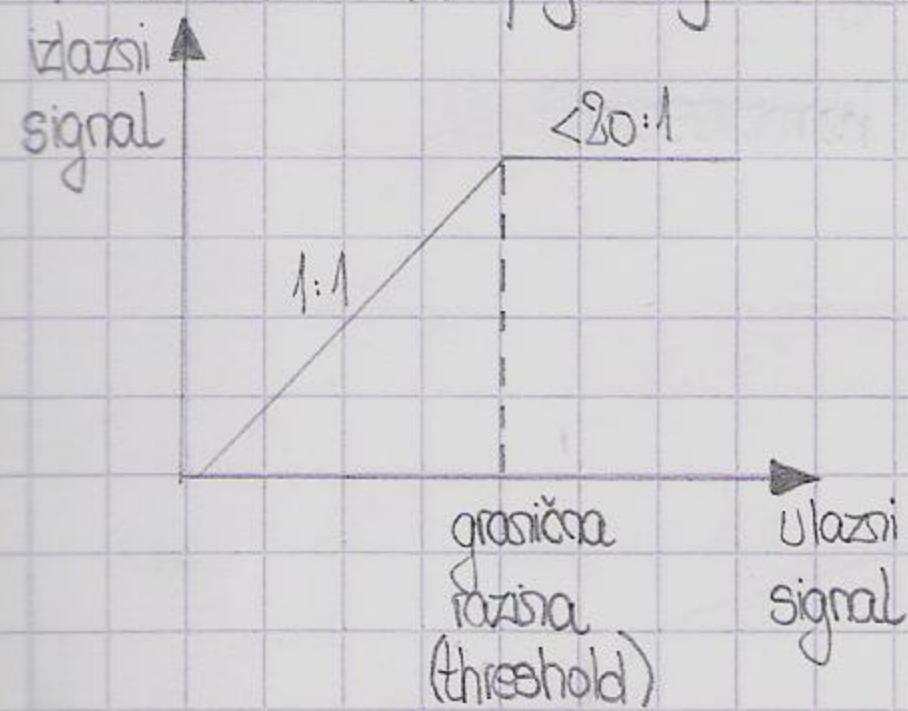
Za regulaciju dinamike komiste se 4 osnovna uređaja: limiter, noise gate, kompresor i ekspander.

Princip rada svih je da reguliraju pojačanje ulaznog signala na osnovi njegove razine.

Limiter je najjednostavniji uređaj za regulaciju dinamike, njegov zadatak je da ograniči maksimalnu amplitudu signala. On ne reže signal nego ograničava daljaji rast razine signala, radi na principu detekcije izlaznog signala.



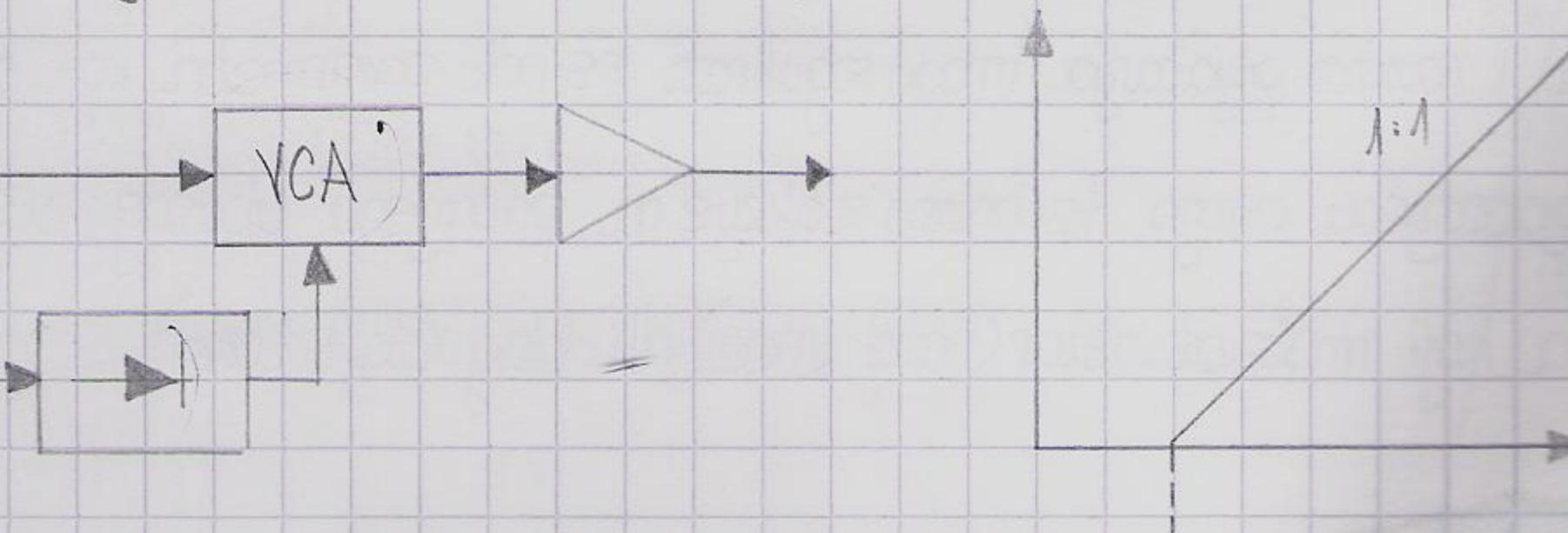
Karakteristika pojačanja limitera:



Kada razina ulaznog signala u sklop poraste iznad neke granice razina izlaznog više nede rasti s porastom ulaznog, nego će biti konst.

Noise gate je uređaj koji radi suprotnu regulaciju od limitera tj. ograničava razinu jako niskih signala (šuma).

Ako razina signala pada ispod neke granice pojačanje se spušta na nulu.



Kompressor radi na sličnom principu kao limiter gamo ne ograničava razinu signala nego snižuje pojačanje signala u ovisnosti o njegovoj razini.

Ako signal poraste iznad neke razine, kompressor nede radno ograničiti njegovu razinu nego de to raditi postepeno u jednom ili više koraka ovisno o tome koliko stupnjeva kompresije koristimo.

Kompresija se može namjestiti u nekoliko razina, uz dve ili više graničnih razina.

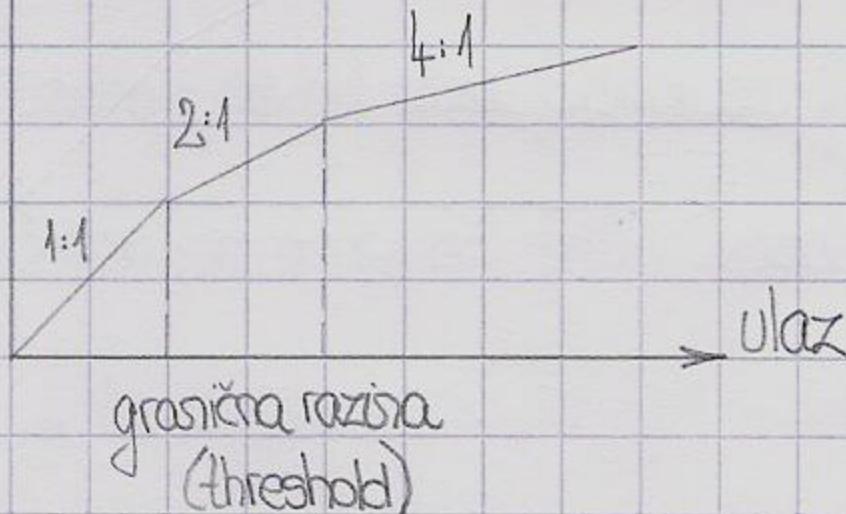
Promjena pojačanja s porastom razine ulaznog signala:

Oduš 1:1 - promjena ulaza 1dB → promjena izlaza 1dB

Oduš 2:1 - promjena ulaza 2dB → promjena izlaza 1dB

Oduš 4:1 - promjena ulaza 4dB → promjena izlaza 1dB

Blokovačka shema je jednaka blok shemi noise gate uređaja.
izlaz

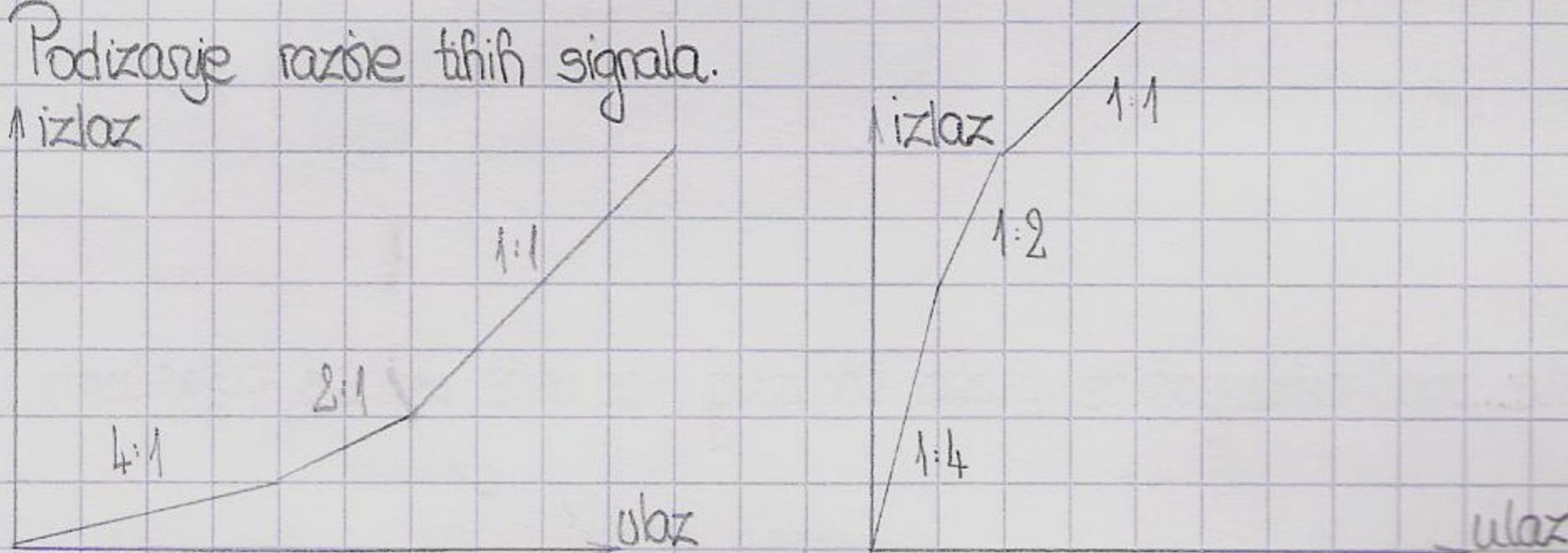


Eksploder radi suprotno od kompresora tj. regulira pojačanje signala ispod neke granične vrijednosti.

Može se koristiti na 2 načina. Shema je jednaka onoj noise gate uređaja i kompresora.

1. Prošireuje "ekspandiranje" dinamike, tada snižuje pojačanje ispod neke razine.

2. Podizanje razine tihih signala.



Regulacija

Naćin na koji navedeni uređaji reagiraju na ulazni signal je doista bitan jer utječe na kvalitet reprodukcije.

Zbog toga se osim graničnog napona i razine pojačanja mogu regulirati još neki parametri koji određuju način prelaza iz jednog podnivoja pojačanja u drugo te brzinu reakcije na promjenu ulaznog signala.

Prvi parametar je način prelaza koji može biti oštar (hard knee) ili blag (soft knee).

Drugi parametar je brzina reakcije. Na početku reakcije ovih uređaja to vrijeme se naziva

vrijeme reakcije - attack time, a na kraju prestaska djelovanja, vrijeme otpuštanja - release time.

"Breathing" efekt - velike promjene razine šuma uslijed snažne kompresije

"Pumping" efekt - efekt uslijed kojeg se gube niski signali pod utjecajem prevelikog vremena otpuštanja

Multiband kompresija je kompresija po frekv. podmjenama, razl. stupanj kompr. za razl. frekv. podmjenje.

Primjer je tzv. "deeser" uređaj. Npr. slova sit imaju veliki udio visokih frekv. (neugodan zvuk) stoga taj zvuk treba smaziti, tada se koristi kompresija u frekv. podr. 3-6 kHz.

Mjeroći i pokazujući razine signala

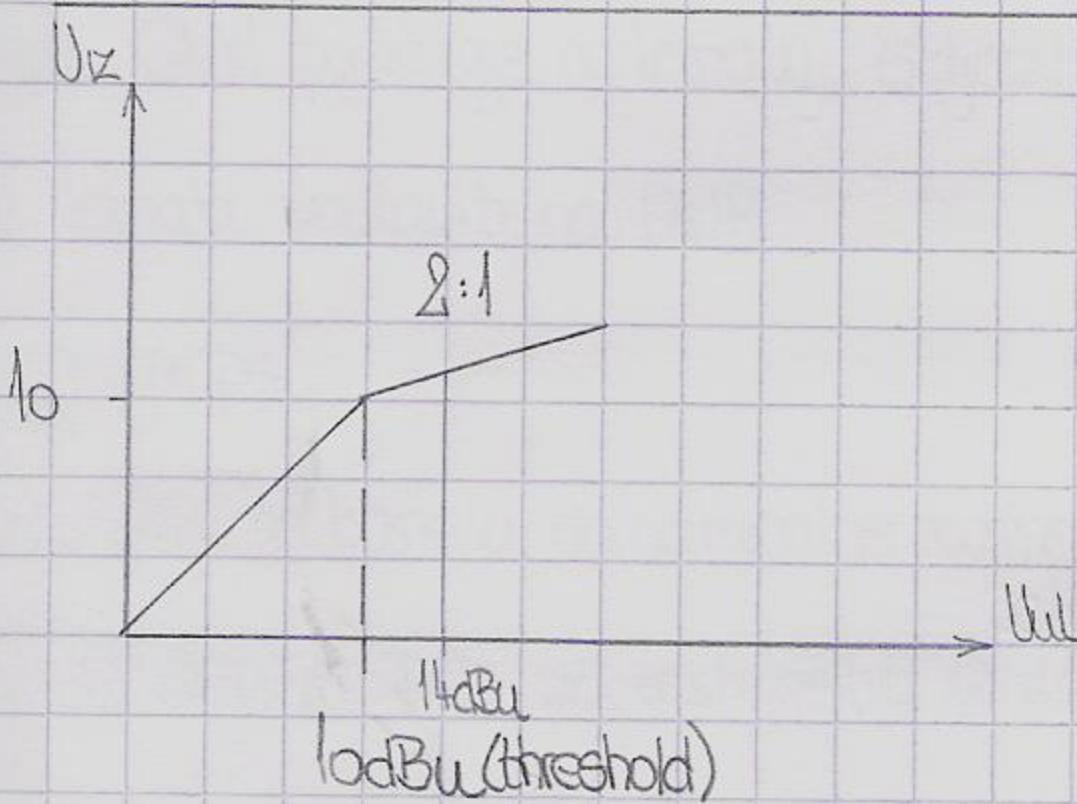
VU metar mjeri efektivnu razinu signala, ima vrlo veliko vrijeme reakcije i vrijeme otpuštanja (oko 300 ms)

stoga teško može pratiti promjene brzih tranzijentnih signala.

PPM (peak) metar mjeri vršne vrijednosti signala, ima kratko vrijeme reakcije i otpuštanja te može detektirati maksimalnu razinu signala tj. odrediti gornju granicu.

Primjer 1: 10 dBu]
2:1 } parametri kompresije

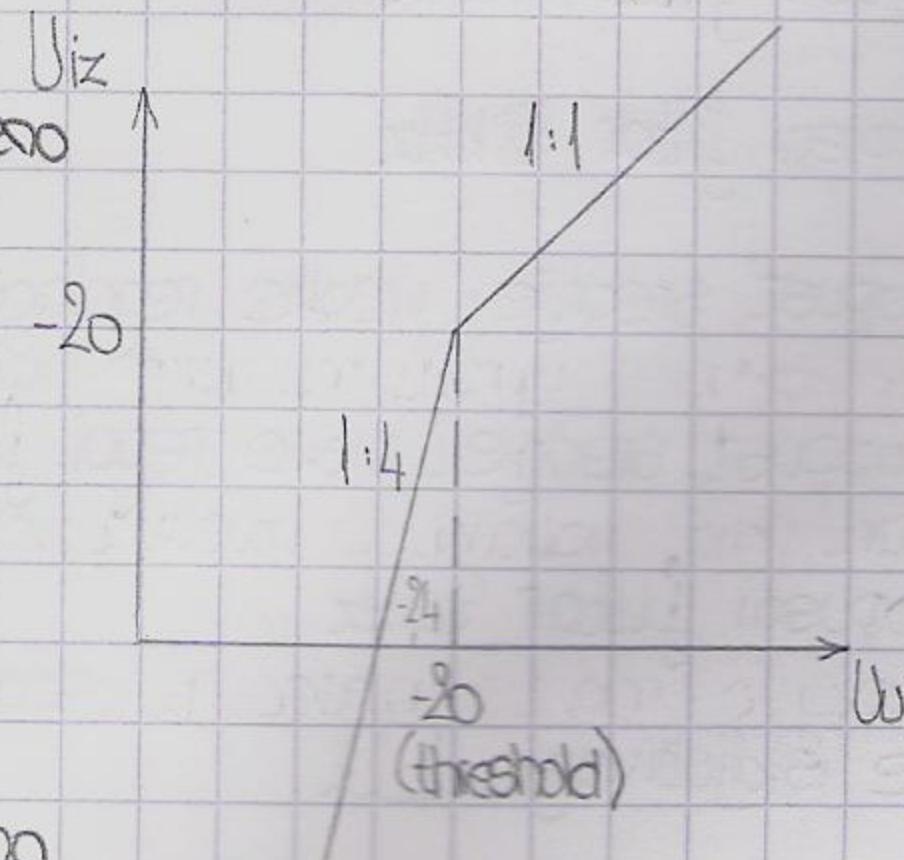
14 dBu - ulazni signal



- ispod granične razine je 1:1 osim ako nije drugačije navedeno

Primjer 2: -20 dBu]
1:4 } parametri ekspandera

-24 dBu - ulazni signal



- iznad thresholda je 1:1 osim ako nije drugačije navedeno

Miješalo ✓

3.

Osnovni zadatak je miješanje signala određeno njihovom zbrajanju u 1.

✓ **Osnovno miješalo** omogućuje miješanje signala i kontrolu glasnoga pojedinih signala koji ulaze u miješalo.

Ti signali se nakon toga usmjeravaju prema izlazu gdje se regulira glasnoća tako zbrojenih signala.

Koriste se u mnoštvim razglasnim sustavima.

Poстоји mogućnost samo osnovne obrade i biranja vrste ulaza (mikrofonski, linijski).

Konzola za miješanje pruža mogućnost dodatne obrade i usmjeravanja signala, nudi uključivanje varijskih uređaja za obradu.

Sastoji se od ulaznih kasa, podgrupa, izlaznih kasa i posekad matrice (usmjerava signal na dodatne uređaje npr. za snimanje)

Konfiguracije konzola

$24 \times 8 - 24$ ulaza, 8 izlaza

$24 \times 8 \times 2 - 24$ ulaza, 8 mono izlaza, 2 stereo izlaza

Odabir i regulacija ulaznog signala

- (A) - fantomsko napajanje 48V (za napajanje kondenzatorskih i nekih elektretskih mikrofona)
- (B) - dodatno pojačavanje, ako (C) i (D) nisu dovoljni
- (C), (D) - pojačavanje ulaznog signala za druge vrste priključaka
- (E) - odabir vrste ulaza
- (F) - okretanje faze (po potrebi)

EQ sekcija

U ovom se dijelu može regulirati frekv. karakter. pojedinog kasa

- (G) - visoko-propusni filter 100Hz
- (H) - visoko-propusni filter 12kHz
- (I) - pojasni propust, srednje i visoke, regulacija f_0 i pojačanja
- (J) - pojasni propust, srednje i niske, regul. f_0 i pojačanja
- (K) - nisko-propusni filter 90Hz
- (L) - uključivanje isključivanje EQ

Slanje signala van iz kasa

- (M) - AUX izlazi 1 i 2, prejeli ili poslije potencijometra, slanje na monitore
- (N) - AUX izlazi 3 i 4, poslije potencijometra, obično za vanjske efekte
- (O) - Panorama efekt - slanje signala u lijevi (levice podgrupe) i desni kanal (prave podgrupe)

Uzmjeravanje i glasnoća

- (P) - Odabir podgrupe
- (Q) - Uklj./isklj. kasa
- (R) - Predušavanje signala preje potec. (na slušalice)
- (S) - LED diode, detekcija maks. razine signala
- (T) - klizni potencijometar

Digitalna mijesala

Osnovni princip je da se sva obrada odvija u digitalnoj domeni tj. na ulazu signala se nalaze AD pretvarači.

Tada se signal u digit. obliku šalje na daljnju obradu gdje se najčešće koriste digitalni procesori (DSP).

Dig. signali su puno manje podložni smetnjama tako da je dinamika ograničena samo brojem bitova kastiz.

Prednost: sve postavke konzole mogu se memorisati

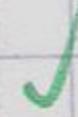
Nedostatak: kašnjenje signala koje se javlja kod AD i D/A pretvorbe

Namjettanje razina

1. Smanjiti GAIN pojačanje na kasa, isključiti PAD pojačanje
2. Potec. kasa postaviti na 0dB
3. -||- podgrupe -||-
4. Povećati GAIN na kasa do nominalne razine
5. Po potrebi uključiti PAD pa smanjiti GAIN

4)

Digitalni sustavi



Broj razina je ograničen brojem bita za kvantizaciju analognog signala. Dinamika je ograničena.

Prednosti: dig. signal se sastoji od samo 2 el. razine te je manje podložan smetnjama, mogući kodovi za isprav.

A/D i D/A pretvorba

A/D pretvorba se bazira na uzimanju uzorka analognog s. u određenim taktuima, ti uzorci se kasnije pretvaraju u svoj digitalni ekivalent (dodjeljuju mu se brojevi - nizovi 0 i 1)

Uzimanje uzorka

- za uzimanje se rabi tzv. 'sample and hold' sklop, sklopka je upravljava taktom frekv. uzorkovanja

Nyquistov teorem: $f_{uz} \geq 2f_{max}$

- ako je $f_{uz} < 2f_{max}$ dolazi do aliasinga, tada je u vrem. domeni moguć prikaz više od 1 signala, a u frekv. domeni dolazi do preklapanja spektra

- kako bi se to sprječilo na ulazu svakog A/D pretvarača se nalazi NP filter čija se fg određuje prema f_{uz}

Kvantizacija

npr. za CD-audio format je dovoljno 16 bita

- bez obzira na br. razina dolazi do "šuma kvantizacije", odnos S/N je određen brojem bita za kvantizaciju

$$20 \cdot \log(2^n) = 6.0206 \cdot n \rightarrow \text{dinamika}$$

D/A pretvarači pretvaraju dig. veličinu u analognu, sastavni dio A/D pretvarača

$$N = a_{n,1}2^{n-1} + a_{n,2}2^{n-2} + \dots + a_12^1 + a_02^0$$

Izvedba: težinski raspoređenom mrežom, ljestvičastom otpornicom mrežom

Nedostatak težinske je da je potrebno napraviti otpornike s točno određenim odnosom od R do $2^{n-1}R \rightarrow$ teško, kod ljestvičaste se komiste samo R i $2R \rightarrow$ jednostavnije.

Na izlazu iz D/A sedobiće već spomenuti stepeničasti signal, kako bi se iz njega izvukao analogni treba ga filtrirati s NP filterom

A/D pretvarači - postoje razne vrste ali se u audio području koriste 3 (u 1. i 3. se nalazi D/A pretvarač)

→ A/D pretvarač sa sukcesivnom aproksimacijom - skupina brzih kvantizacija pretvorbe traje točno onoliko koliko imamo bitova

→ Paralelni A/D - najbrža, najkomplikiranija izvedba, za posebne primjene

→ Sigma-delta A/D pretvarač - rad se bazira na usporedbi ulaznog i signala D/A pretvarača u poslj. vez

Pohrana podataka

DVD - zapis se bazira na udubinama i izbočinama na polikarbonatnoj površini, laserska zraka putuje po

površini i detektira prelaska s udubina na izbočine, čitanje se odvija od sredine prema rubu diska

DVD-Audio - zapis audio signala koji omogućava reprodukciju od mono do 5.1 surround zapisa (kapac do 8.5GB)

SACD - konkurenca DVD-Audiu, može snimiti 3 formata: hybridni, single-layer, dual-layer

Kompreseija audio podataka

- bazira se na psihokust. efektima, a najpoznatiji format je tzv. MP3 (od MPEG-1 Audio Layer 3)

- drugi efekt na kojem se bazira je efekt maskiranja (glaznici biće maskirati tiši bliske frekv.)

- MP3 boder uzima 516 uzoraka u vrem. domenii

3. ciklus

Pojačala snage

5.00/10

Uredaji koji audio signal pojačavaju i prenose snagu na zvučnik gdje se električna snaga pretvara u zvuknu. Treba nasm sklop koji će rmodi bez problema prenijeti struju od desetak A i napone do stotinjak V.

Koncerti: kvaliteta izrade i konstrukcije sustava na visokom mjestu po važnosti

Kućna upotreba: kvaliteta reprodukcije na prvom mjestu što najčešće određuje i klasu pojačala

Doprime izvedbe pojačala snage

Danas se najčešće koriste dvije: dvostupanjsko i trostupanjsko (ulazni, naponsko pojačanje, izlazni stupanj).

Ulazni stupanj: pojačava razliku između ulaznog signala i signala koji se dovodi povratnom vezom, uglavnom se koristi diferencijalno pojačalo sa strujnim izvorom jer ulazni stupanj mora biti stabilan bez većih pada napona. Tu se također nalazi i sklop nazvan strujno ogledalo koji ujednačava struje u granama pojačala.

Izlazni stupanj: pojačava struju, izvedba izlaznog stupnja određuje klasu pojačala.

Klase se razlikuju po načinu na koji rade izlazni tranzistori.

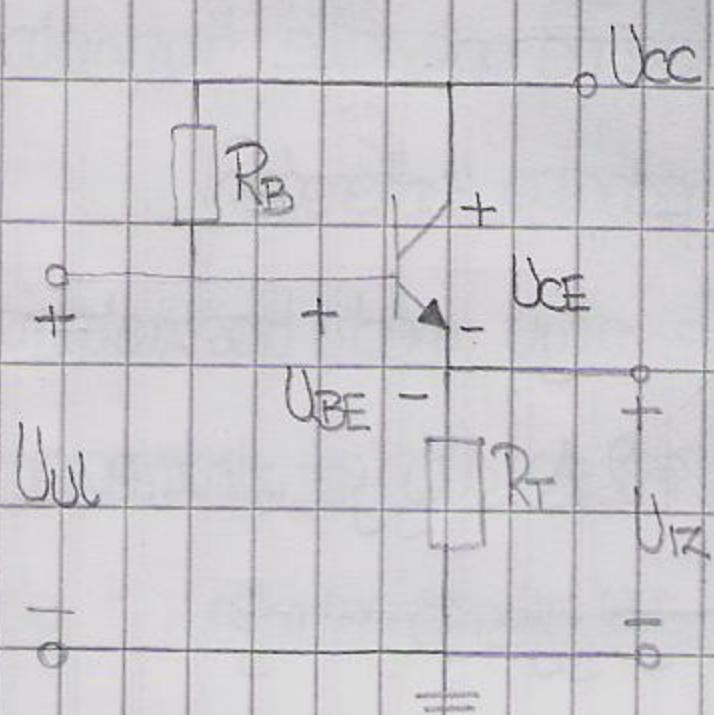
Klasa A

Radna točka izlaznih tranzistora je postavljena tako da kroz njih teče stalna mirna struja visoke vrijednosti. Postavljanjem točke na sredinu radnog pravca, tranzistori rade u linearnom području.

Najveća dissipacija je kada nema nikakvog signala.

Npr. ako želimo da izlazna snaga pojačala koju predaje zvučniku bude 50 W tada moramo računati da će se u slučaju maksimalnog signala na zagrijavanje tranzistora potrošiti 50 W. Ako signala nema sva uložena snaga odlazi na zagrijavanje tj. 100 W.

Stoga je odvođenje topline veliki problem. Akla se može prepoznati po velikim hladnjacima $\Delta T = 5^{\circ}$.



Klase B

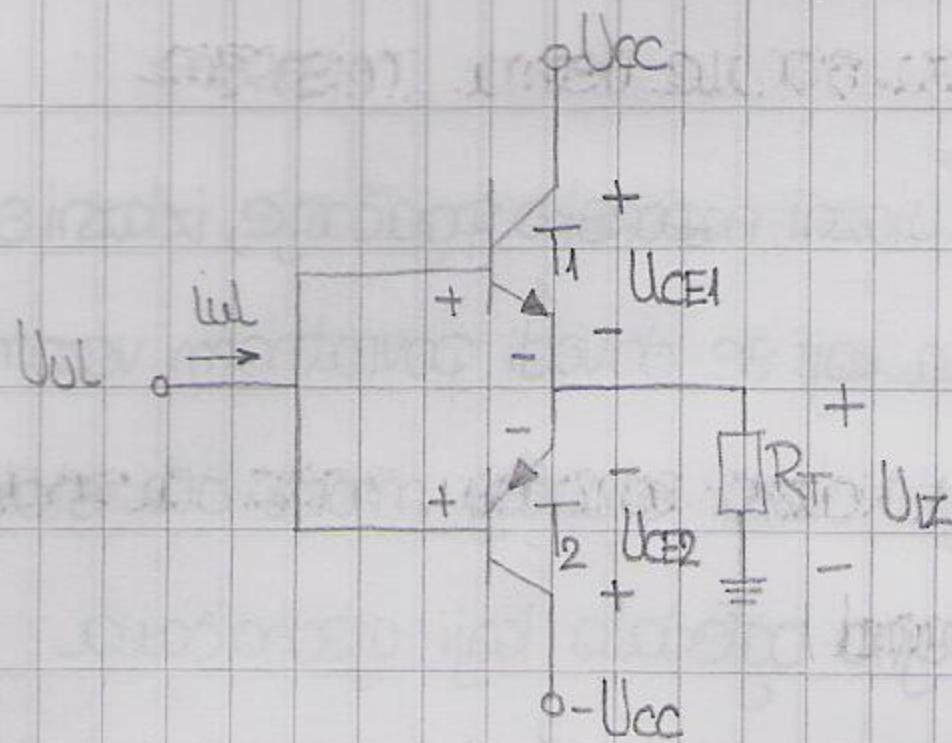
ggors platišo

Svaki od izlaznih tranzistora vodi samo jednu poluperiodu izlaznog signala. Radna točka je postavljena na početak rada grada.

$\eta_{max} = 78.5\%$ - kada je na izlazu signal najveće amplitude

Najveća disipacija nije kod najveće ili najmanje amplitude nego kod normirane izlazne snage od oko 40%.

Dakle počelo će se najviše gnjati kada je izlazi signal na 63% svoje maksimalne vrijednosti.



Klase G i H

Predstavljaju poboljšanja klase B u smislu povećanja iskoristenja.

Disipacija topline na tranzistorima je određena razlikom izlaznog napona i napona napajanja. Dakle ako zadržimo razinu izlaznog signala i smanjimo napajanje smanjit ćemo disipaciju i povećati kompatnost. Na tom principu rade klase G i H.

Kod klase G koriste se dva izvora napajanja, s manjim i višim naponom. Uvisnosti o razini signala se uključuje jedan ili drugi.

Klase H se bazira na istom principu samo je regulacija napajanja automatska.

G i H se koriste u profesionalne svrhe kod ozvučavanja gdje je kompatnost važnija od izdobljenja.

Paralelni spoj tranzistora

Koristi se ako se u klasi AB ili AB želi povećati snaga, a da se previše ne optereće tranzistori. Održano zadrži jednaka razina izdobljenja. Važno je da svi tranzistori budu jednako opterećeni.

Zbog toga se u seriju s emiterima stavljuju mali otpornici za kompenzaciju među tranzistorima.

Strujno pojačanje ovisi o razini izlazne struje. Linearno područje je između 0.1 i 2 A. Čilj je izlazne struje zadržati u tom području stoga koristimo paralelni spoj gdje raspodjeljujemo struje.

MOSFET-L

Imaju neke prednosti pred bipolarnim tranzistorma.

Imaju negativni temperaturni koeficijent što znači da im se s porastom temperature povećava provodni otpor između drensa i soursa što snižuje struju kroz tranzistor.

Radi se o naponski upravljačkim tranzistorsima tj. oni ne trebaju pobudnu struju kao bipolari.

Imaju šire frekvenciju rada.

S druge strane traže veću mernu struju što povećava disipaciju kada signala nema. Prijenosna karakteristika je manje linearna.

Klasa D

Izdvajena od ostalih klasa jer radi na potpuno digitalnom principu. Nazivamo ih još i digitalna pojačala zbog oblika signala (ako digitalna pojačala pojačavaju digitalni signal).

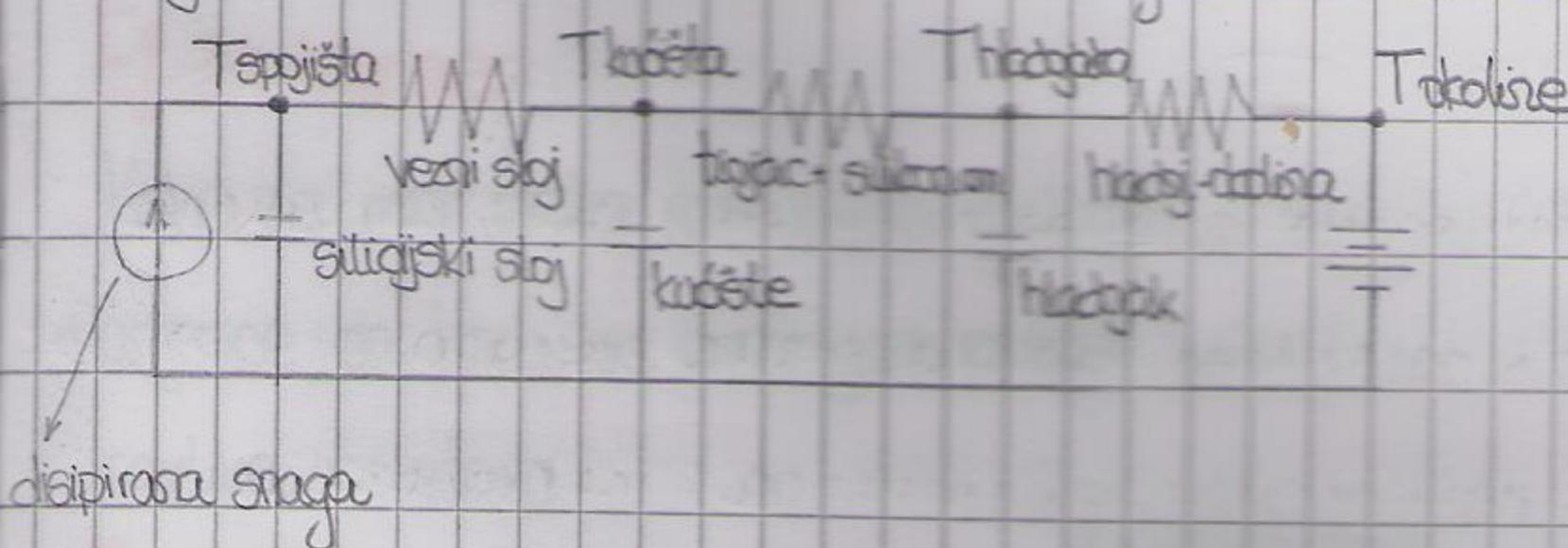
Baziraju se na pulsnosirinskoj modulaciji. Trajanje poluperioda pravokutnog signala ovisi o razini analognog. Na izlazu iz modulatora se nalazi pravokutni signal koji se dovodi do izlaznih tranzistora koji su MOSFET-i. Uz takvu pobudu prelaze iz zapiranja u zasićenje tj. potpuno vode struju i kad napon je 0, ili ne vode te je struja 0. Kada se formira struje i naponi ispadaju da je disipacija 0 pa je $\eta_{max} = 100\%$.

Međutim kod realnih tranzistora taj prelazak stajna traje neko vrijeme pa je η oko 90%.

Pojačani pravokutni signal se ne smije dovesti do zvučnika stoga se na izlazu iz pojačala komisti pasivni NF filter kako zvučnik ne bi pregonio.

Termalna disipacija pojačala

Proračun hlađnjaka započinje s Ohmovim toploškim zakonom $T_j = P_d \times R_{THJA} + T_A$ koji nam govori da razlika u temperaturi odgovara umnošku disipirane topline i toploškom otporu medija.



Kod tranzistora je bitno ne preći temperaturu silicijevog soga koja se daje u specifikaciji.

Svaki objekt koji proizvodi toplinu mikročas je toplinskim otvarom ($\text{W} \rightarrow ^\circ\text{C}/\text{W}$).

R_{THUC} - toplinski otpor između silicijekog spoja i kućišta (vezni sloj)

R_{THCS} - toplinski otpor između kućišta i električkog izolatora

R_{THINS} - između električkog izolatora i hladnjaka (bijac + silikonska mast)

R_{THSA} - između hladnjaka i oklopnog protetora

$R_{THJA} = R_{THUC} + R_{THCS} + R_{THINS} + R_{THSA}$... ukupni toplinski otpor

Napajanje pojačala (izvor istočnjernog napona)

Bitan parametar za kvalitetu i mogućnosti pojačala.

Regulirani izvori napajanja - signal je jako stabilan, nema kolebanja, mali šum, mala komisnost, slab odziv na tranzistorne signale, komplikovana izvedba

Neregulirani izvori napajanja - signal nije stabilan, kolebaje, veliki šum
dobar odziv na tranzistorne signale, jednostavna izvedba

SMPs (switch-mode power supply) - malo kolebanje, kompleksna izvedba (mala dimenzije)

U automobilima kada je iz napajanja od 12 V potrebno dobiti npr. ± 30 V

Mikrofoni

Elektromakustički pretvarači koji pretvaraju akustičku energiju u električnu. Obično se koriste u 2. klasa.

Tlačni (gradijentni nultog reda): ima samo jednu površinu izloženu zvučnom valu tako da izlazni signal odgovara trenutnoj promjeni zv. tlaka.

Brzinski (gradijentni prvega reda): efekt zvučnog vala je razlika gradijenta tlaka ispred i iza membrane.

Uzmjerna karakteristika

Omnidirekcijski mikrofoni:

- Uzmjerna karakteristika dolazi od činjenice da je membrana izložena zv. valu sasno s prednje strane
- postoji sve više uzmjerenih kako se promjer membrane približava valnoj duljini zv. vala stoga bi trebao imati što manji promjer membrane
- frekvencija kod koje počinje povećanje uzmjerenosti $f = \frac{c}{16D}$

Bidirekcijski:

- imaju jednaki odziv s prednje i stražnje strane, ali vrlo malo s doje bočne strane
- komisna kod snimanja da nasuprotna gavornika

Unidirekcijski: osjetljiviji na zv. val koji dolazi s prednje strane nego iz bilo kojeg drugog smjera.

(oblik kardioide)

- najviše komisni za označavanje jefti odvajaju signal i okisu buku

Kardioidea karakteristika se može dobiti na 2 načina:

1 metoda kombinira 2 membrane s 2 uzmj. karakter. omnidijske i bidirekcijsku; valovi koji dolaze s prednje strane se zbrajaju, a sa stražnje se oduvajaju zbog faze razlike od 180° između one koje vrate uzm.k.

2 metoda, češće komisena je uporaba jedne membrane i akustičkog kašnjeva za signale

Efekt blizine

Kako se izvor zvuka približava mikrofonu odziv na NF se povećava. Do efekta blizine dolazi zbog činjenice da kada se izvor jako približi mikrofonu zv. tlak je s prednje strane puno veći, tako da se razlika povećava.

Frekvencijska karakteristika

Usporedba frekv.odziva mic s udaljenostima pokazuje da stara mic ima efekt blizine.

Vrste kondiobnih mikrofona

Razlikuju se po tome kako signal dolazi do stražnje strane membrane. Zvuk obično ulazi u stražnji dio mikrofona kroz jedan ili više otvora.

Oblik šupljine iza stražnje strane membrane može utjecati na odziv mikrofona, kao što vam razjedem udaljenost otvora od membrane utječe na odziv i ujam karakteristiku.

Vrste prevarača

Ugulen mikrofon - jedan od prvih vrsta, ima ograničen frekv.odziv, veliki šum, zahtjeva izvan napajanja

Radi na principu promjene otpora. Stotine grašula uguljika se drže skupa u mjeđstvu poaudi koja je spojena na metalnu membranu. Zv. valovi udaraju u membranu, pomiču grašule i tako mijenjaju otpor.

Promjena otpora uzrokuje promjenu struje u mitnu zv. vala.

Kristalni i keramički - nekada vrlo popularni - jeftini, visoka Z i visoki izlazni signal su omogućavali direkt napajanje

Rade na principu piezoelektričkog efekta, jer neki kristali način obrade imaju svojstvo da mehaničkim protiskom generiraju el.napon. Ako se membrana spoji s takvom kristalom moguće je generirati promjenu napona koja odgovara promjeni zv.tlaka.

Dinamički mikrofon - u audio industriji, frekv.karakt. je idealna za vokale (kotak-kotak)

Princip rada se osniva na gibaju vodiča u magn. polju. Na membrani je zalijsena zavojnica koja se nalazi u polju permanentnog magneta. Kada se membrana pomiče skupa sa zavojnicom, u tom polju se induira struja proporcionalna brzini titranja (promjeni zv.vala).

Trakasti mikrofoni - ravna frekv.karakt. do 15 kHz, krtka izvedba → studijske primjene

Princip rada se bazira na dugoj tankoj vodljivoj traci koja se nalazi u magn. polju. Pomicanjem se induira str.

Kondenzatorski i elektretske - visoka osjetljivost, dobav odziv na VF

Kondenzatorski radi na principu promjene kapaciteta. Sastoji se od 2 membrane od kojih je jedna pohrebna.

Kako bi mic radio potrebno ga je rabiti određenim el.poljem stoga se koristi fastomsko napajanje koje se preko otpora višake vrijednosti dovodi na kondenzator. Pomicanje membrane uzrokuje promjenu kapaciteta, a time i napona koji se dovodi u prepojačalo gdje se pojavljava na primjeru razina.

Elektretske rade na istom principu samo se koriste unaprijed nanelektrizirani materijali, kompaktne su zbog dimenzija te se koriste na odjeći.

Specijalne vrste mikrofona

Riffle mikrofon - se tako naziva zbog svog oblika, sastoji se od jedne ili više dugotih cijevi. Osnovnu konstrukciju čini mikrofon s kardioidnom karakteristikom na koji je spojena dugotka cijev uzduž koje su raspoređeni otvori koji omogućuju poništavanje zrakova sa strane. Dlače se uštitnik zbog vjetra.

Parabolični mikrofon - alternativa riffle mikrofonu jer onu usmjeri k. postiže uz pomoć parab. laskuna, koji ima prečnik od 0.5 do 1m, mikrofon je postavljen u fokus

Ukupni dobitak na VF je 15 dB u jednom smjeru, na NF se smanjuje. Koncentrične valove iz jednog smjera te postiže velike razlike signala.

Granični ("pressure zone") - sastoji se od omnidijskejskog boja, je postavljen na kvadratični ili kvadratni raspored, kapula mikrofona je okrenuta prema ploči i udaljena 2-3 mm od nje, usmjer.karak. izgleda kao polukugla

Stereo mikrofoni - sastoje se od 2 mikrofona u jednom kućištu uz mogućnost namještanja kuta između, svakoj kapsuli se može namješтati usmjer.karak.

XY stereo tehnika - koristi 2 mikrofona s jednatom usmjer.k., jedna kapsula šalje u lijevi, druga u desni kanal

MS stereo tehnika - koriste se 2 kapsule jedna srednja M koja snima zajednički signal i bočna S

$$\text{koja snima razliku}, M = \frac{L+R}{2}, S = \frac{L-R}{2} \quad \text{tj. } L = \frac{M+S}{2}, R = \frac{M-S}{2}$$



Osjetljivost i čuvanje mikrofona

Osjetljivost predstavlja odnos između dobivene razlike na izlazu mikrofona i razine zv. tlaka ispred, $\frac{\text{mV}}{\text{Pa}}$

Najosjetljivi su trakasti, 1 do $2 \frac{\text{mV}}{\text{Pa}}$, a najosjetljiviji kondenzatorski s desetak $\frac{\text{mV}}{\text{Pa}}$.

Zvučnici

načinem stvaraju?

Pretvara električnu energiju u akustičku. Najčešće se sastoji od membrane koja se pomije uz električnu polaru te proizvodi zvučne valove.

Vrste zvučničkih jedinica

Dinamički zvučnik - najviše se koristi, zbog kvalitete reprodukcije

Princip je slijedeći: na zavojicu koja se nalazi u polju permanentnog magneta je natjecuju membrane, struja koja teče zavojicom će s magnetskim poljem uzrokovati kretanje zavojice, a time i membrane.

Najveća razlika između zvučnika je u izvedbi membrane, jeftinije-papir, skuplje-titan ili elagasi tardi materijal.

Elektrostatski zvučnik - kao i kondenzatorski mikrofon radi na principu elektrostatskog privlačenja membrane

Sastoji se od velike, ravne, lagane membrane postavljene između dnežne ploče. Pomoću istovremjennog napona membrane se električki nabije, izmjenični napon se dovodi na ploče te se modulira elektrostatsko polje

Time se proizvede mehanička sila i membrane se giba te proizvodi zvučni val. Zvučnik se ne stavlja u kutiju nego zvuk izlazi kroz otvore na pločama.

Piezoelektrički zvučnici (za VF)

Kada se na piezoelektrični materijal dovede napon, materijal će se šintiti i skupljati u mramoru.

Zvučničke kutije

Zatvorene kutije - ima samo 1 ili više otvora

Zvučni val sa stražnje strane se emitira u kutiju. Dovodi do tlakonja zraka u kutiji na neki način prigušuje vibracije zvučnika. $f_{rez} = f_{rekv. na kojoj dolazi do najvećeg prigušivanja}$

Bas-refleks kutije - osim otvora za zvučničke jedinice ima i dodatne bojima se može ugoditi frez

Na određenim frekvencijama dolazi do emisije zv. valova iz sasnovog otvora, dakle karakteristike se zomajuju čime se poseže veća efikasnost i proširenyje frekv. područja prema HF.

Transmisije - u kutiju je ugrađen labirint, duljina te labirintske trake određuje frez, prednost za HF

Zvučnici s trubom Niski koeficijent ekomšteta je zbog velike razlike između akustičkog otpora zraka i el. otpora zraka.

Akustički otpor zraka se može smanjiti boljim pribagodenjem npr. uporabom trube koja podiže akustički otpor zraka i približava ga el. otporu zavojnice. Djelovanje trube je ograničeno na usko frekv. područje.

Zvučnički sustavi

Višesistemski zvučnici - kombinacija 2 ili više zvučnika za kvalitetniju reprodukciju, svaki pokriva određeno frekv. područje (dvosistemski, trisistemski ili višesistemski) (bas, srednjetonski, visokotonski zvučnici)

Zvučničke skretnice

Potrebno je odvojiti određeno frekv. područje za pojedine zvučničke jedinice, stoga se u zvučnike ugradjuju filter=skretnice.

Pozitivne skretnice - za pozitivne zvučnike, od reaktivnih elemenata, L, C, R ponadaju za poravnanje frek. karakteristike

Aktivne skretnice - svaka zvučnička jedinica ima svoje pojačalo s aktivnim filterom, fiksna rasporedjivanja

Značajke zvučnika (uglavnom navedene u specifikacijama)

Nazivna i muzička snaga - muzička viša od nazivne

Nazivna = efektivna električka snaga koja se može dugotrajno primijeti zvučniku bez da se uništiti

Muzička = kratkotrajna snaga koja će zagrijati zvučniku

Impedancija - (4 ili 8 Ω, sasno u uskom frekv. području)

Mjenja se s frekv., na NF raste, na SF pada te na VF opet raste, stoga je važno da pojačalo snage bude čisto napravljeno.

Osjetljivost - mjeri koja gavori koliko dobro zvučnik prenosi el. energiju u zvuku

Mjeri se tako da se zvučniku da el. snaga od 1 W te se na udaljenosti od 1m mjeri zv. tlak na raznim frekvencijama.

Uzmjerena karakteristika

Na NF zvučnici imaju omnidirekciju, što se frekv. povećava mi postaju sve usmjereniji prema doprjem.

Akustičke leće zvuk usmjeravaju u točno određenom smjeru.

Struktura sustava

Kontrolne funkcije

Pravilni raspored i namještanje pojačanja u sustavu ozvučenja je važna stvar.

Struktura pojačanja

Sustav ozvučenja se najčešće sastoji od izvora zvuka, mješala, određenih komponenata iza mješala, pojačala snage i zvučnika.

Kako pojačavamo signal tako pojačavamo i ēum. Bitno je stoga da mikrofonsko pretpojačalo bude što bliže mikrofonom. Optimalno mješanje za jake niske signale je audio transf., podiže signal pomoću razlike u broju navoja.

Važan parametar kod kalibracije sustava je rezerva signala.

Metoda jediničnog pojačanja

Najjednostavnija metoda za kalibraciju sustava. Svi uređaji iza mješala imaju pojačanje 1 ili im se svima razina postaviti na jednaku vrijednost. Mješalo u tom slučaju obično ima najveću dijaskomiku.

Optimizirana metoda jediničnog pojačanja

Princip kalibriranja se bazira na generiranju slijedećeg signala određene razinе na ulazu u mješalo. Zadnji potenciometar koji služi za regulaciju glasovne cijelosti sustava se dovrši u takav položaj da na izlazu iz mješala neće izlazni signal. Pojačanje pojedine komponente treba postaviti na 1 i provjeriti je li došlo do rezanja na izlazu iz te komponente. Ako je došlo tada treba smanjiti razinu na ulazu tako da te mjeri dok ne počne rezanje. Prednost: razina se namješta na mješalu bez opasnosti da će kod ostalih komponenata doći do izobličenja.

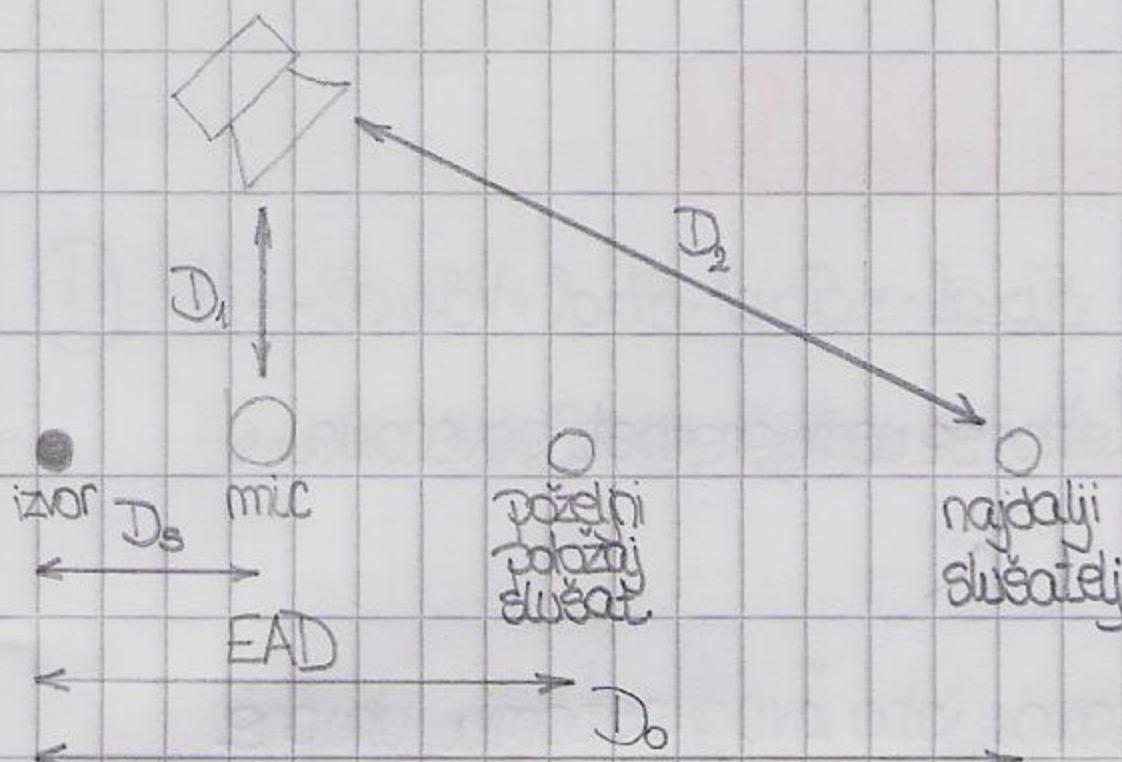
Snaga pojačala i zvučnika

Za određivanje snage zvučnika bitno je poznati vredni faktori signala koji će se reproducirati.

Kod pojačala je stvar drugačija jer je maksimalna razina ograničena napinom napajanja te će i kratkotrajna povećanja razine signala možda uzrokovati izobličenja. Dakle potrebna je veća rezerva efektivne snage nego kod zvučnika.

Jednostavni model ozvučenja

Sustav ozvučenja na otvorenom. Jedini osnovni parametar na koji treba paziti je da s dvostrukom udaljenosti razina signala pada za 6,02 dB.



Lokacija i rasporeda dočekujućeg učitača

Jednostavni uvezeni učitač - jednostrani mafid

D = d + 10

Uzimajući u obzir da je učitač u sredini između dva slušatela

D = d + 10

Uzimajući u obzir da je učitač u sredini između dva slušatela

$$L_p = L_p - 20 \log \frac{D}{D}$$

Akustički dobitak

Određuje razliku u dB na mjestu slušatelja između razine zv. tlaka sa uključenim i isklj. sustavom oznješta.

Mikrofonija i potencijalni akustički dobitak

Akustički dobitak se može povećati jednostavnim podizanjem razine signala, ali će u jednom trenutku doći do mikrofonije, neželjenog efekta kada mic snimi signal sa zvučnika, taj signal vidi u sustav i pojača se.

Potencijalni akustički dobitak (PAG) je max. akustički dobitak prije mikrofonije. PAG razine je odaje 6 dB (FSM) (margin stabilnosti mikrofonije) jer se pokazuje da sustav koji radi vrlo blizu PAG razine pokazuje pojaku mising efekta i ističe određene frekvencije. $PAG = 20 \log \frac{D_0 D_1}{D_s D_2} - 10 \log NOM - 6 \text{ dB}$

Šum, rezerva i potrebna električna snaga

Idealan zvuk koji dolazi iz zvučnika bi trebao biti minimalno 25 dB iznad razine buke tj. šuma.

Razlika između maksimalne i presegne razine naziva se REZERVA (H). Za gavon je 10 dB rezerve dovoljno, a za glazbu 20 dB. Uz razine osjetljivosti zvučnika (L_s), potrebanu razine (L_p) na udaljenosti (D_2) možemo izračunati potrebnu električnu snagu EPR. $EPR = 10^{\frac{L_p + H - L_s + 20 \log \frac{D_2}{1m}}{10}}$

Ekvivalentna akustička udaljenost (EAD)

Koliko blizu slušatelj treba biti izvoru zvuka da ga može dobro čuti tj. razumjeti (uz buku 45 dB + 25.. 0.7m, 1.2m)

Ako je poznata razine zvuka L_p na refer. udalj D_s , uz željenu razine na mjestu slušatelja L_p . $EAD = D_s 10^{\frac{L_p - L_p}{20}}$

Potreban akustički dobitak

Da bi se postigla željena raza za dan izvor zvuka. $NAG = 20 \log \frac{D_0}{EAD}$

Sustav ozvučenja zatvorenih prostora

Q faktor zvučnika - određuje njegovu usmjerenost

Kada zvučnik ima omnididirekcijsku usmjer. karakter. Q faktor iznosi 1. Kako se usmjerenost povećava i Q raste. Indeks usmjerenosti: $D_1 = 10 \log Q$

Konstanta prostornje R - mjera živosti prostornje, niski R označava jako živu prostoriju ukupne površine S i prosječnog koef. apsorpcije \hat{a} $R = \frac{S\hat{a}}{1-\hat{a}}$

Kritična udaljenost D_c - udaljenost od izvora na koji je razina direktnog signala jednaka razini refleksija $D_c = 0.141 \sqrt{\frac{QS\hat{a}}{N}}$, N...ukupni broj zvučnika

Grušanje zvuka u zatvorenim prostorima - vrijedi zakon dometnog kvadrata, ali samo za direktni zvuk, pretpostavlja se da je razina reflektiranog snegdje jednaka

$$L'_p = (L_p - 20 \log \frac{D}{D}) + 10 \log \frac{g(D)}{g(D)} \quad \text{... kao i za otvorene svr. gamo zadaji član dolježava reverberativno p.}$$
$$g(x) = Dc^2 + x^2 \quad \text{... } x \text{ je neka udaljenost}$$

$$EPR = 10 \frac{L_p + H - L_s + 20 \log \frac{D_2}{1m} - 10 \log \frac{g(D_2)}{g(1m)}}{10} \quad \text{... potrebna električna snaga}$$

Postavlja se pitanje da li će doći do mikrofonije pa se jednadžbe za PAG i NAG korigiraju.

$$PAG = 20 \log \frac{D_0 D_1}{D_0 D_2} - 10 \log NOM - 6dB - 10 \log \frac{g(D_0)g(D)}{g(D_0)g(D_2)}, \quad NAG = 20 \log \frac{D_0}{EAD} - 10 \log \frac{g(D_0)}{g(EAD)}$$

Završni ispit 2008./2009.

$$① U_1 = -30 \text{ dBV} + 20 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = -20 \text{ dB}$$

$$U_2 = -40 \text{ dBV} + 20 \text{ dB} - 5 \text{ dB} = -25 \text{ dB}$$

$$U_1 [\text{dB}] = 20 \log \frac{U_1}{1 \text{ V}}$$

$$U_1 = 0.1 \text{ V}$$

$$U_2 [\text{dB}] = 20 \log \frac{U_2}{1 \text{ V}}$$

$$U_2 = 0.056234 \text{ V}$$

$$U_3 = U_1 + U_2 = 0.156234 \text{ V}, \quad U_3 = -16.124 \text{ dB}$$

$$U_4 = -16.124 \text{ dB} + 10 \text{ dB} = -6.124 \text{ dB}$$

$$U_5 = -6.124 \text{ dB} - 5 \text{ dB} = -11.124 \text{ dB}$$

$$U_6 = -11.124 \text{ dB} + 30 \text{ dB} = 18.875 \text{ dB}$$

$$U_6 = 8.786 \text{ V}$$

$$R = 8 \Omega$$

$$P = U^2 / R = 9.65 \text{ W}$$

$$P = 9.84 \text{ dBW}$$

② A/D pretvarač

$$b=4$$

raspon analognog signala od 0 do 2, $U_W = 2 \text{ V}$

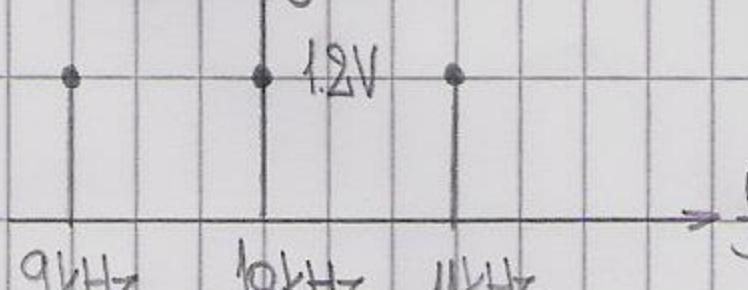
$$U = 1.2 \text{ V}$$

$$f_S = 1 \text{ kHz}$$

$$f_U = 10 \text{ kHz}$$

$$N = 2^b = 16$$

$$q = \frac{U_W}{N-1} = \frac{2 \text{ V}}{15} = 0.133$$



$$\text{Dinamika} = 6.02 \cdot n + 1.73 = 25.8 \text{ dB}$$

$$(3) P=100W$$

$$R=8\Omega$$

$$U = \sqrt{P \cdot R} = 28.28V$$

$$U = 31.25dBu$$

$$U_1 + 30dB = 31.25dBu$$

$$U_1 = U_{max} = 1.25dBu$$

Bud. Bud. tigej inčno

(4) frekv. karakteristika operacijskog pojačala bez pov. veze

$$f_1 = 10Hz$$

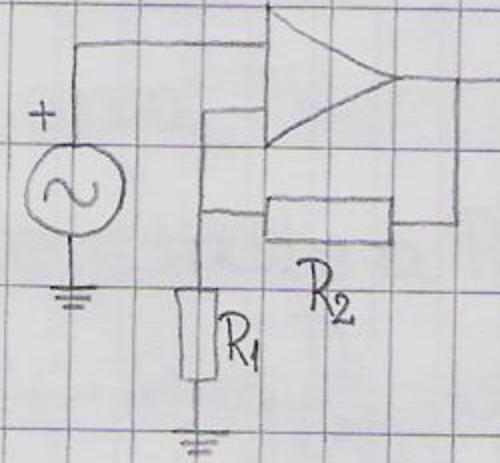
$$f_2 = 10kHz$$

$$N = \log \frac{f_2}{f_1} = 3 \text{ dekade}$$

$$20 \frac{dB}{dekadi} \cdot 3 \text{ dekade} = 60dB$$

$$A = 100dB - 60dB = 40dB (\text{s pov. vezom})$$

Neinvertirajuće pojačalo s povratnom vezom:



(5) pojačalo klase A, $\eta = 50\%$

$$P_z = 100W \rightarrow P_D = 100W \rightarrow P_{ukupno} = 200W$$

$$T_J = 150^\circ C$$

$$T_A = 40^\circ C$$

$$R_{vezni i silik.} = 0.4^\circ C/W$$

$$R_{hladnjaka} = ?$$

$$T_J = P_D R_{ukupno} + T_A$$

$$R_{ukupno} = 1.1^\circ C/W$$

$$R_{hladnjaka} = 1.1^\circ C/W - 0.4^\circ C/W = 0.7^\circ C/W$$

⑥ Sustav ozvučenja na otvorenom prostoru: ~~Boč. Fok. fiksni inžen.~~

$$L_s = 100 \text{ dB}$$

$$D = 50 \text{ m}$$

$$L_p = 80 \text{ dB}$$

$$H = 10 \text{ dB}$$

4 zvučnika

$$EPR = ?$$

4 izvora nam moraju dati 90dB, ali kako djeluju 4 još se dodaje $10 \log 4 = 6 \text{ dB}$, dakle svaki mora dati $90 - 6 = 84 \text{ dB}$

$$EPR = 10 \frac{84 - L_s + 10 \log D_2}{10} = 62.8 \text{ W} \text{ (svaki zvučnik)}$$

Završni ispit 2007./2008.

1. frekv.karakt. operac.pojачala bez pov.veze

$$f_1 = 20 \text{ Hz}$$

$$f_2 = 20 \text{ kHz}$$

$$N = \log \frac{f_2}{f_1} = 3 \text{ dekade}$$

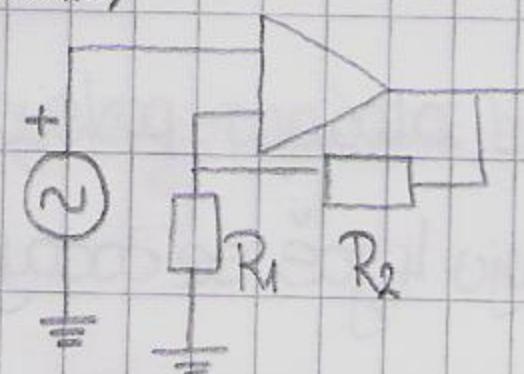
$$20 \text{ dB/dekadi} \cdot 3 \text{ dekade} = 60 \text{ dB}$$

$$A = 100 - 60 = 40 \text{ dB} = 100 \text{ (linearno)}$$

Neninvertirajući spoj:

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$99R_1 = R_2$$

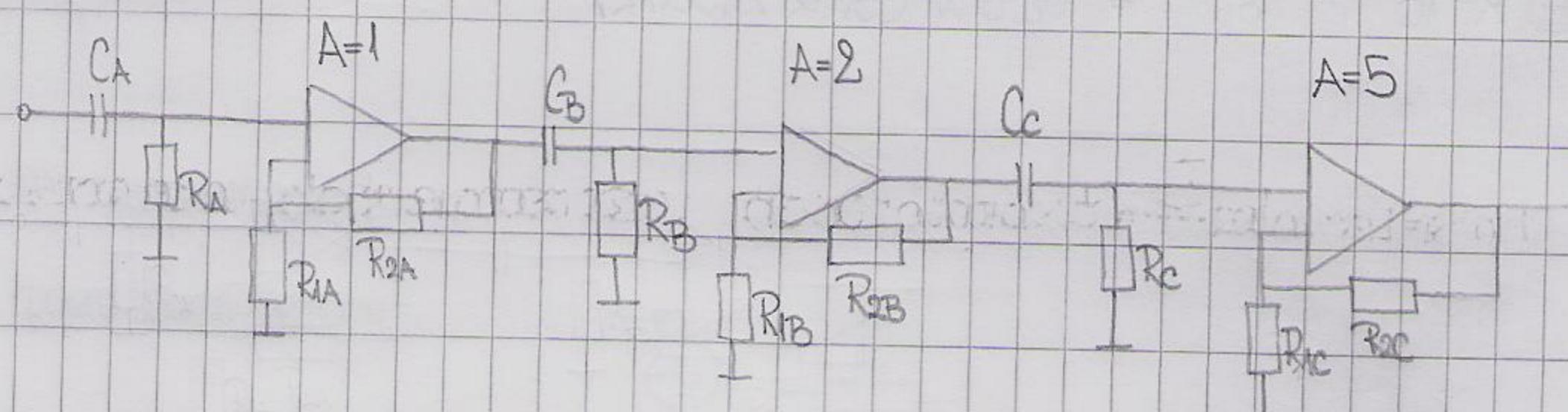


$$R_1 = 1 \text{ k}\Omega, R_2 = 99 \text{ k}\Omega$$

2. VP filter 3.reda

$$f_d = 100 \text{ Hz}$$

$$A = 10$$



$$1 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$2 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$5 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_2 = 0$$

$$R_1 = R_2$$

$$4R_1 = R_2$$

$$R_1 = \text{bilo}\ \check{c}\text{to}$$

$$R_1 = R_2 = \text{npr. } 1 \text{ k}\Omega \quad \text{npr. } R_1 = 1 \text{ k}\Omega, R_2 = 4 \text{ k}\Omega$$

$$f_d = \frac{1}{2\pi R C} = 100 \text{ Hz}$$

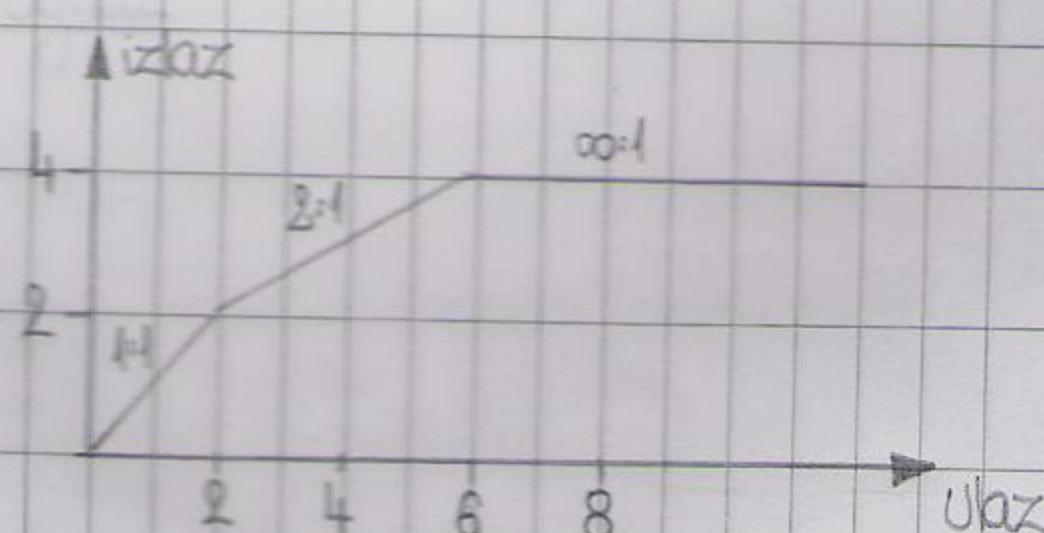
$$\text{npr. } R = 1 \text{ k}\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi f_d R} = 1.6 \mu\text{F}$$

3. Kompresor je uređaj za dinamičku obradu signala. Ne ograničava razinu signala nego smanjuje pojачanje signala u ovisnosti o njegovoj razini. Limiter za razliku od kompresora ograničava razinu signala i ne dozvoljava daljnji rast signala (nereže).

2 dBV] parametri kompresije
2 : 1]

izlazni signal ne pređe 4 dBV



④ Rad pojačala u klasi D:

Analogni signalni put

Bazira se na pulso-šiminskoj modulaciji. Trajanje poluperioda pravok. signala ovisi o razini analognog. Na izlazu iz modulatora se nalaze pravokutni signali koji se dovode do tranzistora (MOSFET-ii). Uz takvu radnu prelazu iz zapisa (struja je 0) u zaslonje (pad napona je 0). Kada se u bilo kojem slučaju poveća U_{il} ispada da je $P_d=0$ tj. $\eta=100\%$. U realnosti je taj prelaz nešto duži pa je $\eta=90\%$.

⑤ Sustav označenja oborenog prostora.

$$L_s = 90 \text{ dB}$$

$$D = 50 \text{ m}$$

$$L_p = 65 \text{ dB}$$

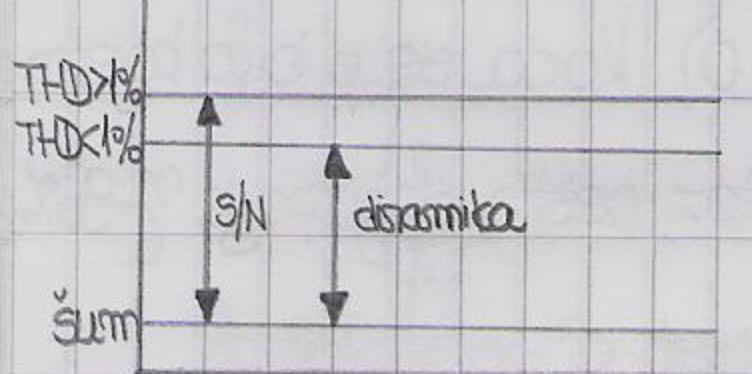
$$H = 10 \text{ dB}$$

$$EPR = 10^{\frac{L_p + H - L_s + 20 \log D}{b}} = 79 \text{ W}$$

$$L_p(0) = L_s - 20 \log \frac{D}{1 \text{ m}} = 90 - 20 \log 50 = 56 \text{ dB} \quad (\text{a potrebo je } 75 \text{ dB, dakle potrebno je povećanje za } 19 \text{ dB})$$

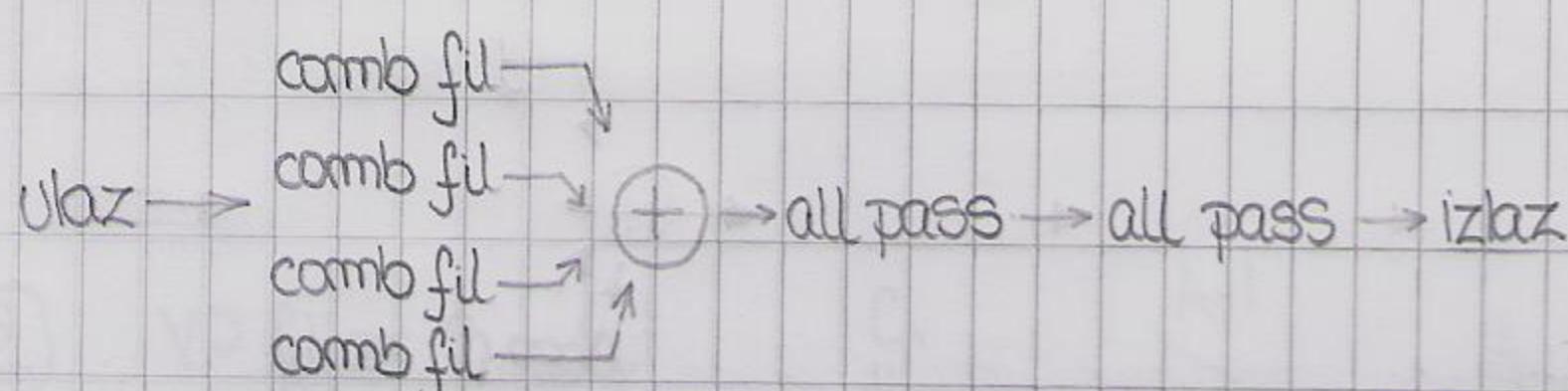
2. maturispit 2008/2009.

- ① Odnos s/n nam govori koliki je odnos između max. razina signala i šuma, a dinamika prikazuje odnos najglasnijeg prema najtišem signalu uz određenu razinu izdobljenja.

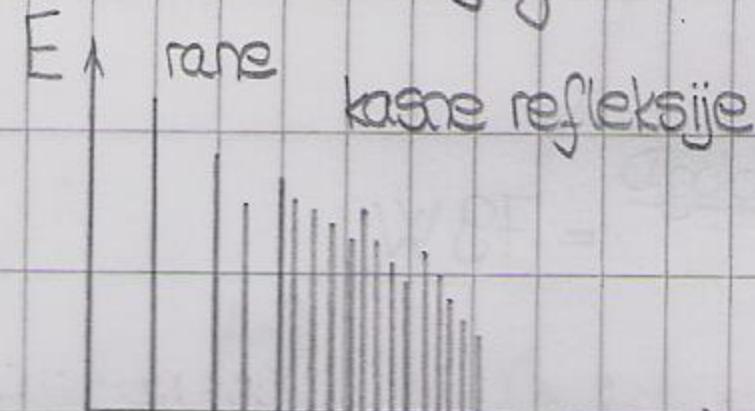


- ② Reverb efekt predstavlja odjek neke prostorije. Vrijeme odjeka je ono vrijeme koje je potrebno da razina zv. tlaka pada za 60dB.

Pričnjajelska shema:



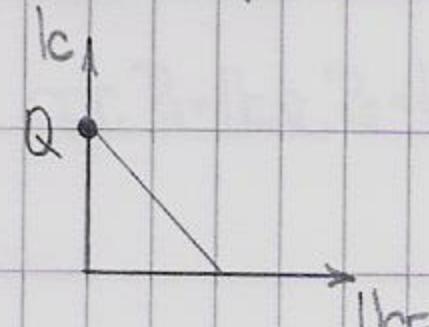
Vremenski dijagram:



Razlika između echo efekta i reverb-a je to što je kod echo vrijeme kašnjenja tačno definirano, a kod reverba se stalno mijenja.

- ③ Kod pojačala snage klase B svaki od izlaznih tranzistora vodi sasmo jednu polusperiudu, a da bi se to dogodilo mora se kompenzirati pad napona na spoju baza-emitter tj na baze tranzistora se doradi mali napon od 0.6-0.7V.

Radni pravac i radna točka:



$\eta = 78.5\%$ kada se na izlazu nalazi signal najveće amplitude. Najveća dissipacija je kod normirane izlazne snage 40%.

$$\textcircled{4} \quad \eta = 70\%$$

$$P_z = 100 \text{ W}$$

$$P_{ukupno} = 142.86 \text{ W}, P_D = 12.86 \text{ W}$$

$$T_J = 150^\circ\text{C}, T_A = 40^\circ\text{C}$$

$$R_{ostalo} = 1^\circ\text{C/W}$$

$$T_J = P_D R_{ukupno} + T_A$$

$$R_{ukupno} = 2.566^\circ\text{C/W}$$

$$R_{naknadno} = R_{ukupno} - R_{ostalo} = 1.566^\circ\text{C/W}$$

$$dužina (\text{cm}) \approx 10 \text{ cm}$$

⑤ Ekspander radi suprotno od kompresora, dokle regulira pojčasje ispod neke granice vrijednosti.

Može se konstituti na 2 načina: tako da snižuje pojčasje ispod neke razine ili da podiže razinu tih signalata.

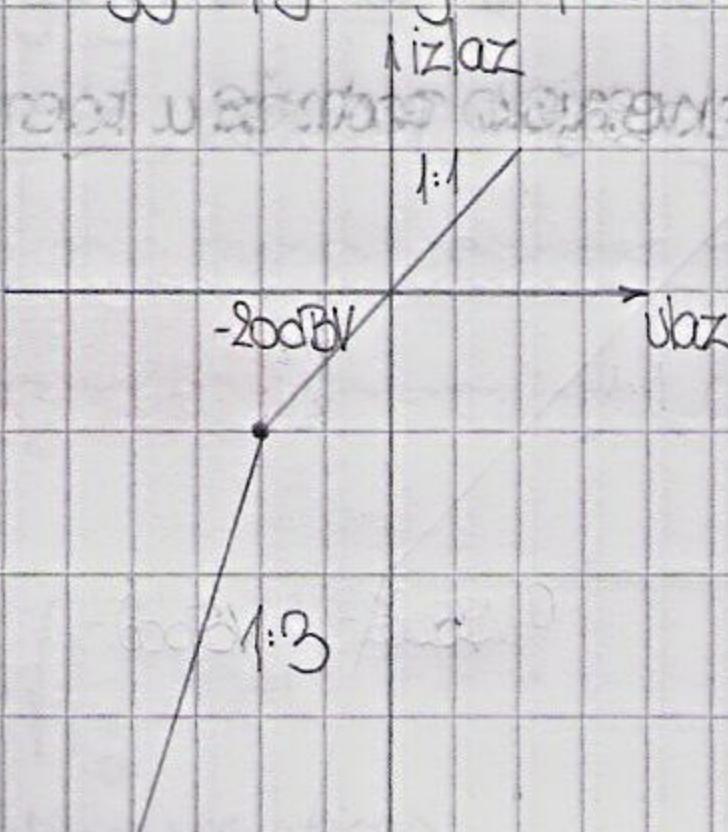
-20 dBV } parametri ekspandera

1:3

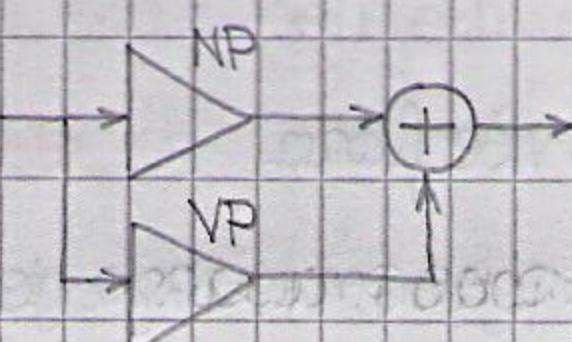
Uzor: 1mV, izlaz=?

Uzor = -6dBV

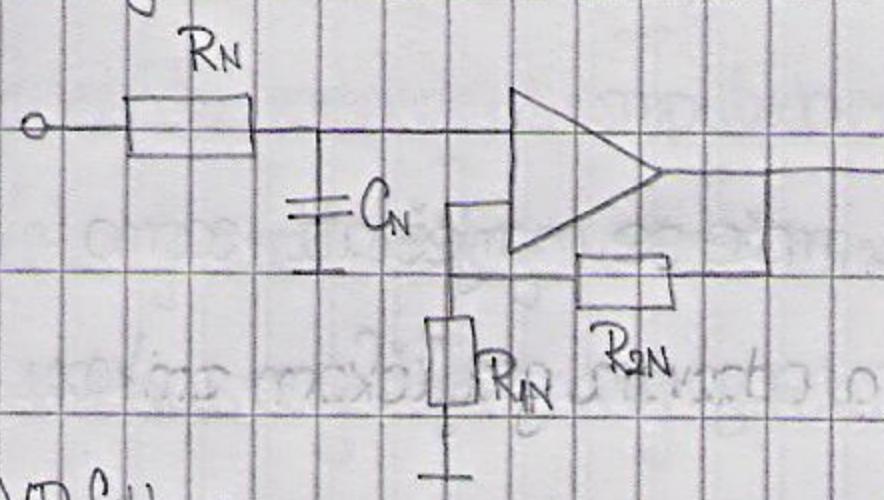
Izlaz = -14dB = 0.1 μV



⑥



NP filter

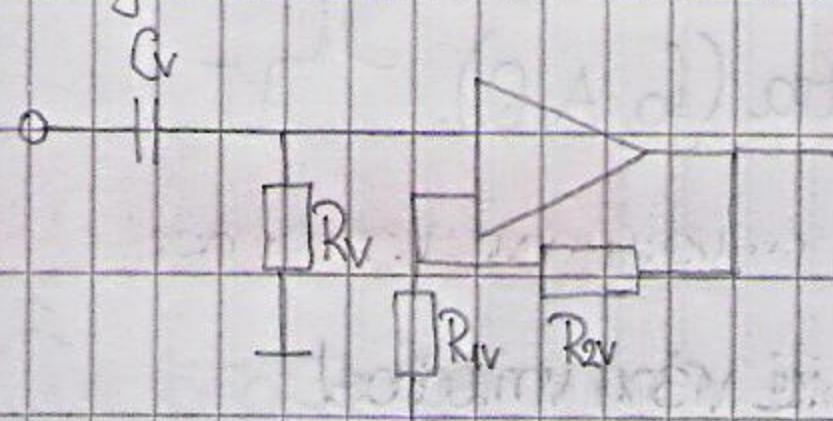


$$A_V = 1 + \frac{R_N}{R_{N'}} = 20 \text{ dB} = 10$$

$$9R_{N'} = R_N = 9 \text{ k}\Omega$$

$$f_g = \frac{1}{2\pi R_N C_N} = 1 \text{ kHz}, R_N = 1 \text{ k}\Omega, C_N = 159 \text{ nF}$$

VP filter

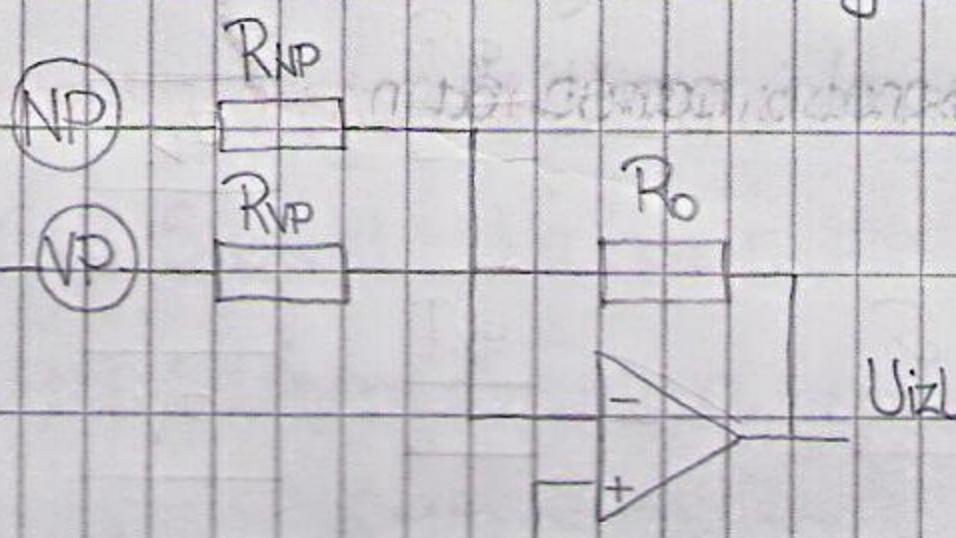


$$A_V = 1 + \frac{R_V}{R_{V'}} = 10 \text{ dB} = 3.16$$

$$3.16 R_{V'} = R_V = 3.16 \text{ k}\Omega$$

$$f_g = \frac{1}{2\pi R_V C_V} = 5000 \text{ Hz}, R_V = 1 \text{ k}\Omega, C_V = 31 \text{ nF}$$

Konstruirasi sklop: NP; VP na zbrojalo

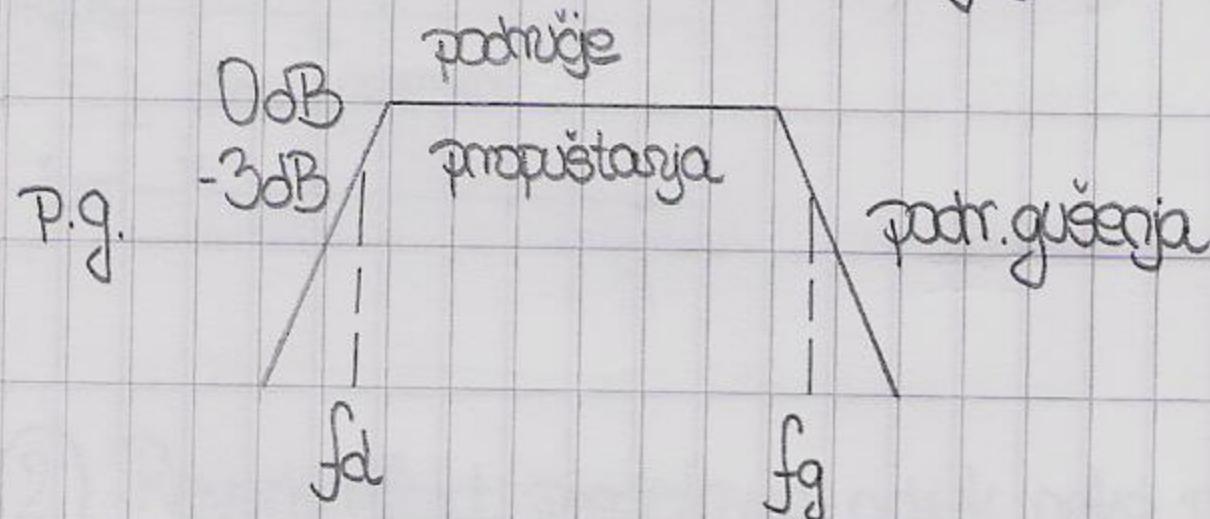


2. maturispit 2007./2008.

① Iati kao 2.MI 2008/2009. 2.zad.

② Pojasni propust predstavlja određeno frekvenčko područje u kojem se signal propušta.

Glavne karakteristike svakog filtra:



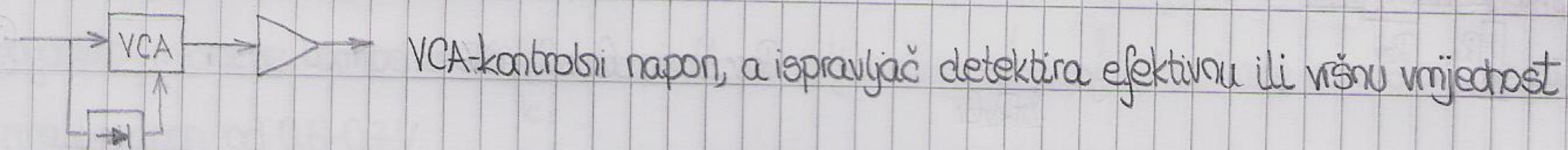
Filtar višeg reda se postiže kaskadijanjem (spajanjem u seriju) više filtera.

Q faktor predstavlja faktor dobrote ili prigušenja, što je Q veći pojas propuštanja je uži, govori nam koliko je dobar titrajni krug, $Q = \frac{f_0}{f_g - f_d}$.

③ Grafički ekvalizator se sastoji od niza filtera sa fiksnim frekvenčjama, može se namještati samo pojačanje određenog filtra (filteri su spojeni paralelno). Položaj potencijometra odgovara grafičkom prikazu frekv.karakteristike.

Parametarski pak omogućuje namještanje svih osnovnih parametara filtra (f_0, A, Q).

④ Kompressor!



⑤ Balansirani signal se prenosi balansiranim kablom, trožiljim. Prenosi se signal i isti takav samo zakrenut u fazi. Na izlazu je diferenc.pogačalo koje udvostruči signal i poništi šum.