

Senzory a zariadenia pre audio rozhranie

Juraj Kačur

Ústav telekomunikácií, FEI STU, Bratislava

Obsah

- **Vstupné zariadenia (mikrofóny)**
 - Typy, delenia, princípy, konštrukcie, vlastnosti
- **Výstupné zariadenia (reproduktory)**
 - Typy, delenia, princípy, konštrukcie, vlastnosti

2

Tato časť je venovaná fyzickým zariadeniam-senzorom, ktoré sprostredkovávajú vstup audio signálov do a výstup z počítača, teda rôznym druhom mikrofónov a reproduktorov. Budú postupne predstavené ich delenia podľa rôznych kritérií, rôzne princípy ich činností, výhody, nevýhody a použitie.

Vstupné zariadenia

- Mikrofóny

- Definícia- čo to je
- Typy
- Princíp činnosti
- Konštrukcie
- Vlastnosti – parametre
- Použitie
- Doplnkové zariadenia
- Výhody a nevýhody



3

Pri mikrofónoch budú predstavené najmä nasledovne parametre

Vstupné zariadenia

Mikrofón je zariadenie, ktoré mení zmenu akustického tlaku (v určitom frekvenčnom a tlakovom rozpätí) na elektrický signál (akustický menič)

Prvý mikrofón 1877

- Typy Mikrofónov

- Kondenzátorový

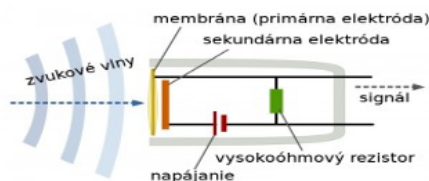
- Zmena tlaku sa prejaví na pohybe membrány, zvýšenie tlaku spôsobí pohyb membrány dnu. Membrána tvorí jednu elektródu kondenzátora

4

Existuje viacero princípov činnosti mikrofónov. Jeden z najbežnejších je založený na vlastnostiach kondenzátora. Jeho činnosť s vlastnosťami je vysvetlená v ďalšom texte a na obrázku.

Vstupné zaradenia

- Druhá elektróda je pevná. Priblížením elektród sa zmení (zväčší kapacita), oddialením zmenší
- Dva možné spôsoby fungovania:
 - Kondenzátor je napájaný JS napätím, zmenou kapacity sa mení prúd obvodu, ktorý je snímaný a zosilňovaný



- Kondenzátor je súčasťou rezonančného obvodu (podstatne vyššia rezonančná frekvencia ako hudobný rozsah), zmenou kapacity sa mení rezonančná frekvencia (frekvenčná modulácia), ktorá je následne demodulovaná na nízko frekvenčný audio signál

5

Existujú 2 časté (odlišné) spôsoby využitia kondenzátora v mikrofónoch, ktoré sú v stručnosti vysvetlene ďalej.

Vstupné zaradenia

- **Nevýhody**
 - Pri oboch postupoch detekcie musí byť napájaný externým obvodom
- **Výhody**
 - Veľmi kvalitný
 - Pri vhodnej konštrukcii membrány a polarizačného napätia je možné meniť smerové charakteristiky mikrofónu
- **Použitie**
 - Profesionálne záznamy, štúdiové mikrofóny
 - Meracie účely

Vstupné zaradenia

– Elektretový

- Kondenzátorový mikrofón, ktorého elektrické pole je vytvárané nevodivou látkou, ktorá ma stále statické napätie (elektret, niečo podobné ako permanentný magnet)
- Pohybom membrány sa mení kapacita a tým napätie medzi doskami.
- Zmena napätia je malá a musí sa zosilniť
- Nevýhody
 - Musí mať v mikrofóne elektroniku- zosilňovač
 - Zosilňovač musí mať napájanie
- Výhody
 - Kvalitný
 - Jednoduchá konštrukcia

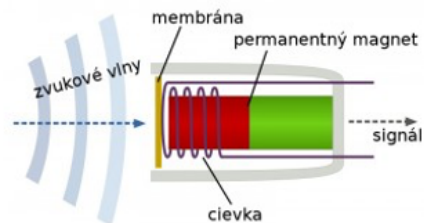
7

Podobný princíp činnosti ako kondenzátorový ma aj elekterový mikrofón, kde je ale elektrické pole vyvárané elektretom- latkou produkujúcou elektrostatické pole.

Vstupné zariadenia

– Dynamický

- Základom je cievka a permanentný magnet
- Permanentný magnet vytvára konštantné magnetické pole
- Cievka je pohyblivá a je spojená s membránou mikrofónu
- Pohybom cievky v magnetickom poli vzniká na nej napätie (elektromagnetická indukcia)



8

Asi najčastejšie používaným mikrofónom sú tzv. dynamické mikrofóny, ktoré využívajú na prevod zvukových signálov na elektrické pohyb vodiča- cievky v magnetickom poli (el. mag. indukcia)

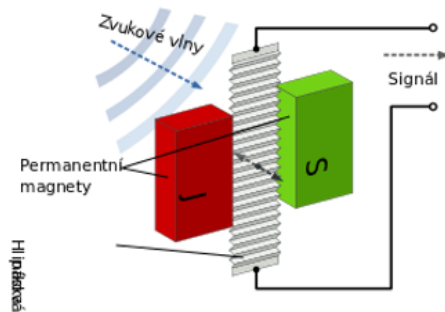
Vstupné zaradenia

- Nevýhody
 - Nižšia citlivosť
- Výhody
 - Robustný voči vysokým zmenám tlaku
 - Jednoduchá konštrukcia
 - Netreba externé napájania
- Použitie
 - Ozvučenie spoločenských „živých“ akcií, kde je potenciálne veľká zmena rozsahov tlaku
 - Hlasitý spev

Vstupné zariadenia

– Páskový mikrofón

- Variant dynamického kondenzátora
- Na membráne je kovový pások
- Pások je v magnetickom poli
- Generuje napätie elektromagnetickou indukciou



10

Jemnou modifikáciou dynamického mikrofónu je tzv. páskový mikrofón ktorý je zobrazený na nasledovnom obrázku.

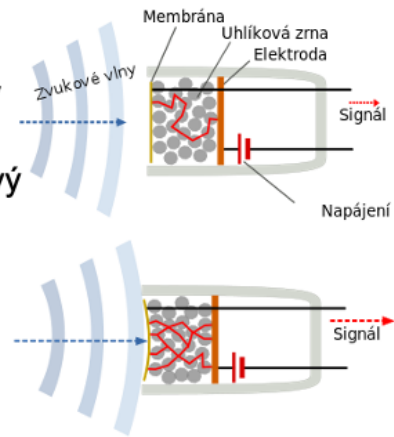
Vstupné zaradenia

- Výhody
 - Veľmi jednoduchá konštrukcia
 - Nevyžaduje napájanie
- Nevýhody
 - Malá citlivosť
 - Malá mechanická odolnosť
- Použitie
 - Štúdia
 - Uzavreté priestory
 - nepohyblivé

Vstupné zariadenia

– Uhlíkový mikrofón

- Veľmi rozšírený, najmä v telefónii (skôr história)
- Membrána stláča uhlíkový prach, ktorý mení svoj odpor
- Pri konštantnom napätí zmena veľkosti prúdu
- Priamo ovplyvňuje prechádzajúci signál- moduluje ho zvukom



12

Ďalším najmä v minulosti veľmi často používaným a jednoduchým mikrofónom je uhlíkový mikrofón, ktorí bol využívaný v pevných telefónoch.

Vstupné zaradenia

– Výhody

- Priamo cez neho ide zvukový signál, nevyžaduje demodulátory, alebo zosilňovače

– Nevýhody

- Veľmi nízka kvalita
- Menšia citlivosť

– Použitie

- Veľmi masívne v telefónii (skôr história)

Vstupné zaradenia

– Piezoelektrický mikrofón

- Využíva piezoelektrický jav: fyzickou zmenou materiálu dochádza ku generovaniu napätia na povrchu látky
- Výhody
 - Nie príliš zrejme
- Nevýhody
 - Nízka kvalita
- Použitie
 - Polovica minulého storočia
 - Malé
 - Najčastejšie v „lacných“ prenoskách z gramofónových platní

14

Ďalšou možnosťou je na prevod zvukových signálov na elektrické využiť známy a zaujímavý jav z fyziky- piezoelektrický jav, ten potom tvorí základ piezoelektrických mikrofónov.

Vstupné zaradenia

- Druhy- konštrukcie mikrofónov
 - Mikrofón na stojan
 - väčšia konštrukcia, kvalitnejší zvuk (šum spôsobený pohybom)
 - „klopák“
 - Malý cca 1cm
 - pripieňuje sa na oblečenie, chlopna saka, mal by byť nižšie v strede- vhodnejšie kravata
 - „handka“
 - Mikrofón do ruky
 - Robustná konštrukcia, odolné voči pohybom

15

Mikrofóny sa delia- majú špecifické názvy aj podľa svojej typickej konštrukcie. Najčastejšie rozlišujeme nasledovne typy.

Vstupné zaradenia

- „Shot gun“ (smerový)
 - S veľmi úzkou smerovou charakteristikou
- Polopuška
 - Používa sa pri natáčaní filmov, zavesený na ramene
- PZP
 - Zapustení v stole, alebo pulte
- Laserový mikrofón
 - Špinonážne účely
- Mikrofónové polia
 - Zlepšenie kvality výsledného zvuku
 - Detekcia polohy zdroja zvuku

Vstupné zaradenia

- Doplnky

- Ochrana proti vetru :

- Neprijemné praskanie
 - Obal - kryt, rozptyľuje sústredený prúd vzduchu
 - Zhoršuje citlivosť na vysoké frekvencie



- Pop filter

- potlačenie extrémnych zmien tlakov pri plozívnych hláskach p, b, t,.. a sykavkách...
 - rozptýlenie akustickej energie mimo hlavný smer zvuku



17

Okrem samotných mikrofónov sa k nim v reálnych prostrediach pridávajú aj rôzne doplnky, ktoré majú za cieľ potlačiť možné rušivé vplyvy. Najčastejšie z nich ako aj ich význam sú uvedené ďalej.

Vstupné zaradenia

- Charakteristiky mikrofónov
 - Smerové charakteristiky
 - Frekvenčné charakteristiky
 - iné
- Smerové
 - Ako závisí citlivosť mikrofónu od smeru príchodu zvuku
 - Vhodnou konštrukciou sa dá táto citlivosť ovplyvňovať
 - Je frekvenčne závislá, dobre sa dá meniť pre vysoké frekvencie, pre nízke je to veľký problém (ohyb za prekážkou)

18

To aký typ mikrofónu použiť v tej- ktorej situácii pomáhajú určiť ich akusticko-elektrické charakteristiky. Tých je viacero ale najvýznamnejšie sú frekvenčné a smerové. V ďalšom budú obe postupne rozobrane spolu s bežnými typmi aké rozlišujeme.

Pri smerových charakteristikach sledujeme ako smer prichádzajúceho zvuku vplýva na prevod (účinnosť) zmeny tlaku na elektrický signál. V závislosti od konštrukcie mikrofónu sa tieto závislosti môžu výrazne meniť.

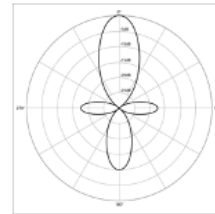
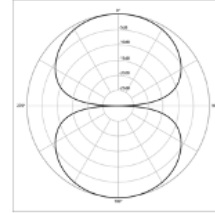
Vstupné zaradenia

- Rozlišujú sa:
 - **všesmerová** prijíma zvuk rovnako zo všetkých strán. Dá sa dosiahnuť najjednoduchšie
 - **srdcová** potláča príjem zvuku „zozadu“ mikrofónu, typická pre spevácke dynamické mikrofóny, potláča spätnú väzbu
 - **hyperkardioidná** je viac smerová ako kardioidná.



Vstupné zaradenia

- **osmičková** charakteristika
mikrofón prijíma zvuk iba zozadu a
spredu.
- **smerová** zameraná na príjem
zvuku spredu.
- **úzko smerová** výrazne oslabený
príjem zvuku zozadu, dĺžka až 1
meter, filmové štáby, potlačená
frekvenčná charakteristika



Vstupné zaradenia

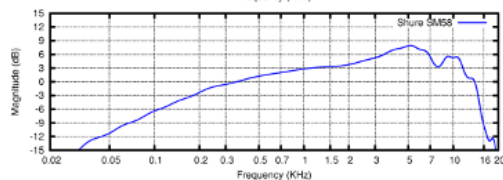
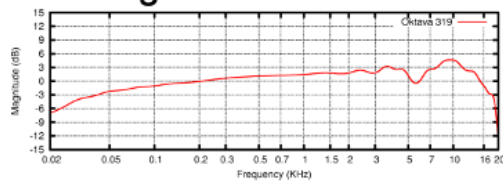
- Frekvenčné charakteristiky
 - Ako sú citlivé v závislosti od snímanej frekvencie
 - Optimálne rovnaká citlivosť pre celé akustické pásmo
 - Konštrukčne sa to nedá dosiahnuť
 - Robia sa následné korekcie v zosilňovačoch
 - Často je ale potrebné upraviť charakteristiku vzhľadom na reči, či hudobný nástroj

21

Druhou významnou charakteristikou pri mikrofónoch je frekvenčná závislosť (účinnosť) prevodu zvukových signálov na elektrické. Tá je závislá na samotnom princípe fungovania konkrétneho typu ako aj fyzickej konštrukcii.

Vstupné zaradenia

- Nemusí byť vždy vhodne mať rovnú mag. char.
- „Proximity efekt“ : čím bližšie ku zdroju signálu tým zvyrazňujú nižšie frekvencie
- Reálne mag. frek. char. 2 mikrofónov



Výstupné zaradenia

- Reprodukory
 - Elektro-akustické meniče
 - Elektrický signál na akustický tlak (mechanické vlnenie)
 - Malé reproduktory pripojené na hlavu: slúchadlá
- Delenie reproduktorov podľa princípu
 - Elektrodynamické
 - Najbežnejšie
 - Cievka a permanentný magnet
 - Prechod prúdu spôsobí pohyb cievky, ktorá je spojená s membránou

23

V tejto časti budú rozobrané rovnakým spôsobom aj meniče elektrického signálu na akustický, teda reproduktory, a to podľa rôznych princípov činnosti, typov konštrukcií, použitia a pod.

Najbežnejšie sú elektrodynamické využívajúce elektromagnetizmus, teda pohyb cievky ktorou prechádza elektrický prúd v magnetickom poli.

Výstupné zaradenia

- Ešte sa rozlišujú podľa konštrukcie
 - Páskové- páska je membrána z vodivého materiálu a je v mag. poli., používajú sa na vysoké a stredné frekvencie
 - Plošné elektrodynamické reproduktory- veľká membrána na spodku s vodičom umiestnená v ráme blízko magnetu.
 - Reproduktor s ohybovou vlnou- pružná membrána, v závislosti od frekvencie kmitá len istá časť membrány, čím nižšia f. tým väčšia plocha kmitá

– Elektromagnetické

- Už sa nepoužívajú
- Membrána plátok kovu
- Je priťahovaný elektromagnetom (cievka, jadro prúd)

24

Na rovnakom princípe ale s inou konštrukciou fungujú aj elektrodynamické reproduktory.

Výstupné zaradenia

- Jednoduchá konštrukcia
- Veľké skreslenie a malý frekvenčný rozsah

– Elektrostatické

- Membrána je z vodivého materiálu umiestnená medzi elektródy
- Pohyb membrány, príťažlivé a odpudivé elektro. stat. sily.
- Vyžadujú vyššie napätie
- Môžu byť aj široko-frekvenčné

– Piezoelektrické

- Piezoelektrický jav, membrána je spojená s piezoelektrickým materiálom
- Použitie: lacné vysokofrekvenčné reproduktory

25

Existujú aj ekvivalenty ďalších princípov, ktoré boli použité pri mikrofónoch, najmä elektrostatické a piezoelektrické reproduktory.

Výstupné zaradenia

- Nerovnomerná f. char. a skreslenie,
 - Lacné, jednoduché a účinné
- Plazmové
- Nemajú membránu
 - Zmena tlaku výbojom : koronálny, alebo oblúkový
 - Neobmedzený frekvenčný rozsah vlastnosťami membrány
 - Skôr vysokofrekvenčné meniče

26

Pri "reproduktoroch" existujú aj také riešenia ktoré nemajú par ku mikrofónom čo sa týka použitej technológii. Použitie týchto typov zdrojov zvukov skôr spadá to strojárstva/ stavebnictva kde sa využívajú na generovanie veľmi intenzívnych zdrojov zvukov na testovanie konštrukcií, kde nezáleží na skresleniach.

Výstupné zaradenia

– Pneumatické

- Vysoké úrovne hladiny tlaku
- Modulácia unikajúceho tlaku vzduchu ventilom ovládaným signálom
- Simulácia zvukov pre mechanickom testovaní súčiastok

– Ďalšie

- rotary woofer, natáčanie lopatiek ventilátoru signálom, generovanie nízkofrekvenčných signálov
- Pohon membrány cez servomotor spriahnutý s viacerými membránami cez otočné koleso, NF generátory

Výstupné zaradenia

- Delenie reproduktorov podľa použitia
 - Domáce použitie
 - Veľmi kvalitné pre štúdio
 - Profesionálne (výkonné)
 - Ozvučenie auta
 - Hudobné nástroje
 - Pre reprodukciu reči
 - Špeciálne: meranie, armáda, veda a výskum

28

V tejto časti je spomenuté delenie reproduktorov podľa použitia a ich vlastnosti.

Výstupné zaradenia

- Dôležitý parameter frekvenčný rozsah
- Ideálne pre audio
 - Pásmo počutia 20-20kHz
 - Ťažko sa dá realizovať
 - Protichodné požiadavky na vlastnosti membrány pre nízke a vysoké frekvencie
 - Realizácia pomocou viacerých reproduktorov
- Pre špecifické úlohy
 - predpísaný frekvenčný rozsah

29

Dôležitou vlastnosťou je frekvenčný rozsah, ktorý sú schopne reproduktory vyžarovať do okolia. Podľa tohto parametra existujú rôzne tvary a delenia reproduktorov, ktoré sú spomenuté v nasledovnom texte.

Výstupné zaradenia

- Delenie reproduktorov podľa frekvenčného rozsahu
- Širokopásmové
 - Univerzálne (doprava, dom,...)
 - Menej kvalitné pre nenáročné použitie
 - 55Hz-13500HZ
- Koaxiálne
 - reproduktor v sebe realizuje 2 reproduktory: hĺbky, výšky
 - Sú umiestnené v ose, výšky pred hĺbkami
 - Zvuková výhybka vnútri, alebo vonku reproduktora

Výstupné zaradenia

- Koaxiálny reproduktor konštrukcia



Výstupné zaradenia

- **Basové**
 - Rozsah 20-1500 Hz
 - Veľké priemery 15-60 cm
 - Veľký zdvih membrány 5 mm
 - Malá tuhosť prichytenia membrány k rámu
 - Výkon pri NF, je úmerný 2 mocnине súčinu plochy a výchylky
- **Stredové**
 - Rozsah 80-12000 Hz
 - Dôraz na nízke skreslenie: sluch je tam najcitlivejší
 - Priemer 5 až 18 cm
 - Keď sú spolu s NF, sú kryté aby ich NF neovplyvňoval ³²

Výstupné zaradenia

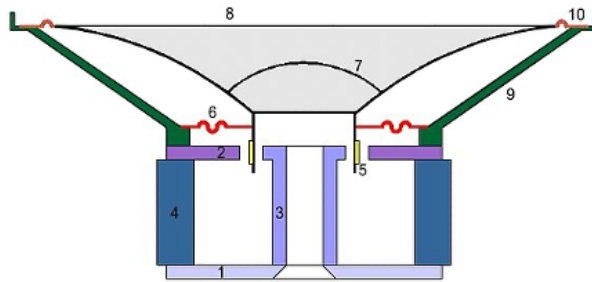
- Tvar membrány: kónický
- Výškové
 - Rozsah 2 000 do 20 000 Hz
 - Malé priemery do 3 cm
 - Nízky zdvih membrány
 - Tvar membrány: guľový odsek
 - Môžu mať zvukovod



33

Výstupné zaradenia

- Typická konštrukcia reproduktora
 - Membrána (8)
 - Magnetický obvod – permanentný magnet (2)
 - Cievka (5)
 - Uchytenie membrány (10)
 - Kôš (9)
 - Prívody



34

Konštrukcia najbežnejšieho elektrodynamického reproduktora pre stredne frekvencie je zobrazená na obrázku spolu s jeho základnými časťami.

Výstupné zaradenia

- Parametre reproduktorov
 - Impedancia (vzťah U a I v závislosti od Hz)
 - O 20% vyššia ako jednosmerný odpor
 - Bežne 4,6, 8 Ohmov, veľmi výkonné aj 16, v automobiloch cca 3 Ohmy
 - Frekv. Rozsah
 - Závislosť akustického tlaku od frekvencie
 - Alebo rozsah od-do pre pokles 3dB
 - Príkion
 - Koľko energie za čas sa na ňom spotrebuje
 - Len malá časť sa premení na akustický tlak
 - Od jednotiek až po stovky W
 - Viac, pre nižšie frekvencie

35

Okrem frekvenčného rozsahu sú pri reproduktoroch dôležité aj iné parametre. Niektoré z nich spolu s ich významom a rozsahom sú spomenuté ďalej.

Výstupné zaradenia

– Citlivosť

- Výkon akustického tlaku vo vzdialenosti 1m od reproduktora, ktorý ma príkon 1W
- Uvádza sa v dB, napr. 102dB znamená 10% účinnosť

– Smerová charakteristika

- Úroveň akustického tlaku v závislosti od polohy od reproduktora
- Vyžarovací diagram

– Rezonančná frekvencia

- Pod ňou strmo klesá citlivosť
- Pri rezonančnej frekvencii veľké skreslenie
- Basy 20-70 Hz, stredy a výšky mimo rozsah činnosti