

Mikrofoni

Mikrofon daje električni signal, ki je sorazmeren nihanju molekul zraka zaradi zvoka.

Molekule se zaradi zvoka premikajo le malo, tipična vrednost je pod 10^{-7} m (Physics for scientist and engineers, izdaja 9, stran 514). Zračni pritiski, ki pri tem nastanejo, so majhni. Tudi to je razlog, da je električni signal iz mikrofona majhen, tipična vrednost znaša nekaj mili voltov.

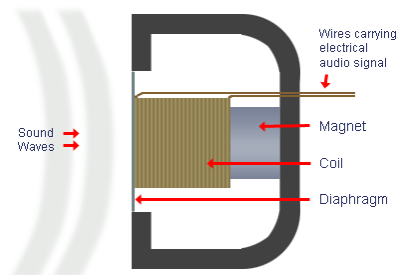
Majhne izhodne napetosti na priključkih mikrofona niso uporabne, zato jih povečamo z ojačevalnikom. Pri tem je navadno treba paziti, da skupaj s koristnim signalom iz mikrofona ne povečamo še motenj, ki jih žice polovijo iz okolice mikrofona. Signale lahko opazujemo na osciloskopu, a potrebujemo takega, ki ima vhodno občutljivost vsaj 10 mV/razdelek. Zanima nas samo izmenična komponenta signala, zato je smiselno prestaviti osciloskop v način AC. Signal bo lažje opazovati, če zna osciloskop pokazati frekvenčni spekter.

V mikrofoni izkoriščamo različne fizikalne efekte, ki pa imajo isti cilj: čim bolj verno prevesti nihanje molekul v električni signal. Najpogosteje uporabljamo (ne nujno v tem vrstnem redu) dinamični, kondenzatorski, ogljeni, tračni in elektret mikrofon.

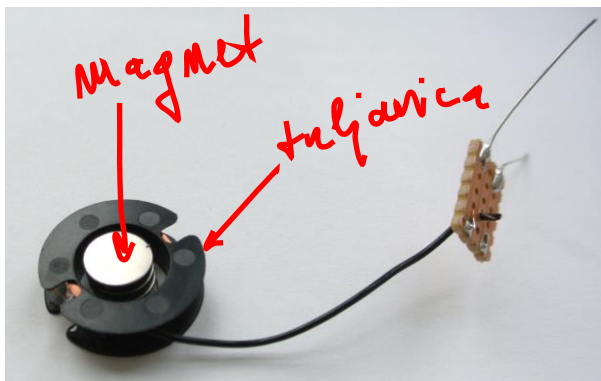
Dinamični mikrofon

Postavimo tuljavico v magnetno polje. Vsak premik tuljavice (res vsak ?) v magnetnem polju povzroči, da se v njej inducira napetost. Če tuljavico pritrdimo na membrano, ki niha v ritmu nihanja zračnih molekul, je inducirana napetost sorazmerna zvoku. Skica zgradbe dinamičnega mikrofona je na sliki 1.

Delovanje mikrofona demonstriramo s permanentnim magnetom in tuljavico po sliki 2. Tuljavico navijemo na tuljavnik s premerom do nekaj centimetrov. Ovojev naj bo nekaj sto, primerna je tanka žica premera 0,1mm. Tokrat nismo uporabili membrane, saj za demonstracijo ne pričakujemo velike občutljivosti za zvok ali delovanja v vsem področju zvočnih frekvenc. Zadošča že prava razporeditev tuljavice in magnetna na mizi ter na primer žvižganje v bližini postavitve.



Slika 1: Dinamični mikrofon
<http://www.mediacollege.com/audio/microphones/dynamic.html>



Slika 2: Postavitev za dinamični mikrofon



Slika 3: Dinamični mikrofon z opno

Mikrofon lahko izboljšamo tako, da na posodo (tista za skuto se zdi primerne velikosti) napnemo plastično opno in nanjo postavimo (pritrdimo ?) tuljavico, slika 3. Še prej v posodo tik pod opno pritrdimo permanentni magnet. Amplituda nihanja tuljavice bo zato večja, večji bo tudi izhodni signal.

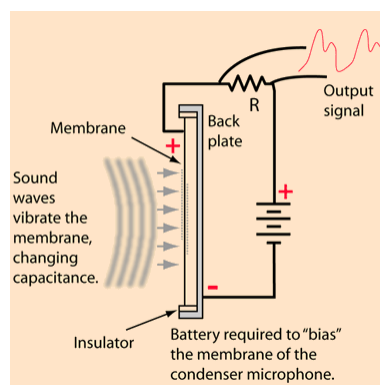
Namig: Permanentne magnetne se da kupiti: <http://www.svetmagnetov.com/>. Če ste pripravljeni čakati na pošiljko, lahko poskusite na <http://www.dx.com/s/magnets>. Dober vir permanentnih magnetov so trdi diski starih računalnikov, slika 4. Tudi tisti magneti, ki so primerni za zapiranje vrat omare, so uporabni (Merkur, ...).



Slika 4: »Najdišče« permanentnih magnetov

Kondenzatorski mikrofoni

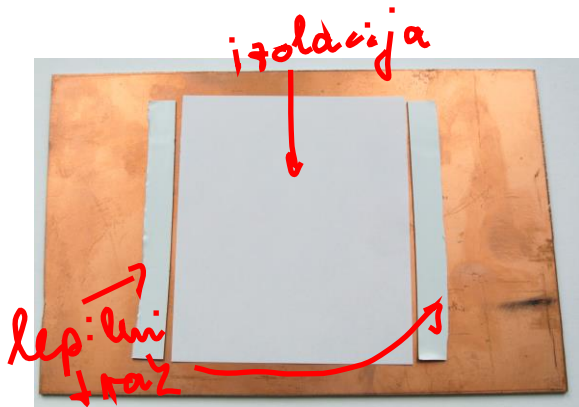
Naredimo ploščni kondenzator tako, da je prva plošča trdna in stabilna, druga plošča pa naj se prvi približuje in od nje oddaljuje v ritmu zgoščin in razredčin zvoka. Kapaciteta kondenzatorja se torej spreminja v ritmu zgoščin in razredčin. Če poskrbimo, da je na kondenzatorju stalna napetost, zaradi spreminjanja kapacitete kondenzatorja vanj in iz njega teče tok, ki je sorazmeren spremembi kapacitete in hitrosti njenega spreminjanja. Ko ta tok teče skozi upornik R, povzroči na njem padec napetosti, ki je spet sorazmeren nihanju molekul zraka. Shema je na sliki 5.



Slika 5: Kondenzatorski mikrofoni
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/audio/mic2.html>

Enostavno? Ne čisto, saj so amplitude nihanja molekul zraka majhne, zato se druga plošča le malo ziblje pred prvo in sprememba kapacitete je majhna. Tudi za zelo velike $R = 10 \text{ Mohm}$ je izhodna napetost mikrofona majhna in potreben je ojačevalnik, ki ima veliko vhodno upornost in ojačenje.

Delovanje kondenzatorskega mikrofona demonstriramo po sliki 6. Na trdno podlago, ki jo predstavlja plošča tiskanega vezja FR4 in je hkrati prva plošča kondenzatorja nalepimo izolacijski material, morda plastično folijo velikost 100mm x 100mm. Ob robu folije nalepimo dvostranski lepilni trak debeline okoli 0,5mm, nanj prilepimo aluminijevo folijo, ki predstavlja drugo ploščo kondenzatorja. Folijo napnemo tako, da je med obema ploščama kondenzatorja razmik, plastična folija pa le preprečuje morebitne kontakte obeh plošč. Kapaciteta izdelanega kondenzatorja znaša okrog 150 pF. Izberemo



Slika 6a: Tako naredimo model kondenzatorskega mikrofona



Slika 6b: Tako naredimo model kondenzatorskega mikrofona

upornik $R = 10$ Mohm in kondenzator ter upornik povežemo na napajalnik $U = 12$ V po skici na sliki 5. Izhodni signal mikrofona povežemo na ojačevalnik in poskusimo z žvižganjem.

Ker sta plošči kondenzatorja veliki pričakujemo, da se bo na njih influencirala znatna motilna napetost iz električnega omrežja, ki bo morda celo preglasila električni signal zaradi zvoka. Vplivov okoliških električnih signalov se znebimo tako, da kondenzatorski mikrofona zapremo v Faraday – evo kletko; pod mikrofona postavimo večjo ploščo aluminija in jo povežemo z enim polom baterije, čez mikrofona pa poveznemo kovinsko mrežo ali perforirano kovinsko škatlo.

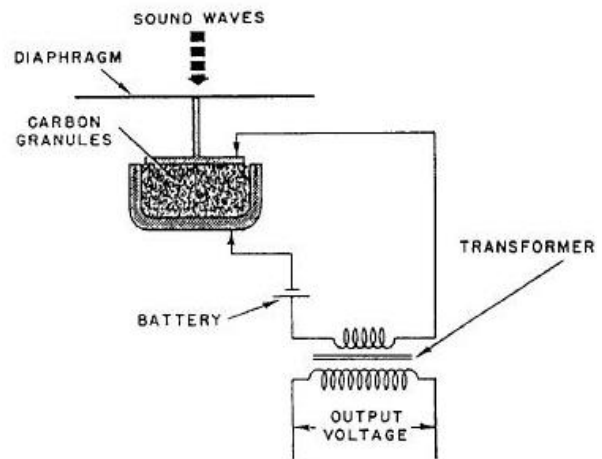
Ogljeni mikrofona

Zaradi stiskanja se stična površina med prašnimi delci poveča. Če uporabimo prašne delce materiala, ki sicer prevaja električni tok, a se delci le slabo dotikajo, je upornost plasti takega materiala velika. Upornost se zmanjša, ko prašne delce stisnemo, jih tako približamo in povečamo stično površino med njimi. Če prašne delce stiskamo v ritmu nihanja molekul zraka, se upornost spreminja v ritmu zvoka. Na takšen način deluje ogljeni mikrofona.

Spreminjanje upornosti ogljenega mikrofona prevedemo v napetost tako, da zaporedno vežemo baterijo, ogljeni mikrofona in upornik R , katerega upornost je prilagojena upornosti mikrofona. Zaradi spreminjanja upornosti mikrofona se spreminja tok skozi vezje, kar povzroči spreminjanje napetosti na uporniku R , ki predstavlja izhodni signal vezja.

Upornost ogljenega mikrofona je odvisna od polnila in velikosti, tipično pa je majhna. Zato so tokovi skozi mikrofona znatni (nekaj mA), padci napetosti pa majhni. Na sliki 7 je zato namesto upornika R uporabljen transformator z malim številom ovojev na primarni strani in večjim na sekundarni strani; to spremembe toka prevede v znatne spremembe napetosti na izhodu.

Delovanje ogljenega mikrofona pokažemo po sliki 8. V plastični lonček z lepilnim trakom nalepimo trak iz aluminijeve folije tako, da ta sega od dna lončka preko njegovega roba; ta trak je prvi priključek mikrofona. Na drug plastični lonček enake velikosti nalepimo trak iz aluminijeve folije na zunanjo stran. Tudi ta trak naj začne na dnu lončka in sega prek zgornjega roba lončka; ta trak predstavlja drugi priključek mikrofona.



Slika 7: Ogljeni mikrofona

<http://interiorcommunicationselectrician.tpub.com>



Slika 8: Tako sestavimo model ogljenega mikrofona

V prvi lonček nasujemo prah prevodnega materiala tako, da prekriva folijo na dnu. Primeren je prah grafitu (svinčnik, zidarSKI je še posebej primeren, ali pa grafitno pisalo, ki ga dobite v trgovinah s potrebščinami za slikarje; tak material je treba zdrobiti ali odbrusiti v prah), da se uporabiti tudi zmleto oglje (piknik pripomoček) ali pa ogljene tablete (dobite jih v lekarnah). Avtor je najboljše rezultate dosegel z zmletim grafitom, pri oglju je bilo več težav zaradi sunkovitih sprememb upornosti med prašnimi delci.

Drugi lonček postavimo v prvega in pomerimo upornost med priključkoma. Nato izberemo upornik R podobne ali večje vrednosti ter povežemo tokokrog. Signal lahko opazujemo na osciloskopu, govoriti (žvižgati) pa je treba v lonček. Pozor! Če obrnete lončka na glavo, boste stresli prah. Precej truda bo potrebno, da iz čistega okolja laboratorija odstranite črne delce...

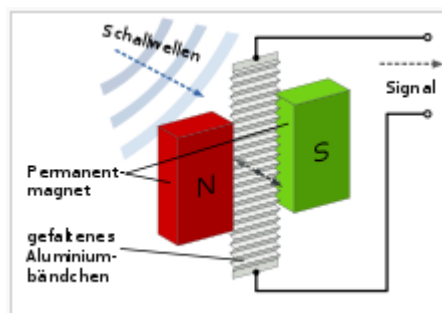
Gre pa tudi enostavneje, a manj kvalitetno, glej sliko 9.



Slika 9: Zelo enostaven ogljeni mikrofonski aparat z vložki za tehniški svinčnik

Tračni mikrofonski

Pri do sedaj opisanih mikrofonskih je treba v ritmu zgoščin in razredčin zibati relativno veliko maso (tuljavico ali membrano, s katero pritiskamo na oglje). Temu se ognemo, če v ritmu zibanja molekul zraka niha tanek trak prevodnega materiala, na primer trak aluminijeve folije. Če nihajoči trak postavimo v magnetno polje (slika 10), se med njegovima koncema inducira električna napetost, ki je sorazmerna nihanju traka. To je izhodni signal tračnega mikrofona.

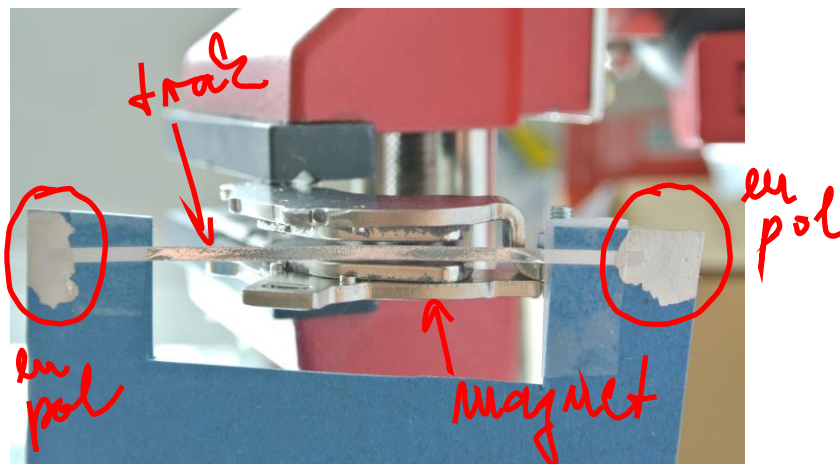


Slika 10: Tračni mikrofonski aparat
https://en.wikipedia.org/wiki/Ribbon_microphone

Pri dinamičnem mikrofonski je v magnetnem polju nihala tuljavica z mnogo ovoji in izhodni signal je bil majhen. Tokrat v magnetnem polju niha le žica, zato je inducirana napetost zelo majhna; nujno je ojačenje. Tračni mikrofonski ne potrebuje napajanja, je pa napajanje nujno za ojačevalnik...

Delovanje tračnega mikrofona lahko demonstriramo po sliki 11. Uporabimo lahko permanentni magnet iz starega trdega diska računalnika, ki je že primerno oblikovan. Paziti moramo le na orientacijo magnetov in traka.

Po izkušnjah avtorja je trak najlaže napeti na primerno obrezan karton, ki ga nato s stojali fiksiramo na pravo mesto med magneti. Ker je trak tanek, je kontakte bolje učvrstiti na karton tako, da jih priključevanje žic (na primer s krokodilskimi sponkami) ne bo uničilo. Avtorju se je obnesla srebrna prevodna barva,

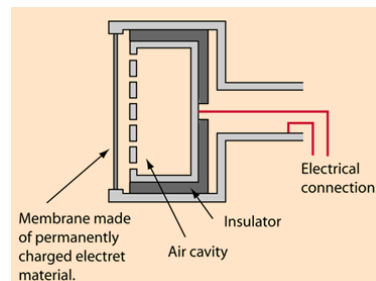


Slika 11: Tako demonstriramo delovanje tračnega mikrofona

ki jo je mogoče dobiti v trgovini Conrad (<https://www.conrad.de/de/leitsilber-mit-pinsel-3-g-inhalt-1-st-530042.html>). Z njo premažemo konce takega traku tako, da jih prekrijemo in prilepimo na kartonasto podlago. Tako obdelane konce nato brez bojzani zgrabimo s krokodilskimi sponkami.

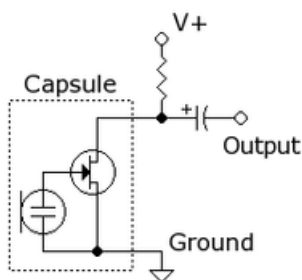
Elektret mikrof

Elektret mikrof

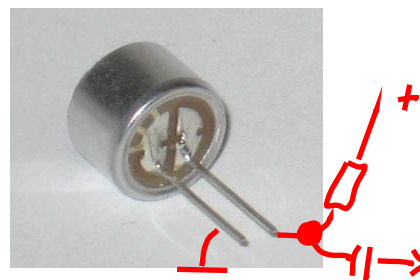


Slika 12: Princip delovanja elektret mikrofona
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/audio/mic2.html>

Influencirani naboj je majhen, zato je nujno potrebno uporabiti ojačevalnik z veliki vhodno upornostjo. Navadno uporabimo tranzistor tipa FET po sliki 13.



Slika 13: Shema za elektret mikrof
https://en.wikipedia.org/wiki/Electret_microphone



Slika 14: Tako izgleda elektret mikrof
<http://www.openmusiclabs.com/learning/sensors/electret-microphones/>

Napajalna napetost in vrednost upornika R sta predpisana v podatkih proizvajalca mikrofona. Ne bomo veliko zgrešili, če uporabimo napetost do 5 V in tak upornik, da bo na mikrof

Mikrofonski vhod osebnega računalnika

Iz izdelanih mikrof