

ZÁKLADY OZVUČOVÁNÍ

MUNI
ARTS

Kurz: **Studiová technika II**

Autor: Jiří Schimmel

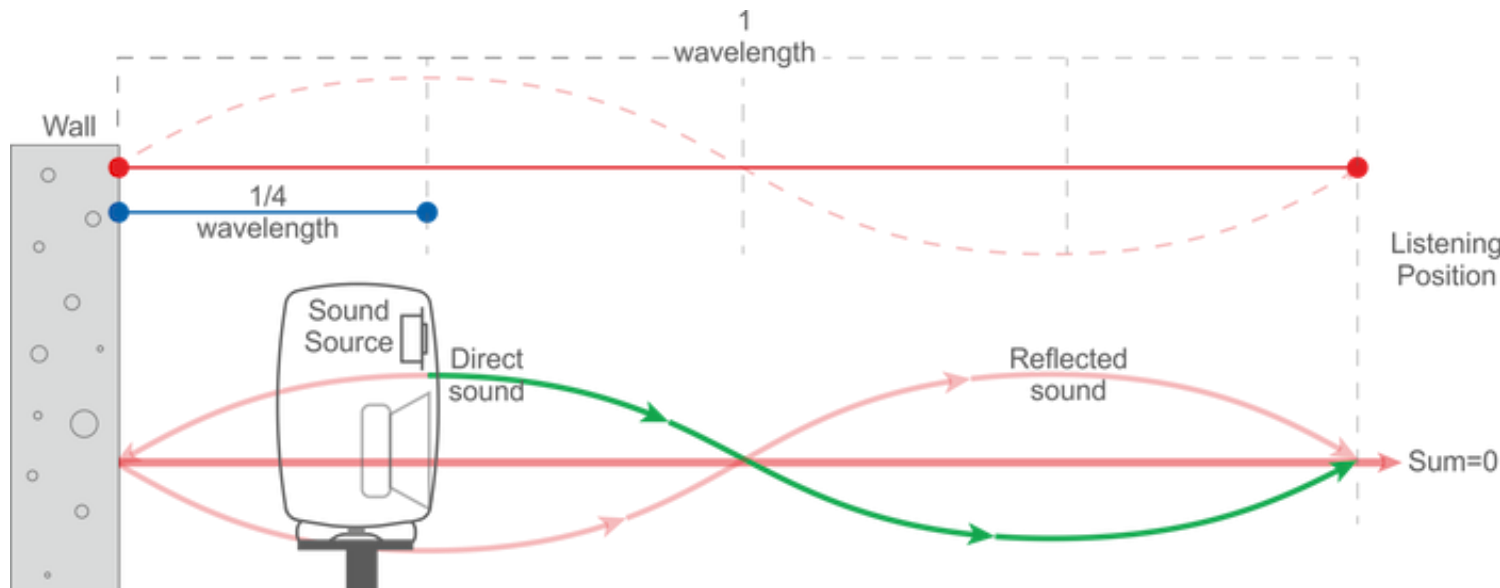
Ozvučování malých prostorů

Near-field vs Far-field poslech

- **Near-field:** převažují přímé vlny (volné pole), akustika místnosti nemá vliv
- **Far-field:** uplatňují se i odražené vlny (difúzní pole), vliv akustiky místnosti
- Hranicí je dozvuková vzdálenost (závisí na pohltivosti v místnosti)
- Near-field monitor: malé rozměry (co nejmenší Fresnelův prostor), co největší vyzařovací úhel (kvůli změnám barvy zvuku při změnách pozice posluchače)

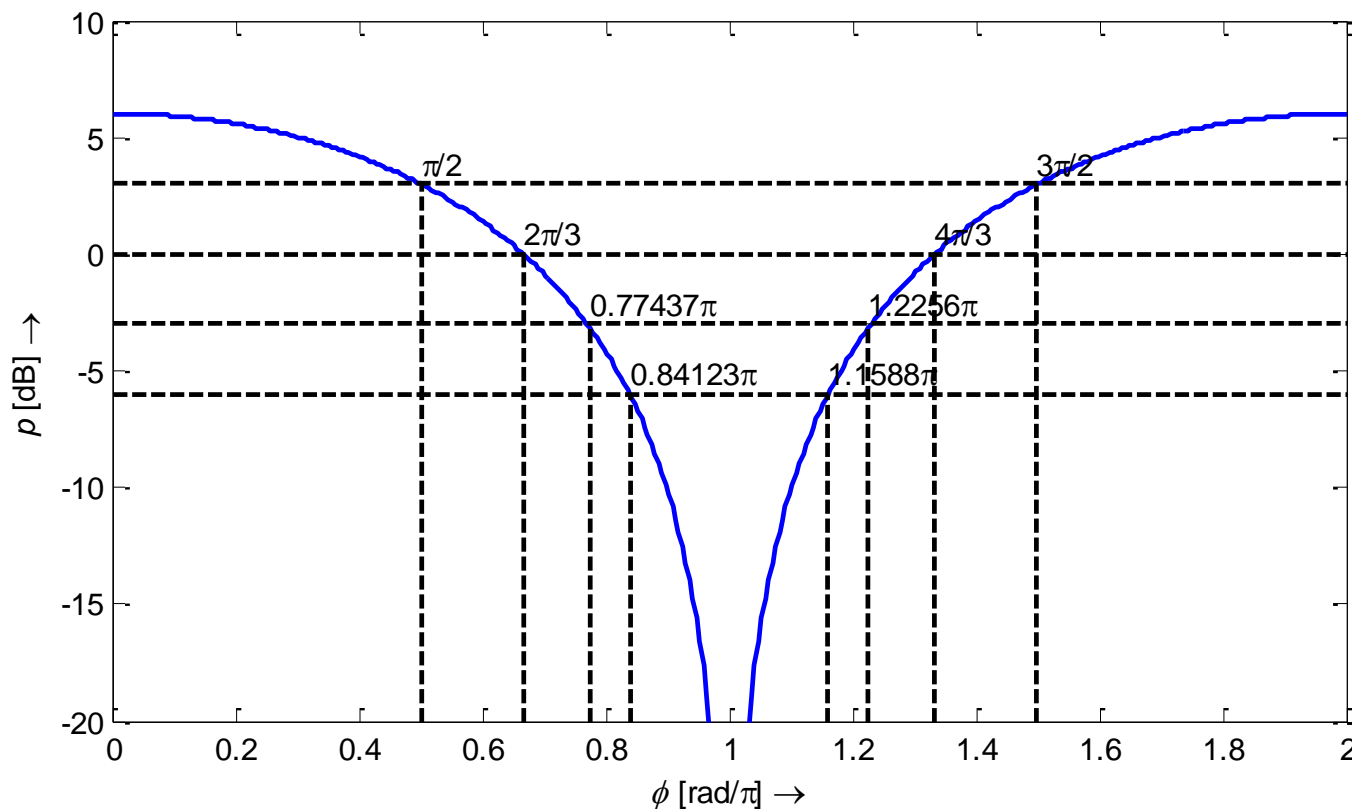
Umístění reproduktorů

- Na nízkých kmitočtech se reproduktor chová jako všesměrový zdroj zvuku → vlna odražená od stěny za reproduktorem se s fázovým zpožděním sčítá s vlnou před reproduktorem



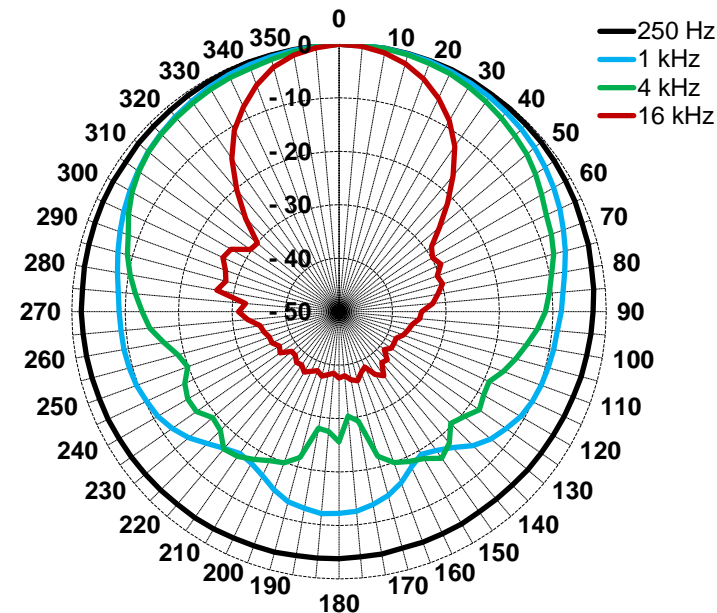
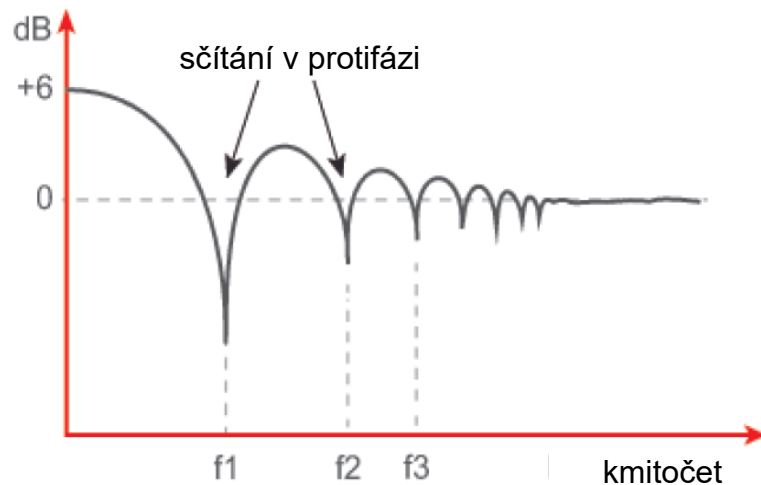
Sčítání hladin fázově posunutých koherentních vlnění

- Závislost součtového akustického tlaku na fázovém posunu mezi vlněními



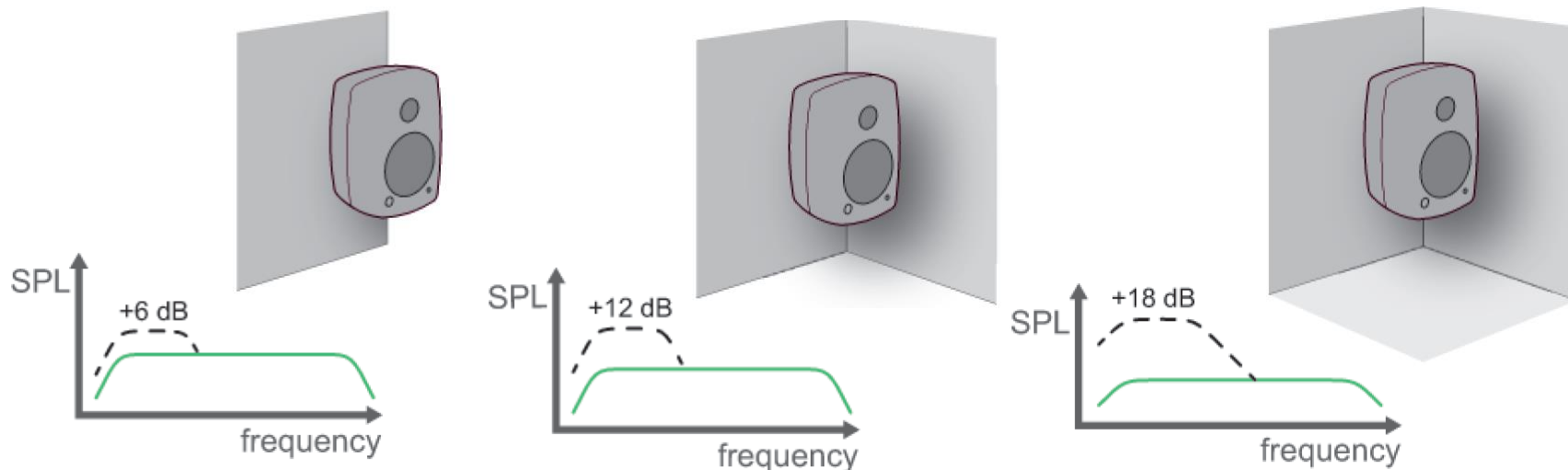
Umístění reproduktorů

- Na nízkých kmitočtech se reproduktor chová jako všesměrový zdroj zvuku → vlna odražená od stěny za reproduktorem se s fázovým zpožděním sčítá s vlnou před reproduktorem
 - vznik efektu hřebenového filtru na nízkých kmitočtech
 - kompenzace dolní propustí (bass roll-off)



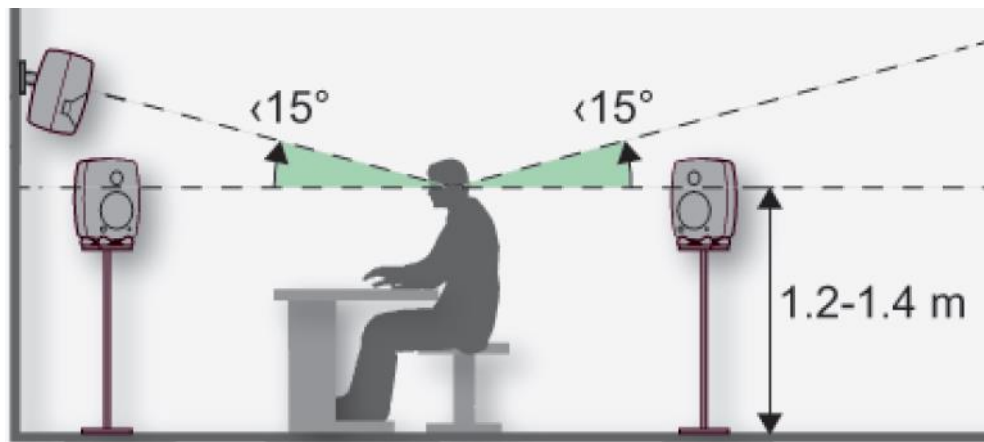
Umístění reproduktorů

- Potlačení efektu hřebenového filtru:
 - a) ideální řešení: umístění reproduktorů do stěny (potlačí i difrakci)
 - b) praktické řešení: umístění reproduktorů co nejbližší ke stěně (ve vzdálenost do $\lambda/3$ nejvyššího kmitočtu, na kterém se reproduktor chová jako všesměrový zdroj)
Nevýhoda: zesílení na nižších kmitočtech kvůli součtu přímé a odražené vlny s malým fázovým zpožděním, kompenzace ekvalizací (bass tilt)



Umístění reproduktorů

- Kruhová konfigurace s poloměrem odpovídajícím vzdálenosti levého a pravého reproduktoru, referenční poslechová pozice ve středu kruhu
- Vzdálenost poslechové pozice od stěn min. 1 m
- Akustické osy reproduktorů ve směru posluchače
- Výška reproduktorů 1,2 až 1,4 m (výška uší sedícího posluchače), případně pod úhlem max 15°



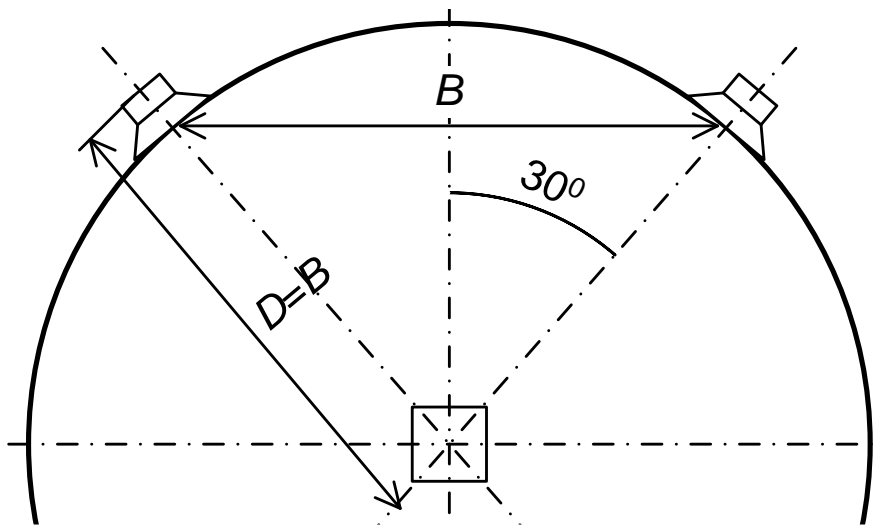
Stereofonní reprodukce

Interaurální diference

- **Interaurální intenzitní diference (ILD):** u blízkých zdrojů zvukového vlnění jiného než rovinného je útlum šířením
 - pro akustický tlak kulového vlnění ve dvou bodech ve vzdálenosti r_1 a r_2 od zdroje platí: $p_1/p_2 = r_2/r_1$
 - ILD převládá při určování směru zvuku na nízkých kmitočtech
 - minimální postřehnutelná ILD je 0,1 až 1 dB, nezávislá na kmitočtu a akustickém tlaku
- **Interaurální časové diference:** různá vzdálenost od zdroje zvuku způsobuje časové zpoždění zvukového vlnění
 - ITD je dáno dráhovým rozdílem Δl a rychlostí šíření zvuku: $ITD = c_0 \Delta l$
 - ITD převládá při určování směru zvuku na středních kmitočtech
 - pro $ITD > 4$ ms se projevuje Haasův jev

Interaurální diference

- Mechanismy interaurálních diferencí se navzájem doplňují
- Výsledný vjem polohy zdroje zvuku:
 - rozdíl času příchodu jednotlivých zvukových vlnění $\Delta t = t_L - t_P$
 - rozdíl úrovně akustického tlaku těchto vlnění $\Delta L = L_L - L_P$
 - vzdálenost mezi reproduktory, tzv. *reprodukční báze* B



Van de Boerova závislost směrové lokalizace

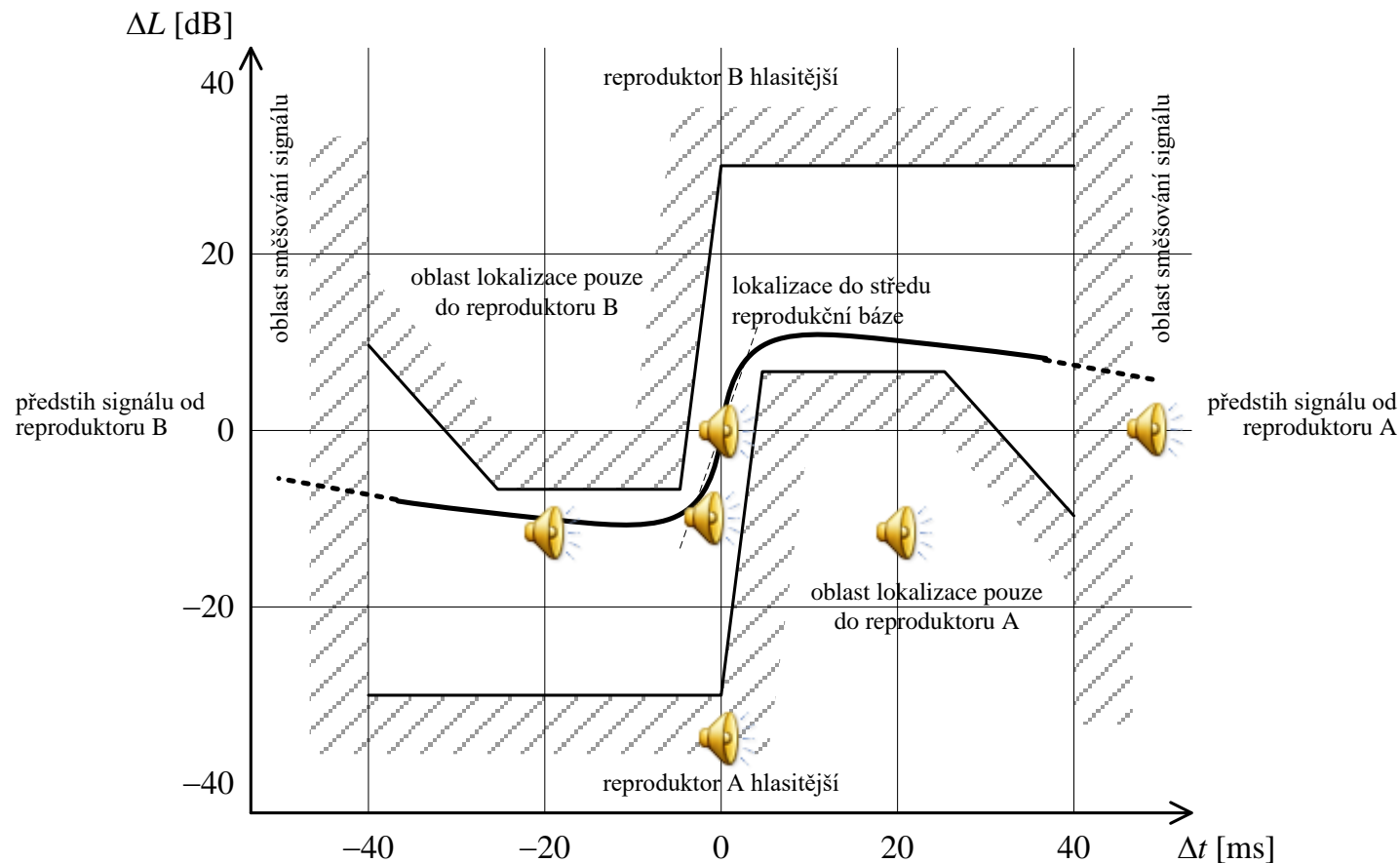
- Kombinovaný vliv rozdílu intenzit a zpoždění na lokalizaci při stereofonní reprodukci:



- $\Delta t < \text{asi } 4 \text{ ms}$, $\Delta L < \text{asi } 20 \text{ dB}$
- $\Delta t < \text{asi } 4 \text{ ms}$, $\Delta L > \text{asi } 20 \text{ dB}$
- $4 \text{ ms} < \Delta t < \text{asi } 30 \text{ ms}$, $\Delta L < \text{asi } 6 \text{ dB}$
- $4 \text{ ms} < \Delta t < \text{asi } 30 \text{ ms}$, $\Delta L > \text{asi } 6 \text{ dB}$
- $\Delta t > \text{asi } 40 \text{ ms}$

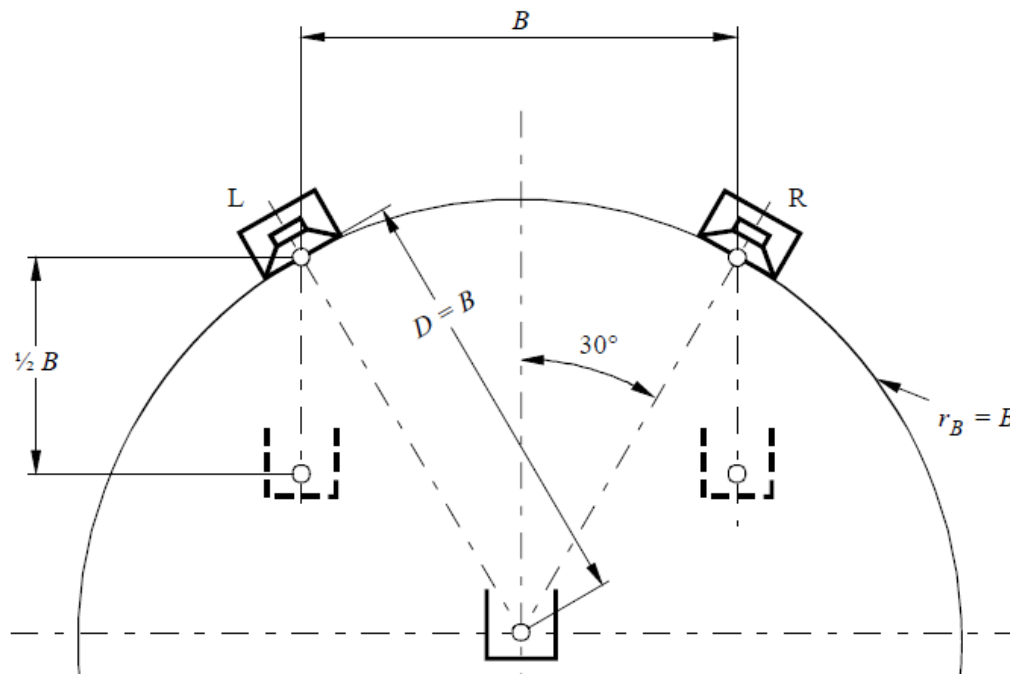


Van de Boerova závislost směrové lokalizace



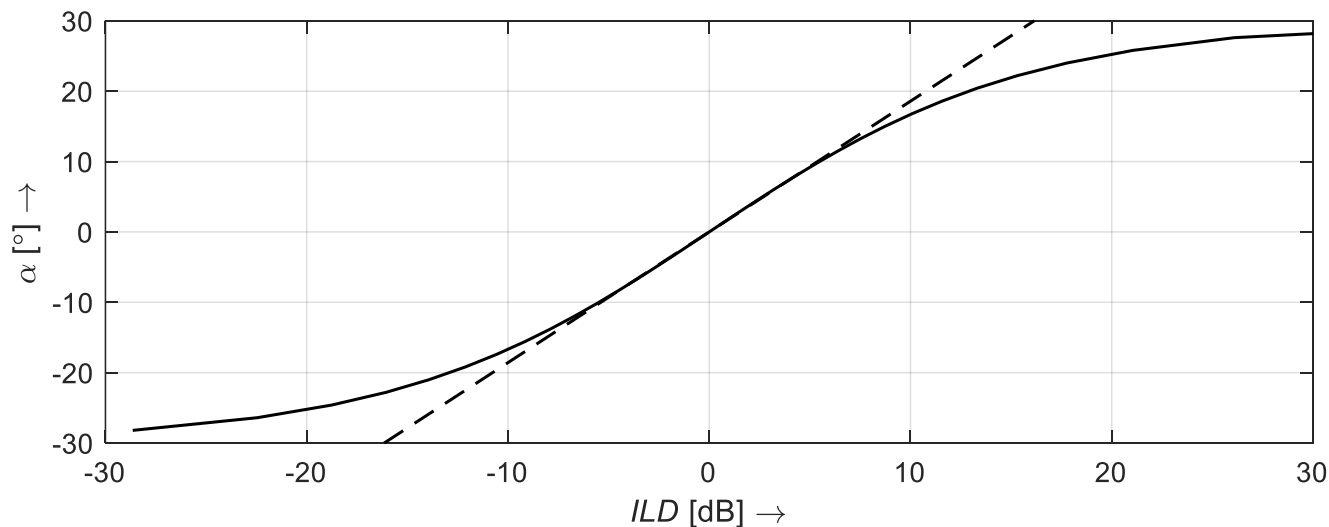
Intenzitní stereofonie

- Vjem směru přicházejícího zvuku je založen pouze na ILD
- Ideální pozice posluchače: ve vzdálenosti od reproduktorů odpovídající šířce báze (reproduktory a ideální pozice posluchače tvoří vrcholy rovnostranného trojúhelníku)



Intenzitní stereofonie

- **Amplitudové panorámování:**
 - výpočet zesílení pro levý a pravý kanál podle tak, aby rozdíly úrovní zvukového signálu mezi kanály kopírovaly křivku ILD
 - vstupem je požadovaná pozice virtuálního zdroje zvuku, výstupem jsou odpovídající zesílení kanálů



Intenzitní stereofonie

- **Amplitudové panorámování**

- Sinový zákon:

$$\frac{\sin \theta}{\sin \theta_0} = \frac{g_1 - g_2}{g_1 + g_2}$$

- Tangentový zákon:

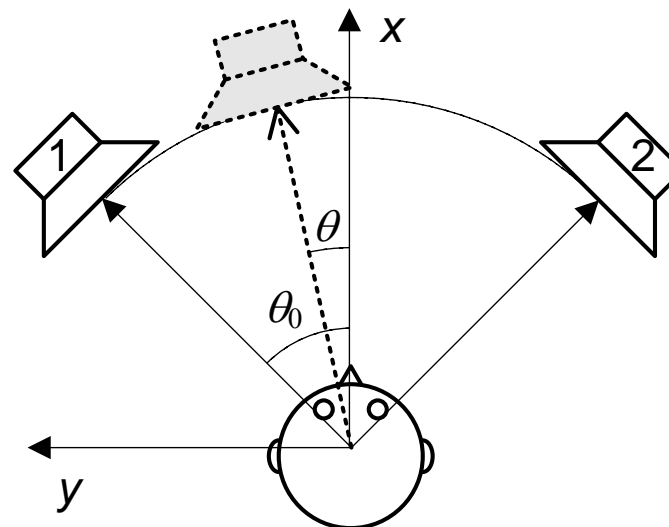
$$\frac{\tan \theta}{\tan \theta_0} = \frac{g_1 - g_2}{g_1 + g_2}$$

g_1, g_2 – zesílení reproduktorů

- normalizace zesilovacích činitelů na konstantní akustický výkon

$$g_1^2 + g_2^2 = C$$

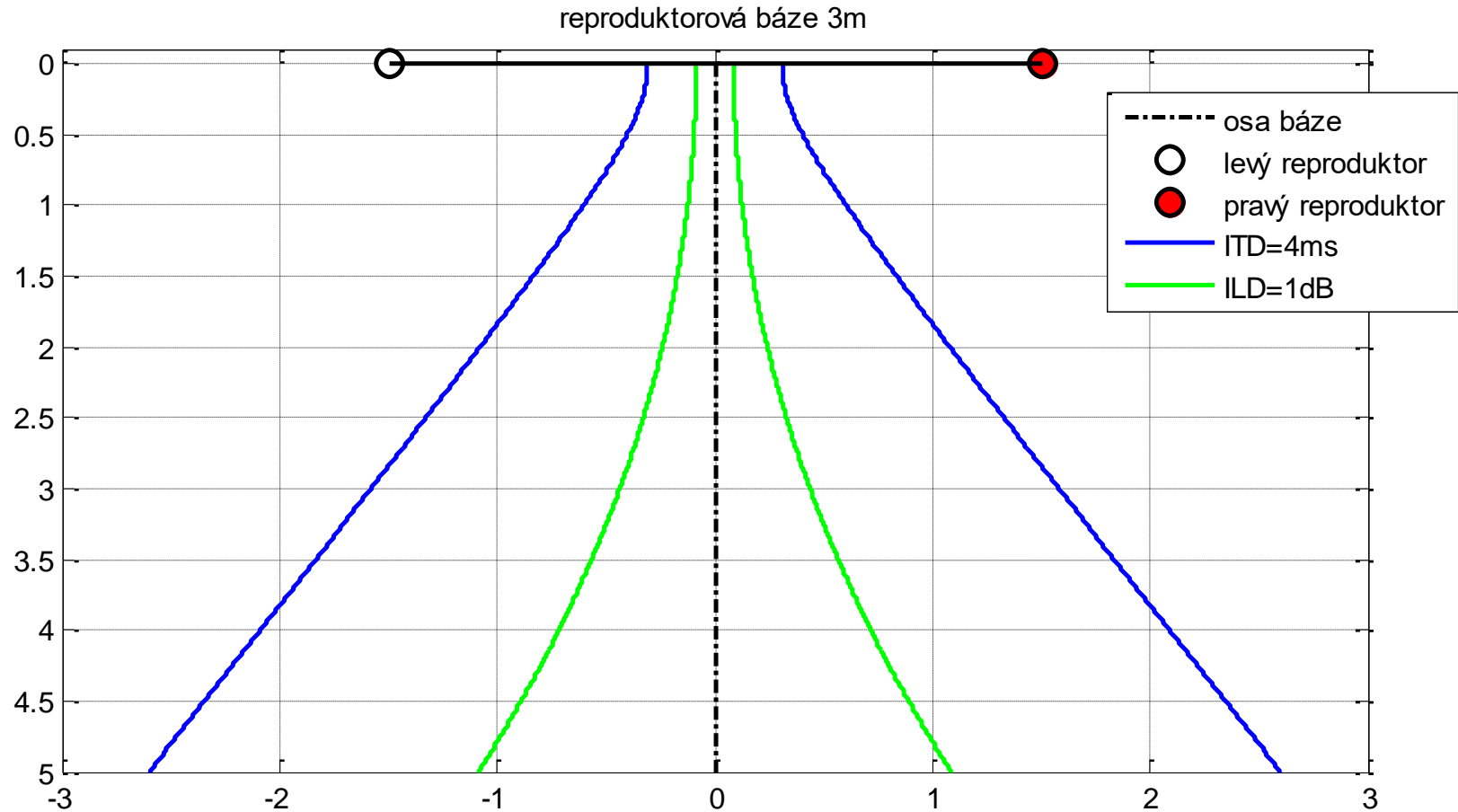
C určuje hlasitost



Intenzitní stereofonie

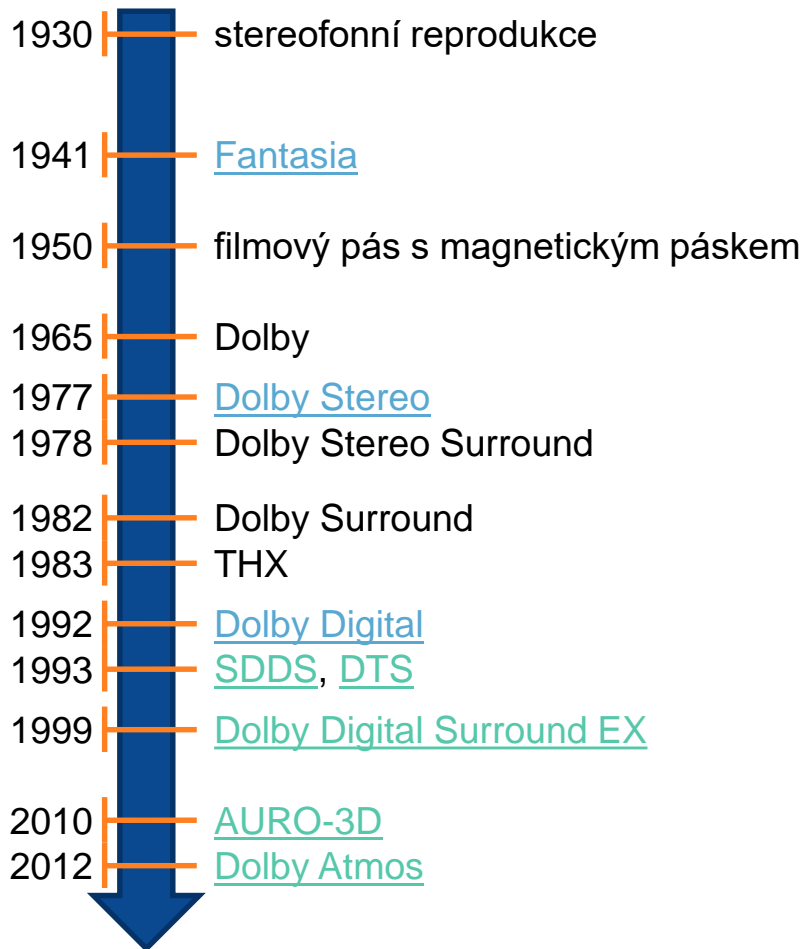
- Poslechem mimo osu reprodukční báze přidáváme vliv ITD a ovlivňujeme ILD:
 - rozdíl časového doběhu signálu od jednotlivých reproduktorů musí být < 4 ms (rozdíl vzdáleností od posluchače musí být $< 1,3$ m)
 - rozdíl hladin akustického tlaku od jednotlivých reproduktorů musí být $< \max 1$ dB (poměr vzdáleností od posluchače musí být $< 1,12$)
- Doporučená šířka stereofonní báze: 2 – 3 m

Intenzitní stereofonie



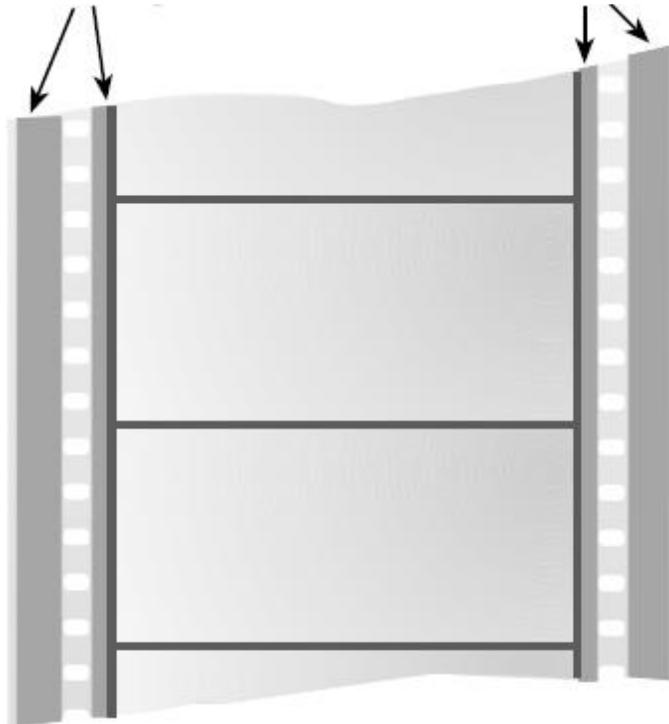
Vícekanálová reprodukce

Historie

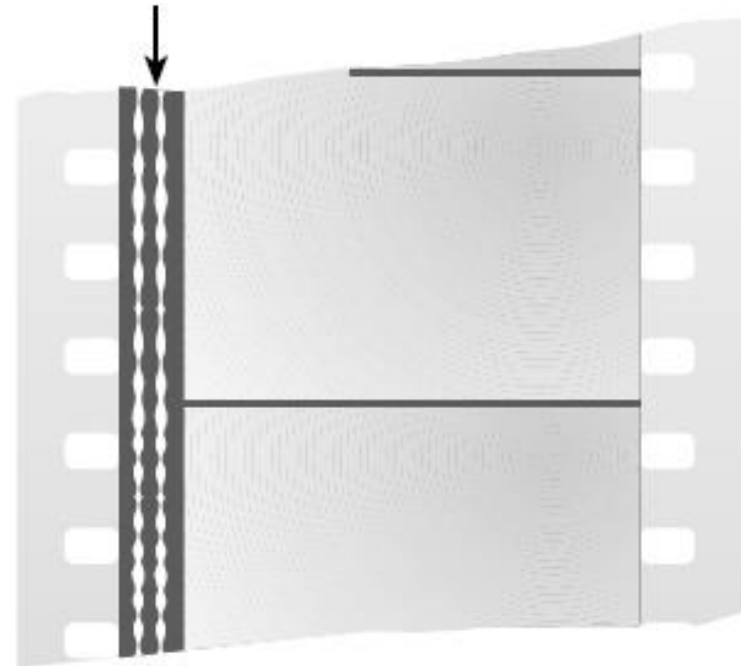


Analogový záznam na filmový pás

magnetický záznam



optický záznam



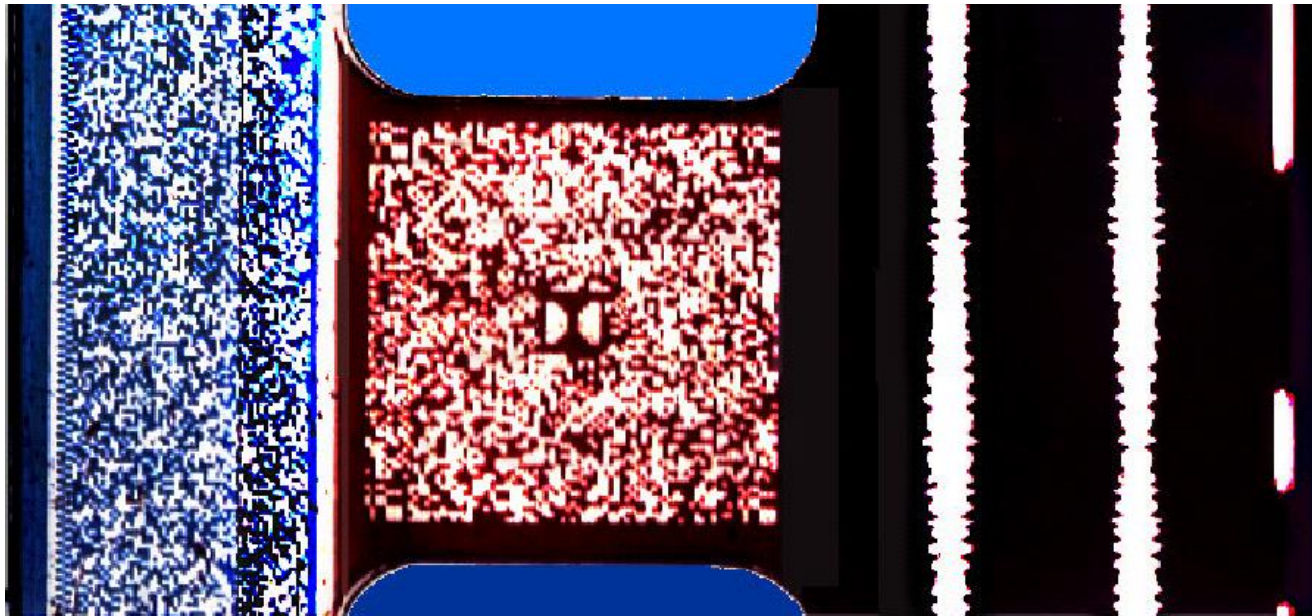
Digitální záznam audia na filmový pás

SDDS

Dolby Digital

Dolby Stereo

DTS
sync

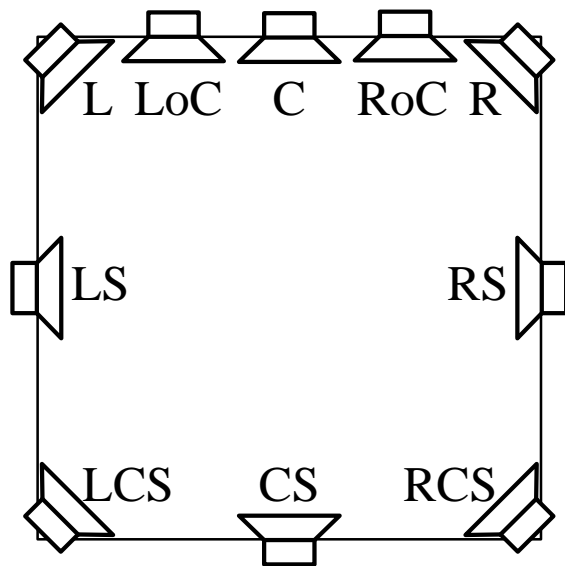


Digitální distribuce

Digital Cinema Package: formát a distribuce digitálního zvuku a obrazu

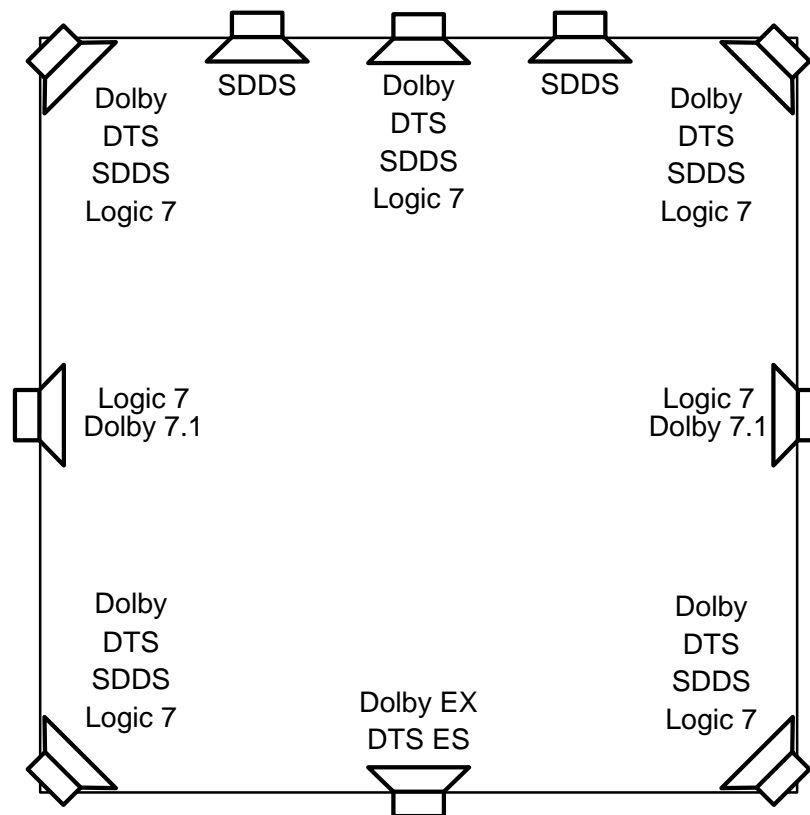


Zvukové kanály reprodukce pro 2D Surround Sound



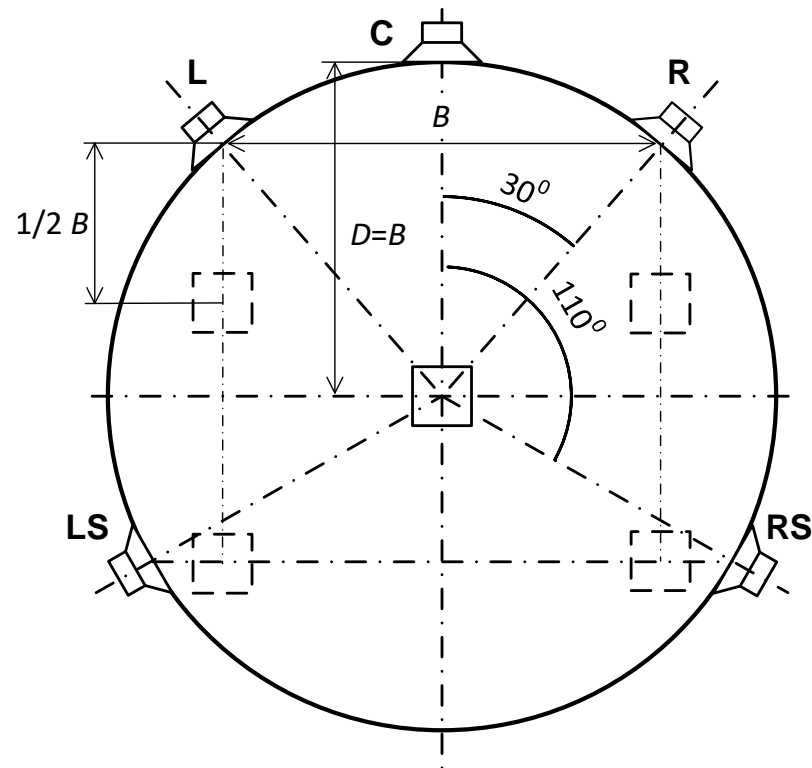
1. **L** (left / left front) – levý / levý přední
2. **R** (right / right front) – pravý / pravý přední
3. **C** (Center) – střední
4. **LS** (Left Surround) – levý surroundový
5. **RS** (Right Surround) – pravý surroundový
6. **CS** (Center / Rear Surround) – střední / zadní surroundový
7. **LoC** (Left of Center) – levý střední
8. **RoC** (Right of Center) – pravý střední
9. **LCS** (Left Center Surround) – levý střední surroundový
10. **RCS** (Right Center Surround) – pravý střední surroundový

Využití kanálů reprodukce systémů 2D Surround Sound



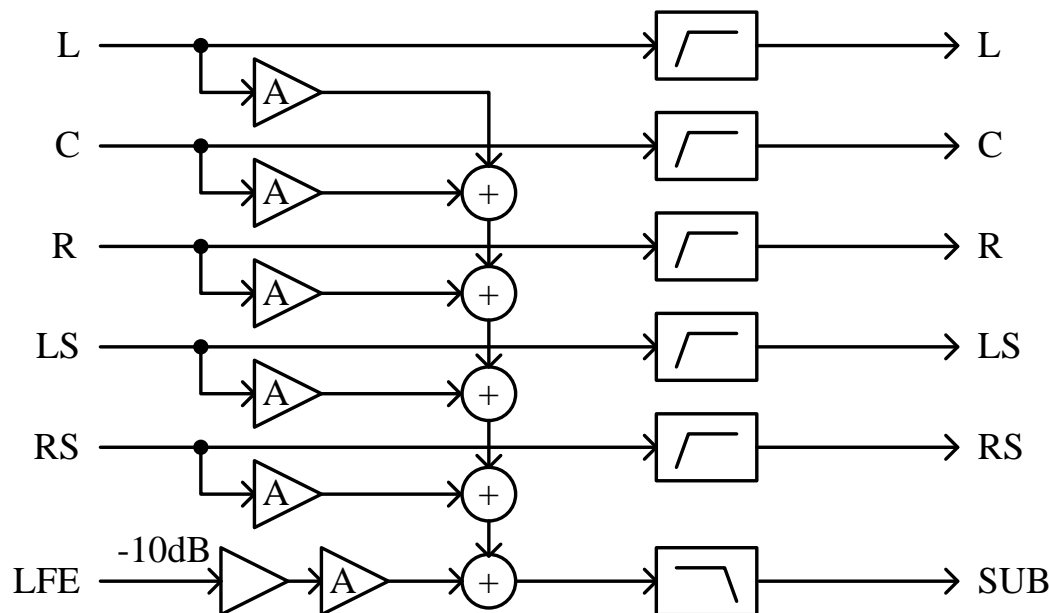
Doporučení ITU-R BS.775

- Vícekanálová stereofonní reprodukce s obrazem a bez
 - D – vzdálenost poslechové pozice od reproduktorů
 - B – šířka reproduktorové báze
- Pozice reproduktorů:
 - C – 0°
 - LS, RS – $\pm 100^\circ$ až 120°
 - L, R – $\pm 30^\circ$
- Platí i pro systémy monofonní a stereofonní systém a LRCS
- LFE kanál do kmitočtu 120 Hz



LFE kanál

- Přenos NF zvukových efektů, neodpovídá přímo výstupu pro subwoofer
- Přenos akustického tlaku s hladinou o 10 dB vyšší než přední kanály
- **Bass Management:** kombinace NF signálů na subwooferovém výstupu.



Ozvučování velkých prostorů

Ozvučování

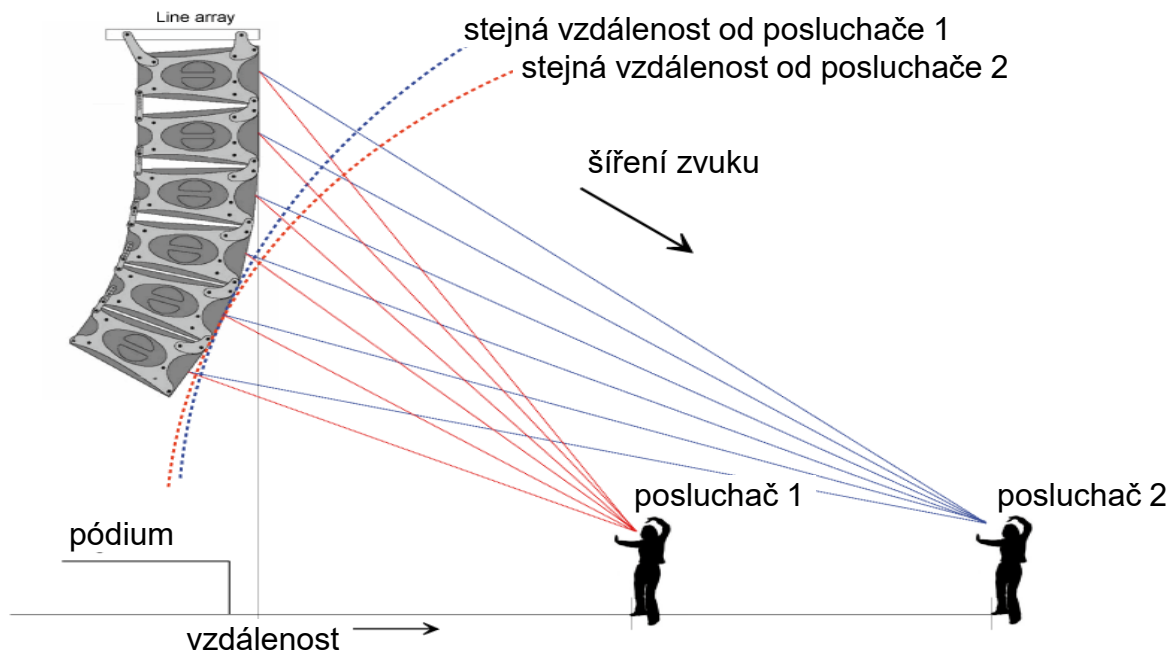
- PA (Public Address)
- Vytváří maximální úroveň akustického tlaku v pozici posluchače a neuvažují přitom přímou vlnu od původního zdroje zvukového signálu
- Překrývá přirozené akustické vlastnosti prostoru a nasnímané signály přenáší přímo k posluchači
- Posluchač často lokalizuje zvuk jako přicházející pouze z reproduktoru
- Vyvinuty hlavně pro populární hudbu

Přizvučování

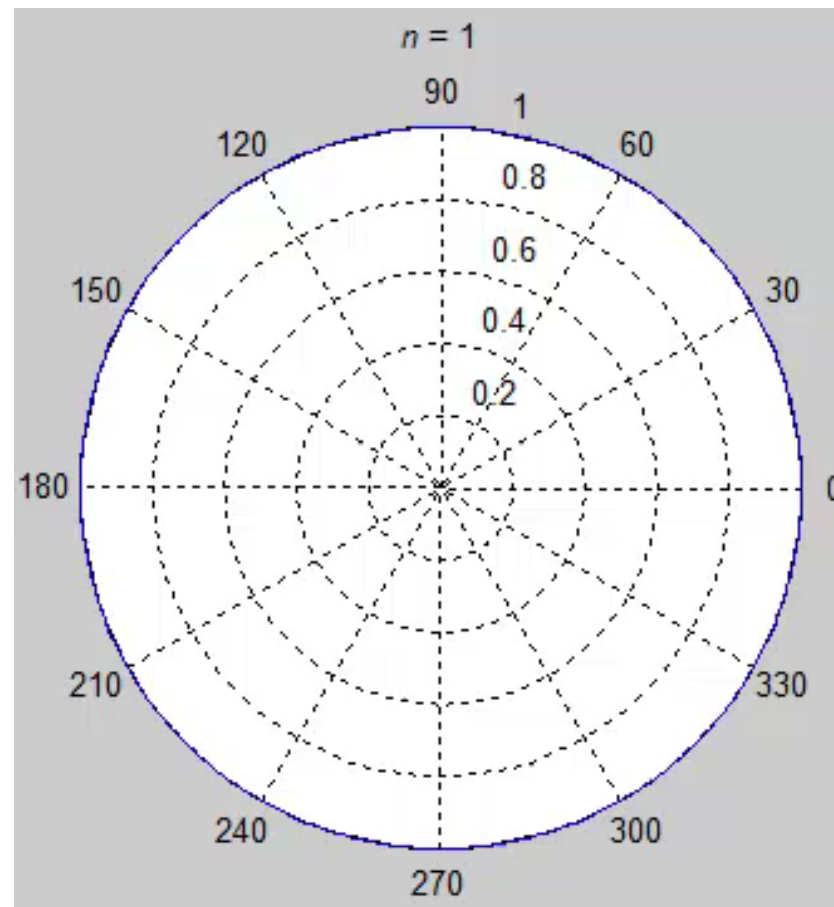
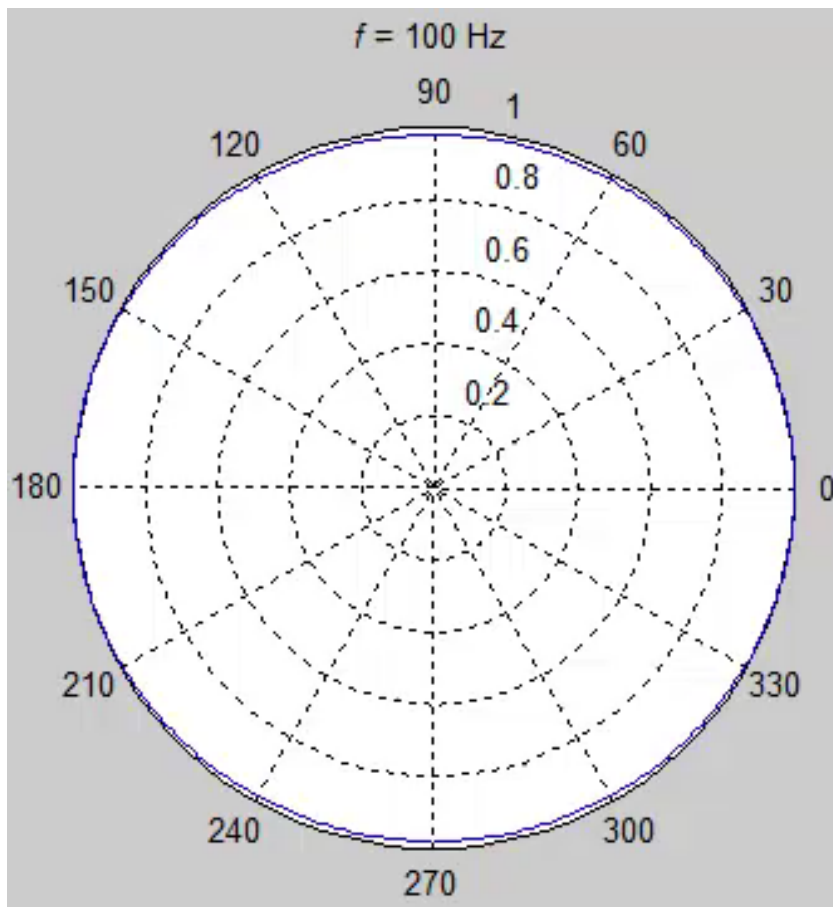
- Sound Reinforcement
- Zvýšení úrovně akustického tlaku přímé vlny od zdroje signálu při zachování původního vjemu pozic zdrojů zvuku
- Zpožděním signálu se zajistí, že přímá vlna od zdroje dorazí k posluchači dříve než signál z reproduktorů (lokalizace zdroje zůstane zachována a subjektivní hlasitost zvuku vzroste)
- Je možné upravovat i některé další parametry, např. zdánlivou šířku zdroje

Soustava akustických vysílačů

- Vzdálenost zdrojů je větší než vlnová délka
- Akustické tlaky vytvořené jednotlivými zdroji se vektorově sčítají

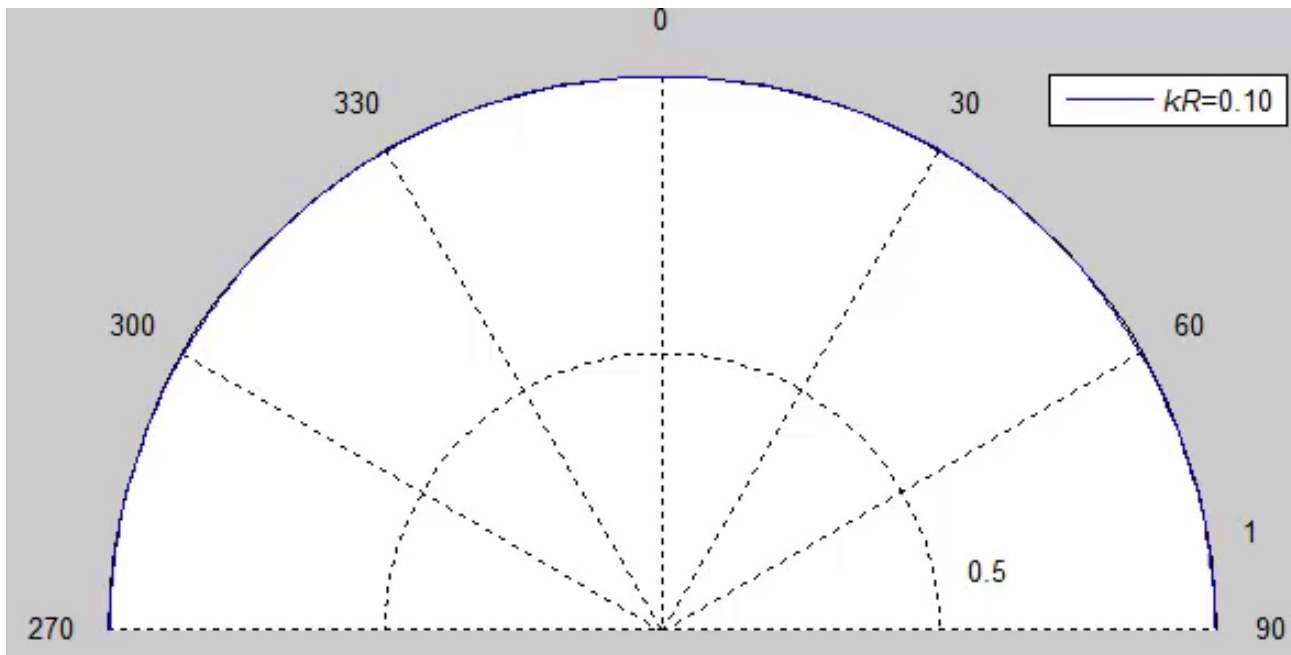


Směrová charakteristika soustavy bodových zdrojů

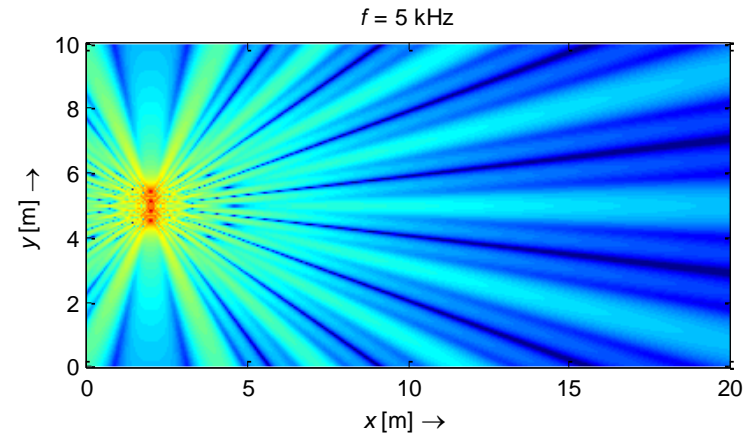
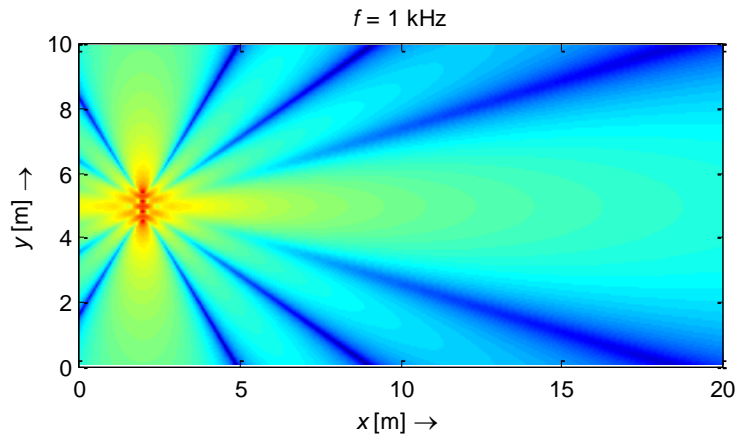
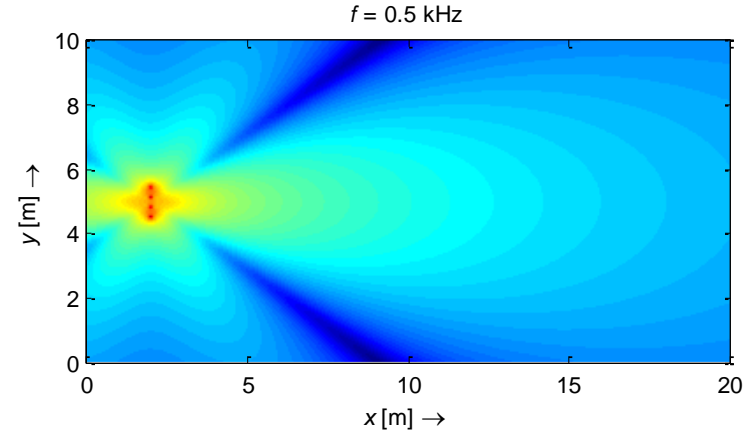
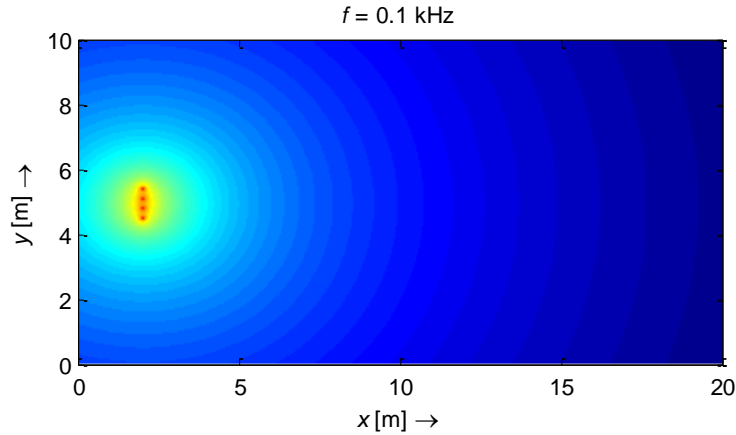


Směrová charakteristika reproduktoru

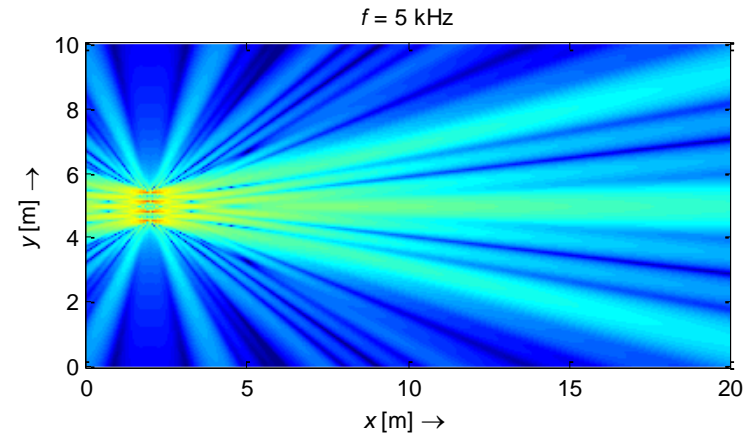
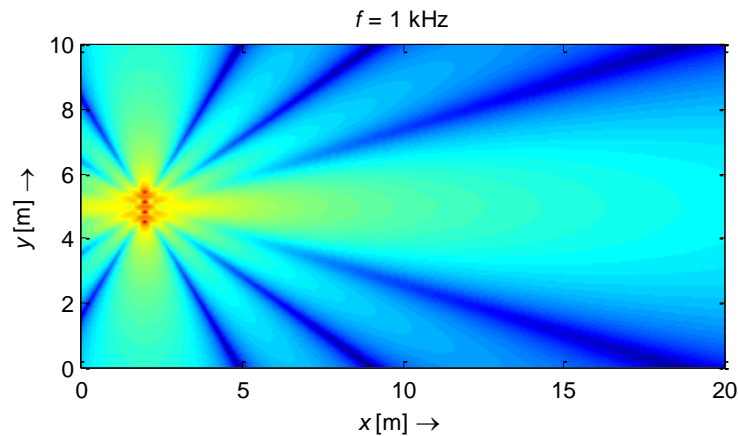
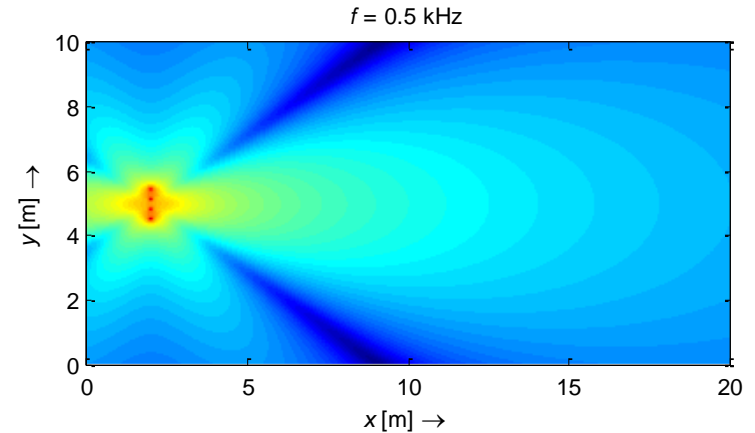
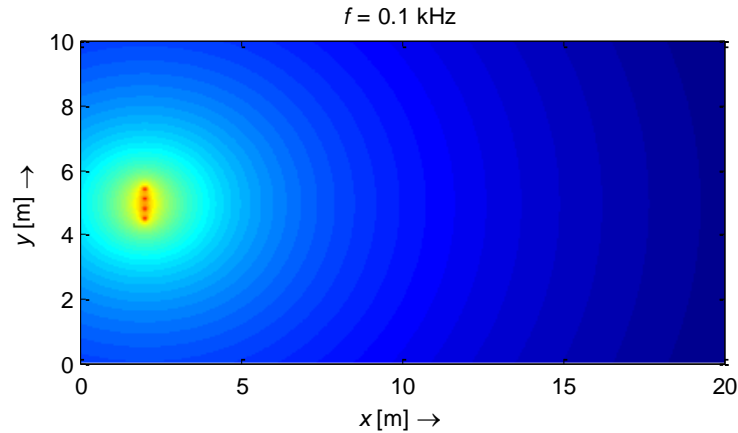
- Náhrada pístově kmitající kruhovou membránou, směrovost rostoucí s kmitočtem
- Řešení: nerovnoběžné akustické osy, snížení směrovosti zvukovodem



Směrová charakteristika soustavy bodových zdrojů

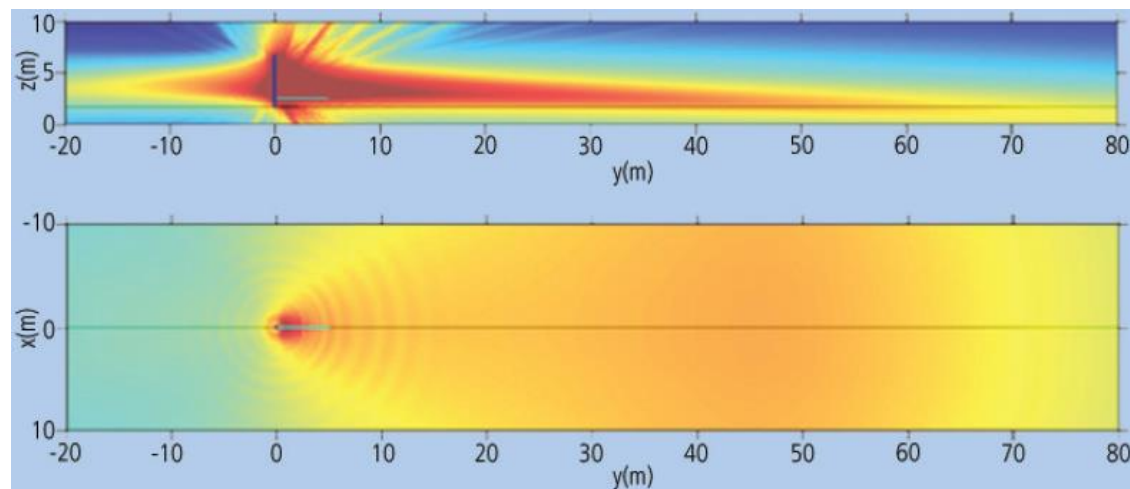
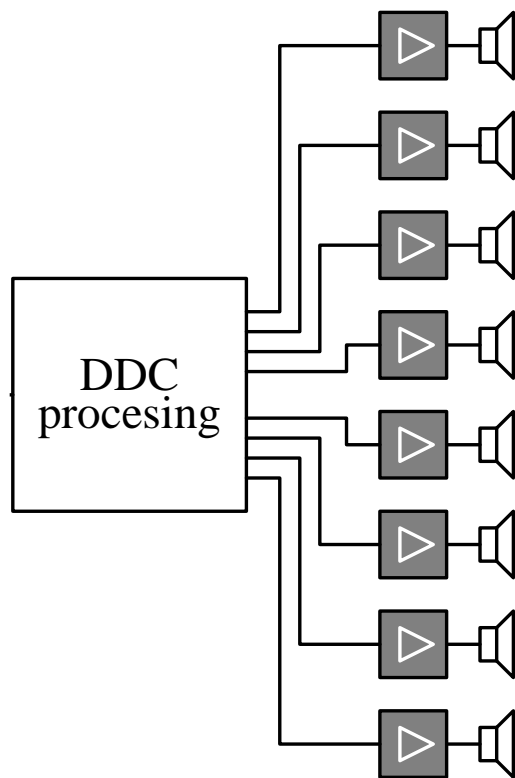


Směrová charakteristika soustavy kruhových membrán

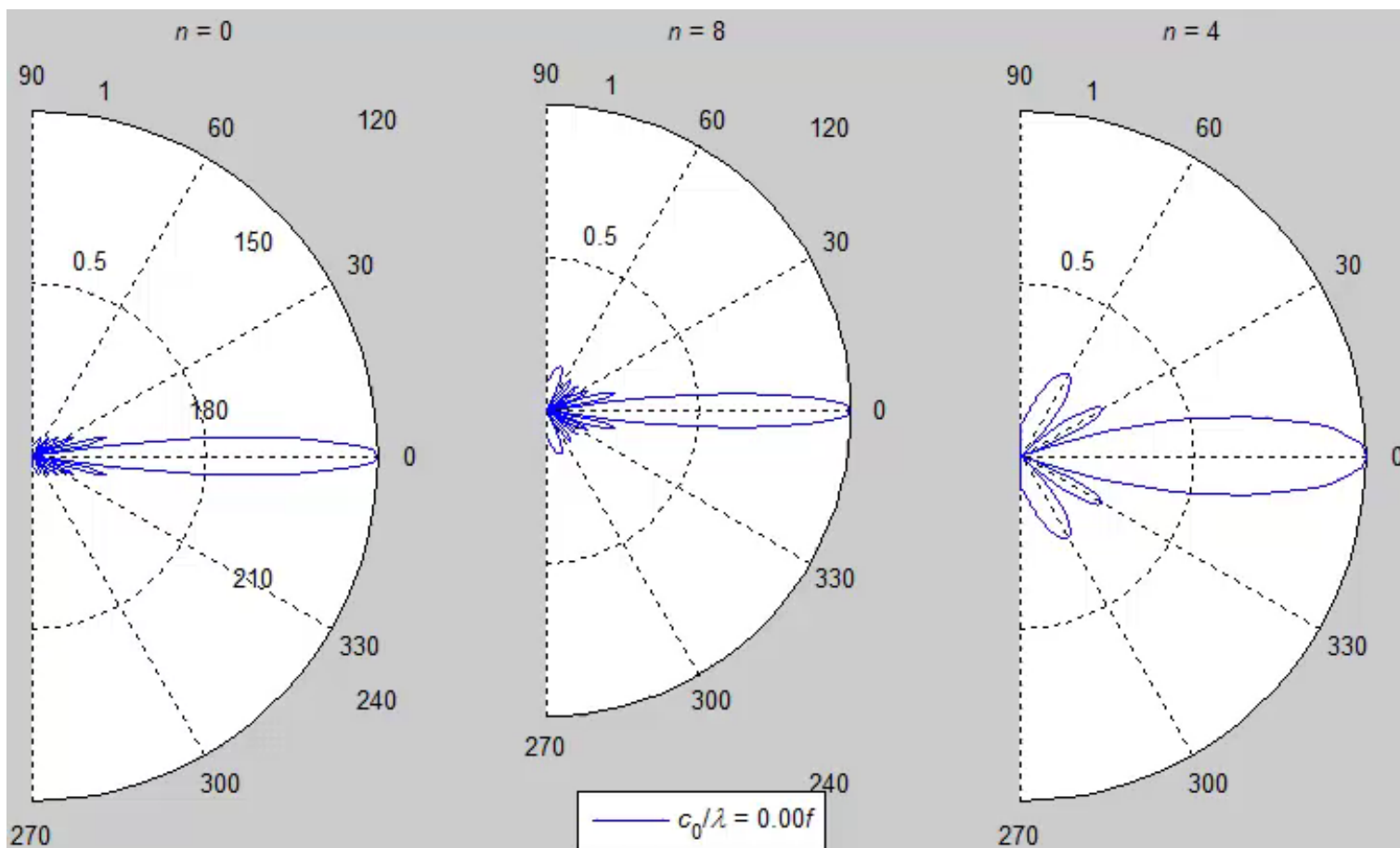


Systemy Digital Directivity Control

- Soustava zdrojů s individuálně řízenou amplitudou a fází jednotlivých zdrojů

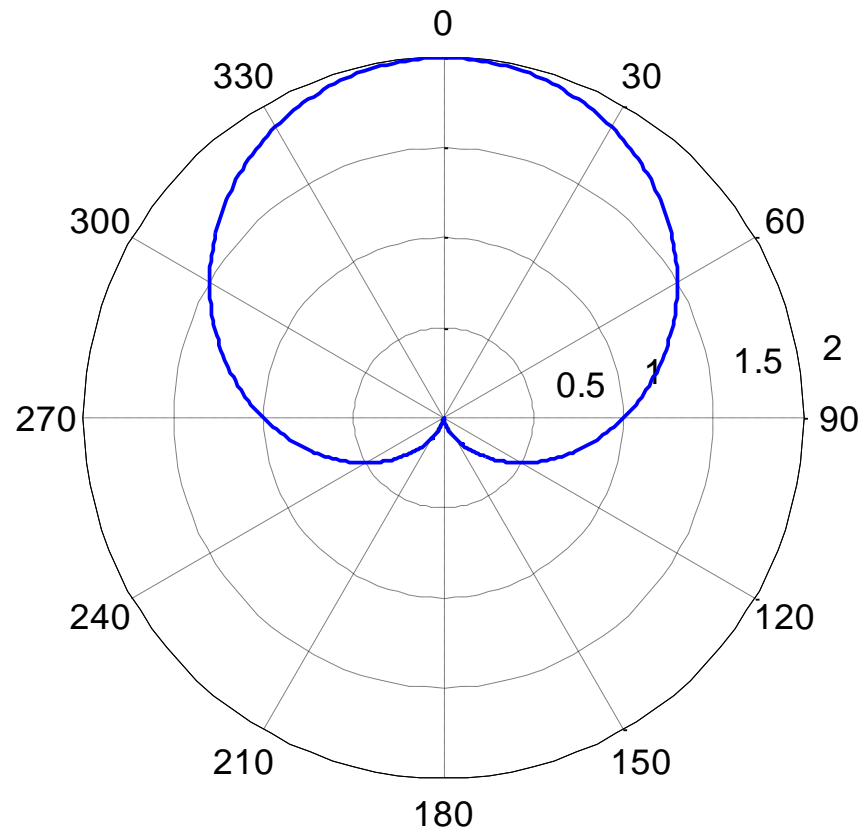


Změna směru hlavního vyzařovacího laloku

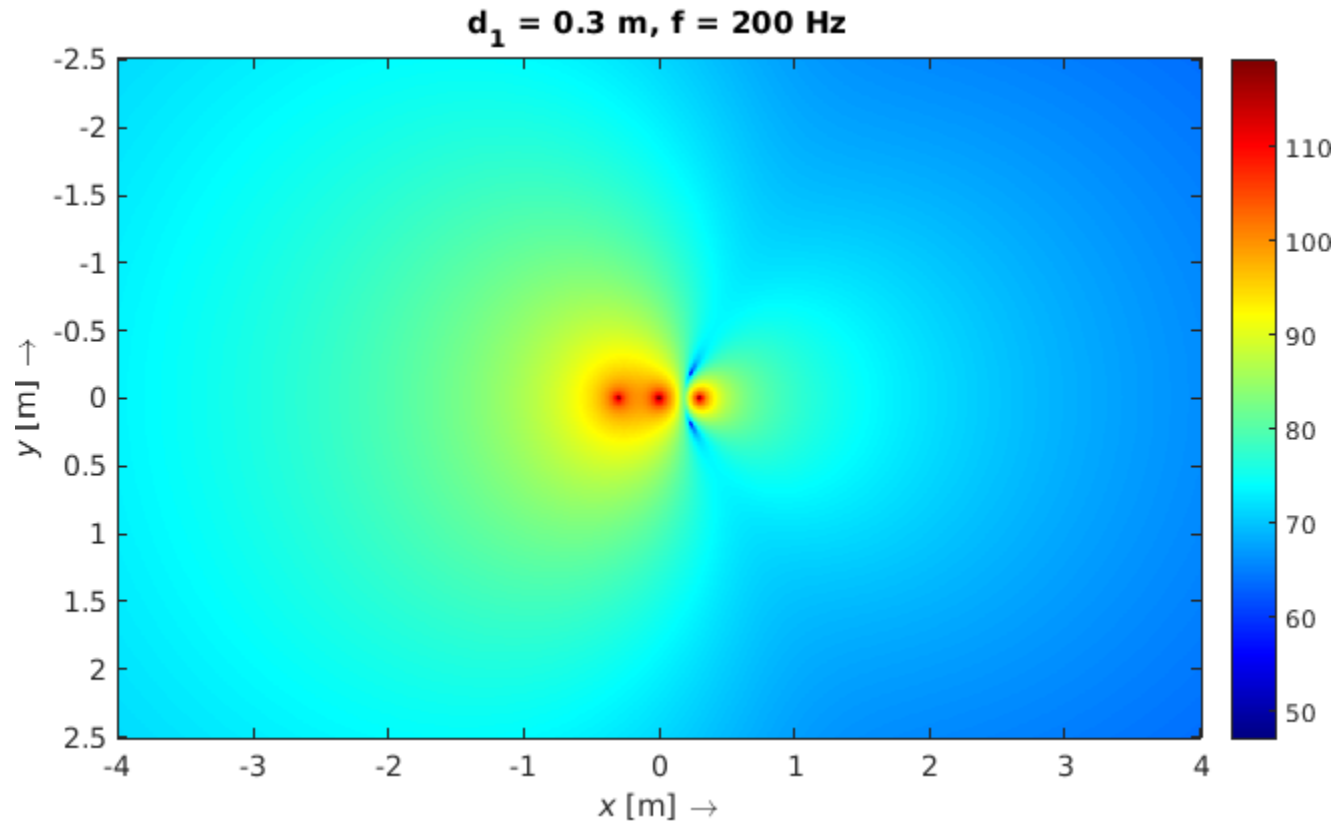


Akustický vysílač s kardioidní charakteristikou

- Spojení vysílače 1. řádu (dva vysílače 0. řádu v protifázi) a fázově posunutého vysílače 0. řádu
- Otočení fáze lze dosáhnout změnou polarity nebo otočením reproduktoru
- Směrová charakteristika
$$\eta = |1 + m \cos \vartheta|$$
- Využití u sestav subwooferů



Akustický směrový vysílač 1. řádu



Akustický vysílač s kardioidní charakteristikou

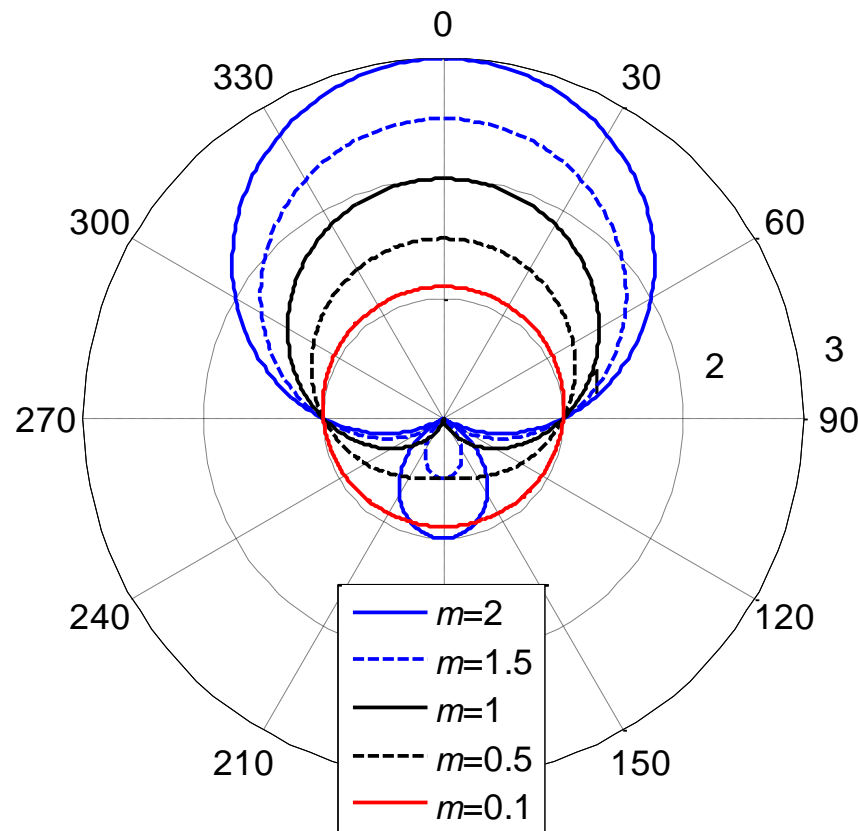
- Pro dosažení kardioidní charakteristiky musí platit

$$m = 2jkd_1 = 2j \frac{2\pi f}{c_0} d_1$$

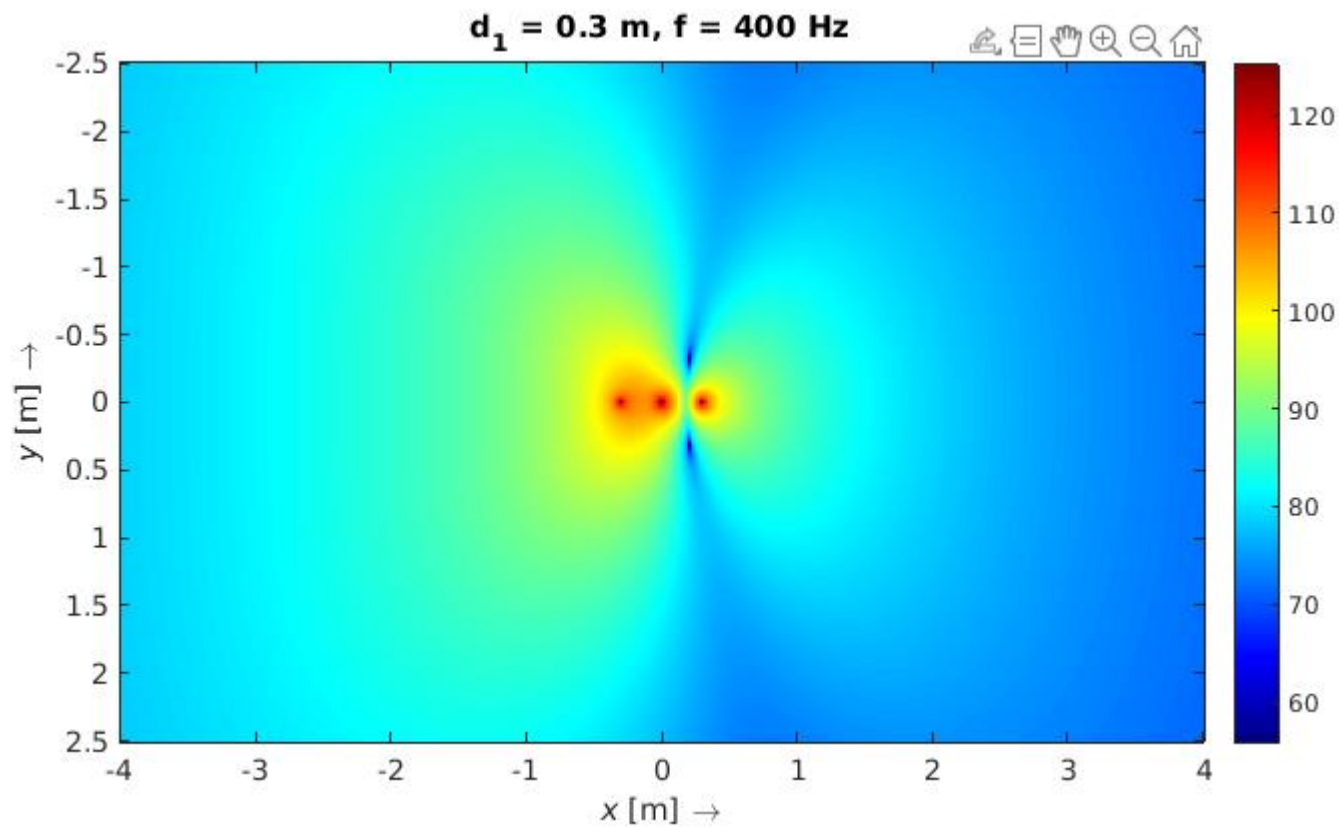
d_1 – vzdálenost vysílačů od sebe

- Zvýšení směrovosti kombinací více fázově posunutých kardioidních sestav (directional bass):

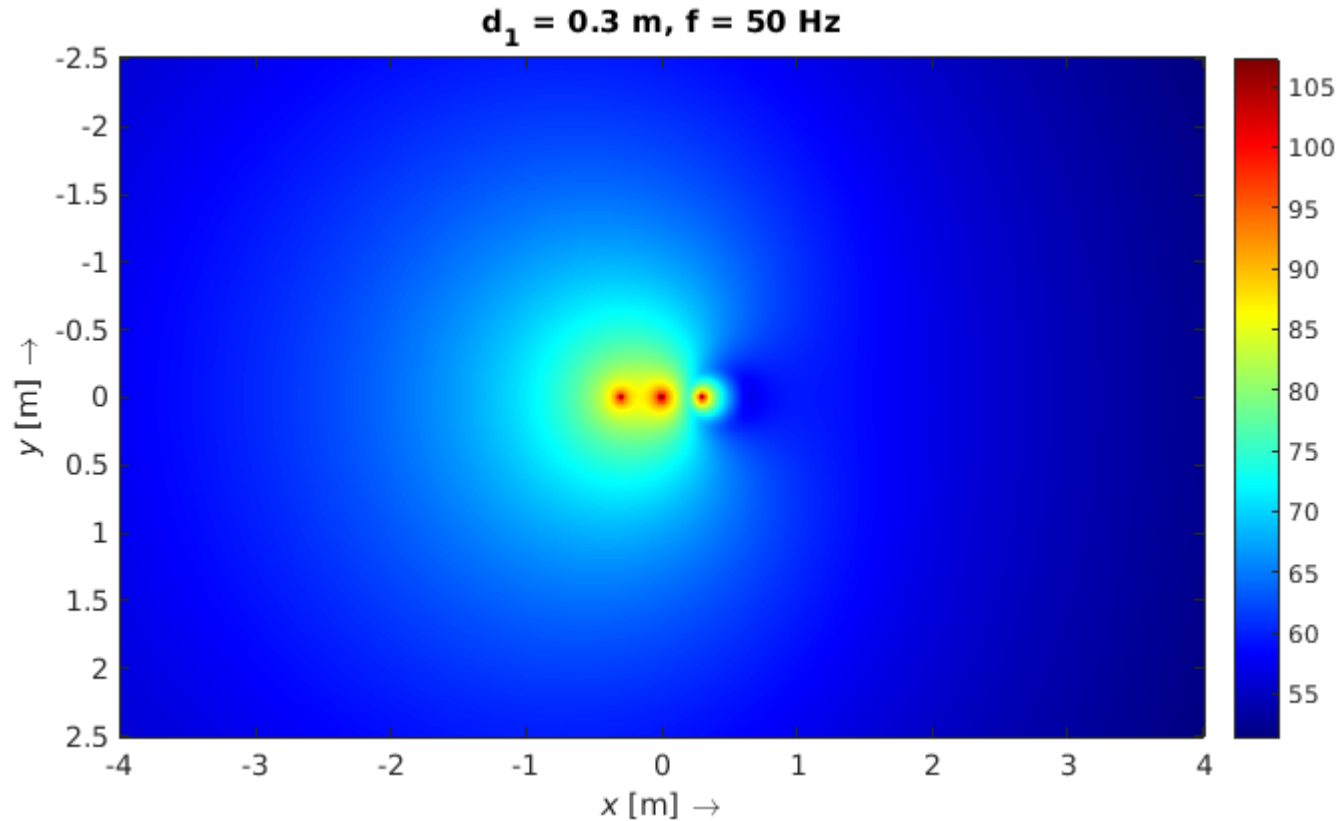
$$\eta = (1 + m \cos \vartheta) \cos^{n-1} \vartheta$$



Akustický směrový vysílač 1. řádu

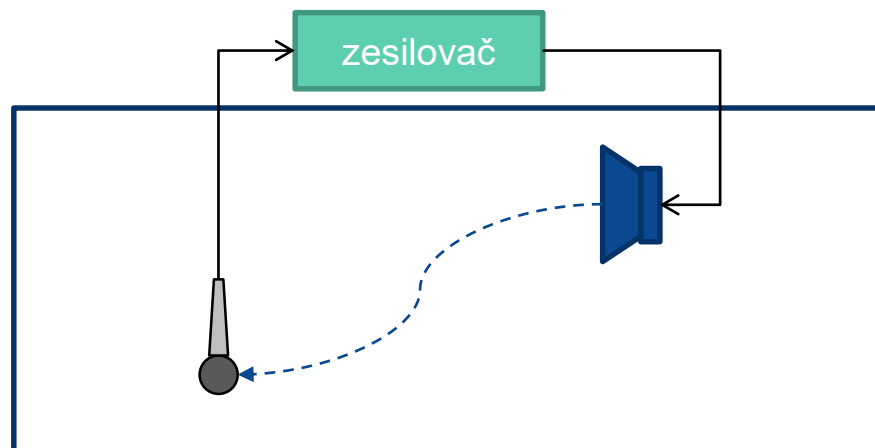


Akustický směrový vysílač 1. řádu



Akustická zpětná vazba

- Princip vzniku stejný jako u elektrických obvodů, smyčka zpětné vazby: mikrofon-zesilovač-reproduktor-prostor-mikrofon
- Akustická zpětná vazba vznikne, je-li mikrofonem přijímán silnější signál z reproduktorů než ze zdroje
- Zpětná vazba vznikne na kmitočtu, kde je přenos celého systému mikrofon-zesilovač-reproduktor-prostor-mikrofon nejvyšší



Akustická zpětná vazba

- Výstupní napětí mikrofону vyvolané signálem z reproduktoru:

$$u_m = \eta_m \eta_r \frac{p_1}{r}$$

p_1 – amplituda akustického tlaku reproduktoru ve vzdálenosti 1 m, η_m – citlivost mikrofону ve směru k reproduktoru, η_r – citlivost reproduktoru ve směru k mikrofону, r – vzdálenost mezi mikrofonom a reproduktorem

- Zmenšení rizika vzniku akustické zpětné vazby:
 - 1) umístění mikrofону ve volném poli zdroje zvuku, ale v difúzním poli zářičů
 - 2) vyšší činitel směrovosti mikrofону
 - 3) Vypínání nepoužívaných mikrofónů
 - 4) snížení přenosu systému na kmitočtu zpětné vazby
 - a) kompresorem
 - b) pásmovou zádrží / peak filtrem

Akustická zpětná vazba

- Systémy potlačení akustické zpětné vazby
 - 1) kmitočtový posun signálu, modulace fáze (spíše pro mluvené slovo)
 - 2) pásmová filtrace signálu v oblasti zpětné vazby
 - a) pevný kmitočet, ruční nastavení
 - b) pevný kmitočet, automatické nastavení
 - c) adaptivní filtry
 - d) automatické úzkopásmové řízení zesílení



Základy ozvučování