

## Mikrofonide paigutus muusika salvestamisel

## Muusika salvestamine

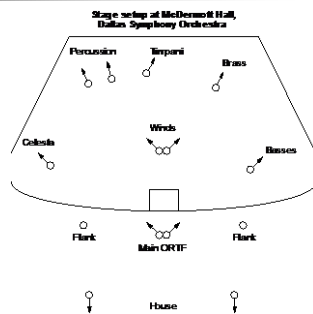
Mikrofonide grupid stereosalvestusel (2 kanalit; *live*-salvestus):

- Põhigrupid
- Suundmikrofonid
  - teatud muusikainstrumentide või esinejate esiletoomine
- Taustamikrofonid
  - ruumi kõla esiletoomine

## Muusika salvestamine

■ Mikrofonide paigutuse näide orkestri korral:

- põhimikrofonid: ORTF paarid + suunatoimetatud mikrofonid (*flank*)
- 2 ruumikõla mikrofoni
- pillirühmade mikrofonid



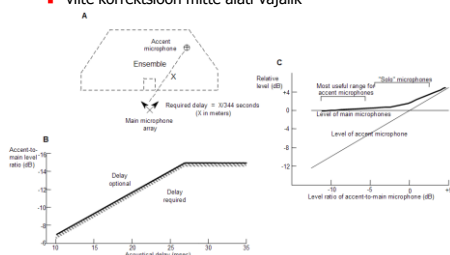
## Muusika salvestamine

Pillirühmade mikrofonide ülesanded:

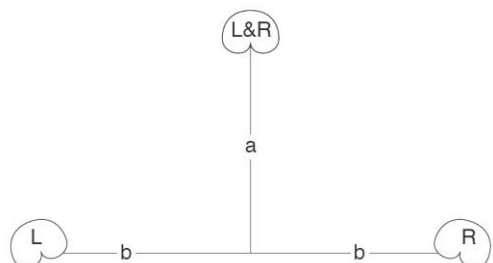
- tasakaalustatud helitugevus
- vaiksete instrumentide rõhutamine
- spektri tasakaalustamine
  - bassihelide tugevuse korrigeerimine
- juuresolekuefekti loomine

## Muusika salvestamine

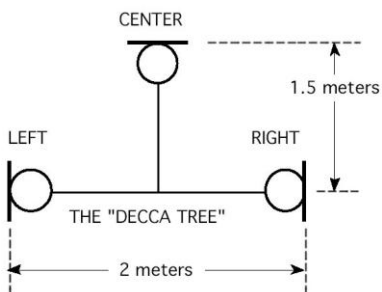
- rühmamikrofonide signaali viite korrigeerimine
  - suhteliselt väike nivoo – lubatav suurem viide ilma korrigeerimata
  - viite korrigeerimine mitte alati vajalik



## Decca mikrofonide puu (*Decca tree*)



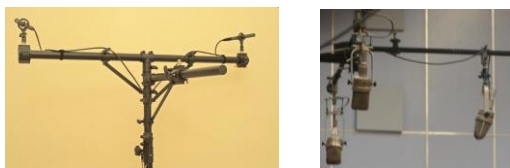
## Decca mikrofonide puu



## Decca mikrofonide puu

- kardioidkarakteristikuga mikrofonid
- paiknemine:
  - ~1 m kaugusel dirigendi selja taga
  - ~2,5 m dirigendi peast kõrgemal
- sageli külgedel 2 lisamikrofoni (*flanking*)
- hea stereohelipildi püsivus ka paljukanalistite teisenduste kasutamisel (*Dolby Surround* jt.)
  - laialdaselt kasutusel filmide helindamisel

## Decca mikrofonide puu

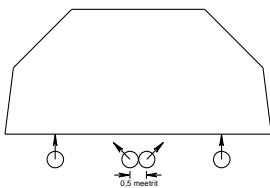


## Teisi mikrofonide paigutus

- Suunatoimeta mikrofonide hajuspaigutus
  - mikrofonide arv sõltub orkestri (ansambli) laiusel
  - suurim vahemaa mikrofonide vahel – 10 m
  - rõhutab ruumilisust ja reverberatsiooni
  - näivalt rohkem esinejaid
  - sobivaim suurte kooride või orelikontserdi korral

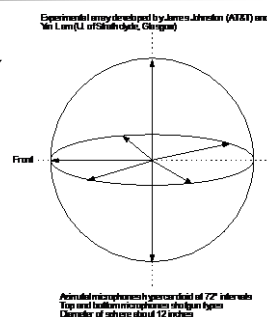
## Teisi mikrofonide paigutus

- Suunatoimeta mikrofonide ja kardioidmikrofonide paari kombinatsioon
  - sobivaim vähese kõlaga, "elututes" saalides



## Teisi mikrofonide paigutus

- 7 mikrofoniga süsteem
  - *Audio Engineering Society Convention 2000*)

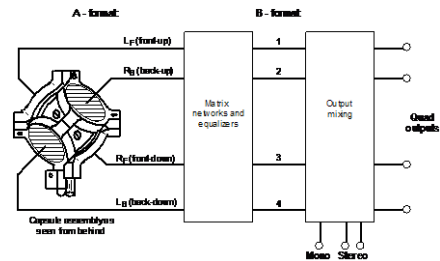


## 7 mikrofoni süsteem

- mikrofoni paigutus kerapinnaliselt
  - "kera" läbimõõt 30 cm
- horisontaaltasandil asetsevad mikrofonid – hüperkardioid-karakteristikuga
- suunad vastavad kõlarite asukohtadele
- üles ja alla suunatud mikrofonid – terava suunatoimega
- 5.1-süsteem
- vertikaalsihiliste mikrofoni signaalid liidetakse, liitsignaali nivood vähendatakse ja lisatakse 5 kanali signaalidele

## Mitmekanalilise helisalvestuse korral kasutatav mikrofoni

- helivälja mikrofoni



## Mitmekanalilise helisalvestuse korral kasutatav mikrofoni

- helirõhu ja kolmemõõtmeline õhusakeste kiiruse mõõtmine
- need 4 parameetrit võimaldavad sünteesida suvaliselt suunatud kardioidmikrofoni suunadiagrammi
- tavaliselt sünteesitakse suunad, mis vastavad kõlarite asukohtadele kuulamisruumis
- mono-, stereo- ja 4-kanalilise audiosignaali sünteesiahelad

## Stuudio disain

## Stuudio disain

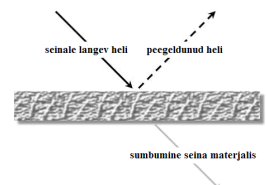
- Stuudio projekteerimise ja ehitamise käigus püütakse saavutada võimalikult suur helisolatsioonitegur e. naaberruumidest ja mujalt saabuvate helide sumbumine stuudio seintest, udest ja akendest läbiminekul



## Heliisolatsioon

- Heli sumbetegur  $TL$  on määratud heli neelava materjali pindtihedusega  $M$  ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ):

$$TL = 10 \log(M) + 23 \quad [\text{dB}]$$



## Heliisolatsioon

- Mõnede ehitusmaterjalide pindtiheduse ja vastava sumbeteguri näiteid:

Materjal	Paksus (cm)	Pindtihedus $M$ (kg/m <sup>3</sup> )	Heli sumbetegur $TL$ (dB)
Tellissein	10	200	46
	20	400	49
Betoon	10	250	47
	30	750	52
Puit	2.5	12	34

## Heliisolatsioon

- Sumbetegur sõltub heli sagedusest; kehtib ligikaudne seos
 
$$TL = 10\log(Mf) - 16 \quad [\text{dB}],$$
 kus  $f$  on heli sagedus (Hz)
  - sumbuvus kasvab sageduse kasvul
  - massiivsed materjalid summutavad heli paremini

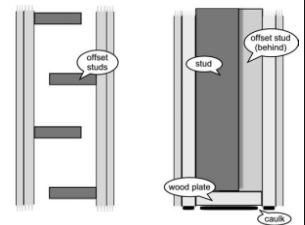
## Studio seinad

Hea heliisolatsiooni saavutamise eeldused:

- võimalikult suure massiga sein (nii pind- kui ruumtiheduse järgi)
- avatud ühenduskohtade puudumine seinas
- heli summutavate konstruktsioonielementide kasutamine
  - hästi toestatud ja resonantsivabad

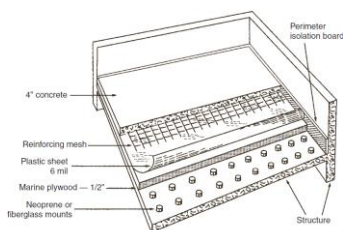
## Studio seinad

- Soovitatav on karkasseinte kasutamine, kus sein kaks poolt on karkasielementide abil eraldatud
- Seina pooled peaksid olema resonantsisageduste kokkulangevuse vältimiseks erineva tihedusega



## Põrand

- Põrand tuleks panna „ujuma“ e. tekitada mitmekihiline struktuur



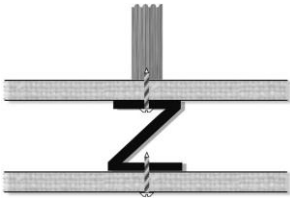
## Põrand

- Odavam variant „ujuva“ põranda tekitamiseks



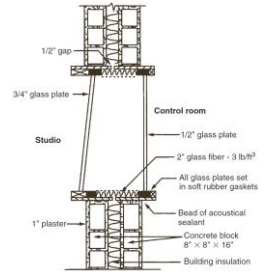
## Lagi

- Kahekihiline lagi



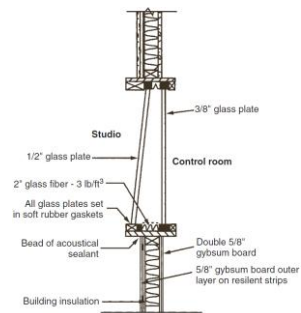
## Aknad

- Akende klaaspaneelid kinnitatakse kummitihendite abil
  - üks paneel peab olema teise suhtes vähemalt 5° kaldega, et vältida seisulaineid paneelide vahel
- Joonis: aken suure sumbuveguriga seinas



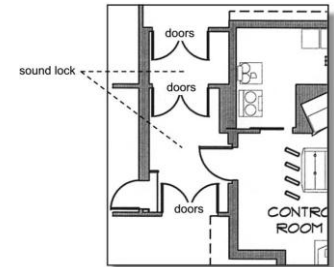
## Aknad

- Aken väiksema sumbuvegusega seinas



## Uksed

- Uksed peaksid olema täispuidust ja tihendatud
- Võimalusel tuleks kasutada kahte ust *heliluku* tekitamiseks



## Kajavabad ruumid

- Otstarve:
  - mudeldada vaba ruumi omadusi akustilistel mõõtmistel
  - mõnede sõnaliste saadete salvestus
- Konstruksiooniomadused: tüüpiliselt kiilud pikkusega ~1 m
- Pildil: kajavaba ruum Oldenburgi Ülikooli akustikalaboris



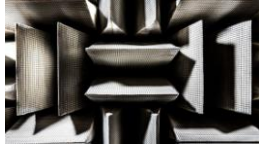
## Kajavabad ruumid

- Varasem „vaikseim koht maailmas“ (2004, Orfield Laboratories, USA)
- mürafoon -9,4 dBA
  - ~10 dB allpool kuuldeläve



## Kajavabad ruumid

- Uus rekord: -20,6 dB
  - oktoober 2015 (*Guinness World Records*)
- Microsoft'i kajavaba ruum Redmondis (USA)
- Teoreetiline väikseim helitugevus: -23 dB
  - õhu molekulide pörkumisel tekkiv heli



## Audiosignaali nominaalnivood ja nivooindikaatorid

## Audiosignaali tase

Audiosignaali pingeniivoode mõõtühikud:

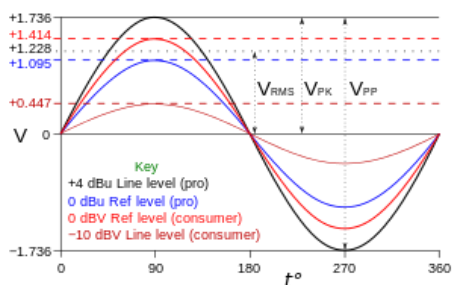
- dBu – detsibelli koormamata väljundis
  - 0 dBu – pinge efektiivväärtus  $\sim 775$  mV)
  - standardkoormusel  $600 \Omega$  hajub võimsus 1 mW (0 dBm)
- dBV – detsibelli voldi kohta

## Audiosignaali nominaalnivood

Signaalide nivood liiniväljundis

Kasutusvaldkond	Nominaal-nivoo	Nominaal-nivoo, $V_{RMS}$	Pinge tippväärtus, $V_{PK}$	Tipust-tipuni amplituud, $V_{PP}$
Professionaal-helitehnika	+4 dBu	1,228	1,736	3,472
Olme-helitehnika	-10 dBV	0,316	0,447	0,894

## Audiosignaali nominaalnivood



[http://en.wikipedia.org/wiki/File:Line\\_levels.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Line_levels.svg)

## Nivooindikaatorid

Kaks põhitüüpi:

- VU (*Volume Unit*)
  - traditsiooniline mõõtur
  - keskmistab signaali energiat 300 ms kestel
  - ei reageeri väga lühiajalistele ületööksidele
  - ei sobi helitehniliste seadmete ülekoormuse avastamiseks

## Nivooindikaatorid

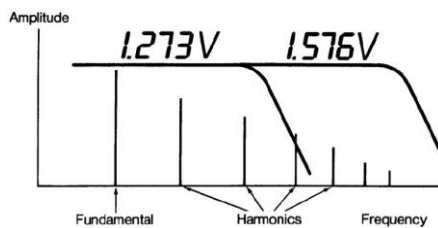
- PPM (*Peak Program Meter*)
  - reageerib ka hetkelistele ületööksidele
    - k.a. niisugustele, mis on kuuldamatud (nt. mõni millisekundit kestev suurima lubatava nivoo ületus  $\leq 10$  dB võrra)

## Nivooindikaatorid

- Teine liigitus: **analoog-** või **numbrilise** näiduga
  - analoogskaala ebatäpsem
  - kuid: operaatoril kergem jälgida programmi nivood nt. helendavate tulpade kõrguste järgi kui jälgida arvnäite
  - mõned režiipuldid sisaldavad paralleelselt mõlemat tüüpi indikaatoreid

## Nivooindikaatorid

- Nivooindikaatori ribalaiuse mõju näidule



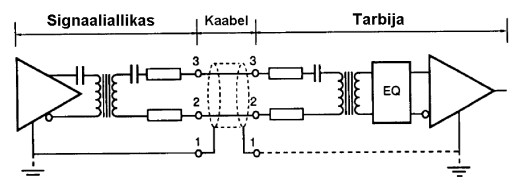
## Helitehniliste seadmete omavaheline ühendamine

## Helitehniliste seadmete omavaheline ühendamine

- Probleemid seadmete omavahelisel ühendamisel:
- sisend- ja väljundtakistuste sobitamine
  - ühenduskaablites lisanduv müra
  - maanduspotsiaalide (seadmete korpustel) erinevus
  - mittesümmeetrilise ahela ühendamine sümmeetrilise ülekandeliiniga

## Elektriline ühendus seadmete vahel

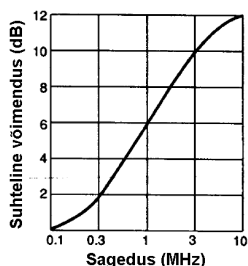
- Allika, kaabli ja tarbija impedants –  $110 \Omega$



- Digitaalinfo edastus sagedusmanipuleeritud signaali abil (FSK)

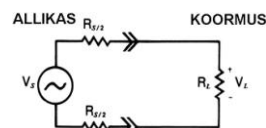
## Kadude kompenseerimine pikas kaablis

- Suhteliselt suuremad kaod kõrgetel sagedustel
- Kadude kompenseerimine ekvalaiseri (EQ) abil tarbija sisendis
- Ekvalaiseri sagedusarakteristik:
  - suurem võimendus kõrgetel sagedustel

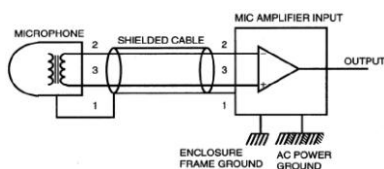


## Helitehniliste seadmete omavaheline ühendamine

- Professionaalsed audiosüsteemid – sümmeetrilised sisendid ja väljundid
  - suurem häirekindlus
  - maandus lubatav ainult ühes punktis (signaallika või koormuse juures)



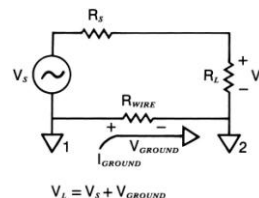
## Mikrofoni ühendamine võimendi sisendiga



- kasutada varjestatud keerupaar-kaablit
- mikrofoni varjestus ühendada ainult kaabli varjestusega ja võimendi sisendi korpusega
- tugevate häirete korral kasutada kahe keerupaariga kaablit

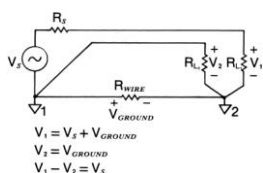
## Helitehniliste seadmete omavaheline ühendamine

- Asümmeetriline ühendus: kõik seadmed maandatud
  - maanduspotentsiaalide erinevus põhjustab parasitvoolu tekke (50 Hz-võrguhäire)



## Helitehniliste seadmete omavaheline ühendamine

- diferentsiaalsisend
- võimendatakse eraldi nii allika aktiivset kui ka maandatud poolt ja lahutatakse võimendatud signaalid teineteisest
  - kõrvaldatakse maanduspotentsiaalide erinevuse mõju



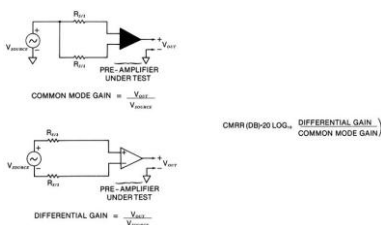
## Maandushäire mahasurumise tegur (CMRR)

- CMRR – Common Mode Rejection Ratio
- ideaaljuhul summutab diferentsiaalsisend maandushäire täielikult
- võimendatakse ainult pingete vahet diferentsiaalsisenditel
  - soovitud signaali võimendus (*differential gain*)
- reaalselt on olemas ka kahe sisendi ühise signaali võimendus
  - s.t. maandushäire võimendamine
  - võimendustegur ühissignaaliirežiimis (*common mode gain*)



## Maandushäire mahasurumise tegur

- Näide: aktiivse, tasakaalustatud sisendiga diferentsiaal-eelvõimendi CMRR mõõtmine



## Maandushäire mahasurumise tegur

- Maandushäire mahasurumise tegur

$$CMRR = 20 \log \frac{\text{vahesignaali võimendus}}{\text{ühissignaali võimendus}} \quad \text{dB}$$

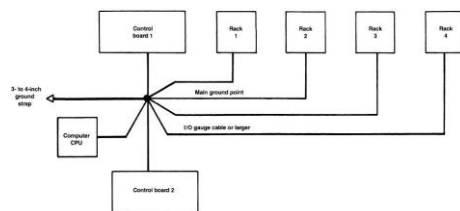
- Näide: eelvõimendi  $CMRR = 60 \text{ dB}$ 
  - olgu võimendi sisendis kasuliku signaali ja maandushäire suhe 40 dB
  - väljundis on signaali ja häire suhe 100 dB.

## Seadmete maandamine

- operaatori ohutus
- seadmete kaitse siirdepingete eest
- varjestamine raadiosagedusliku kiirguse eest

## Seadmete maandamine

- Seadmete maandamine studios
  - tähtmaandus



## Viited

- D. Huber, R. Runstein. Modern Recording Techniques (6th Ed.). Focal Press, 2005.
- [www.physik.uni-oldenburg.de/docs/aku/20409.html](http://www.physik.uni-oldenburg.de/docs/aku/20409.html)