
Electroacústica

Acústica fisiològica, paràmetres i qualitat del senyal d'àudio, transductors acústics, electrònica d'àudio, condicionament acústic i sistemes de sonorització i reforç de so

PID_00221937

Pere Artís Gabarró
Carles Vila Deutschbein


Pere Artís Gabarró

Enginyer de telecomunicació per la UPC, especialista en acústica, soroll i vibracions. Després d'haver treballat a Applus, Enginyeria i Arquitectura La Salle i en diferents laboratoris acústics, acredita una sòlida experiència en la consultoria i formació acústica.

Actualment, és gerent de Keacoustics, enginyeria especialitzada en projectes que inclouen assajos acústics, xarxes de monitorització acústica, gestió de la contaminació acústica en *smartcities*, control de soroll, acústica subaquàtica, simulacions numèriques, i formació. Apassionat de l'acústica, membre de telecos.cat i de l'associació catalana de consultors acústics, participa en la redacció de legislació.


Carles Vila Deutschbein

Enginyer superior en electrònica per Enginyeria La Salle (URL). Durant els seus estudis es va especialitzar en la branca de so, aprofundint en les àrees d'àudio digital, tecnologies de transducció i tècniques de producció audiovisual. En l'àmbit del Departament d'Acústica d'Enginyeria i Arquitectura La Salle, ha combinat la docència amb la recerca i ha dirigit a partir del 2006 el Màster Producció Sonora i Àudio Digital.

A partir del 2005 és director tècnic a l'empresa Media Arts Studio, a Barcelona, on és responsable de la gestió tècnica dels estudis de doblatge i del laboratori audiovisual. És expert en sistemes i tècniques de postproducció de so i imatge per cinema, televisió i VOD.

L'encàrrec i la creació d'aquest recurs d'aprenentatge UOC han estat coordinats pel professor: Germán Cobo Rodríguez (2019)

Primera edició: febrer 2019
 © Pere Artís Gabarró, Carles Vila Deutschbein
 Tots els drets reservats
 © d'aquesta edició, FUOC, 2019
 Av. Tibidabo, 39-43, 08035 Barcelona
 Realització editorial: FUOC

Cap part d'aquesta publicació, incloent-hi el disseny general i la coberta, no pot ser copiada, reproduïda, emmagatzemada o transmesa de cap manera ni per cap mitjà, tant si és elèctric com químic, mecànic, òptic, de gravació, de fotocòpia o per altres mètodes, sense l'autorització prèvia per escrit dels titulars del copyright.

Introducció

L'enginyeria acústica és una branca de l'enginyeria que tracta amb el so i les vibracions. Mentre que l'acústica és la branca de la física que estudia les ones mecàniques que es propaguen en un sòlid o un fluid, l'enginyeria acústica és la seva aplicació tecnològica.

L'acústica, per tant, estudia tots els processos que tenen a veure amb la producció, transmissió, reproducció, emmagatzematge, percepció, etc., de les ones sonores, però també de les vibracions. Quan parlem d'acústica, parlem de vibracions. El motiu de sentir la música del veí és la vibració induïda a la paret que separa l'habitatge per les ones sonores produïdes pels altaveus, en impactar-hi. Aquesta vibració reconduïx les ones sonores cap a la nostra habitació. Els enginyers acústics tracten amb tot el que té a veure amb el disseny, l'anàlisi i el control del so i de les vibracions.

Les vessants de l'enginyeria acústica són múltiples i abracen un ampli ventall de camps. L'Acoustical Society of America classifica les subdisciplines de l'acústica en: arqueoacústica, aeroacústica, processament del senyal acústic, acústica arquitectònica, bioacústica, electroacústica, acústica ambiental i entorns sonors, acústica musical, psicoacústica, parla, ultrasons, acústica subaquàtica, i vibració i dinàmica.

L'acústica arquitectònica o acústica de l'edificació versa sobre com aconseguir un bon comportament acústic en espais interiors, a partir del disseny d'aïllaments acústics al soroll aeri i al soroll d'impactes; condicionament acústic per controlar la reverberació i aconseguir, per exemple, intel·ligibilitats de la paraula adequades en sales de conferències o teatres; o dissenyar auditoris amb un comportament acústic òptim, nivells de cobertura acceptables i primeres reflexions que incrementin la sensació de sonoritat. L'acústica arquitectònica també tracta el control de les vibracions en edificis causades per indústries o vies de comunicació, per exemple. Per la seva banda, d'electroacústica s'ocupa de l'enregistrament, manipulació, transport i reproducció del so en diferents àmbits, com poden ser un sistema de megafonia o sistemes de reforç electroacústic o de sonorització. L'acústica ambiental, finalment, s'ocupa de la molèstia generada per fonts sonores ambientals, com poden ser les vies de comunicació, activitats d'oci o veïnals, o sorolls industrials.

Aquestes tres disciplines són les tractades majoritàriament en les assignatures d'Acústica i d'Electroacústica, però no en són pas les úniques pertanyents a l'enginyeria acústica. Cal mencionar el processament de senyal acústic, tan important en els sistemes de detecció de la parla actuals; la bioacústica, que s'ocupa dels sistemes de generació, transmissió i percepció dels sons generats

pels animals, per exemple; o bé l'aeroacústica, encarregada d'estudiar la generació de so per moviments d'aire i turbulències i que exerceix un paper predominant en el soroll de ventiladors o de les aeronaus.

Objectius

Els principals objectius d'aquesta assignatura són els següents:

1. Conèixer la generació de so del sistema auditiu humà i els paràmetres de la veu humana: espectre, directivitat i informació sobre intel·ligibilitat de la paraula.
2. Relacionar les diferents parts del sistema auditiu humà amb la percepció acústica i identificar els paràmetres més rellevants d'aquesta: sonoritat i tonalitat.
3. Entendre què és l'emascarament acústic i què són les bandes crítiques.
4. Conèixer les característiques d'un senyal d'àudio analògic i les seves diferents formes de representació: oscil·lograma o forma d'ona del senyal, espectre del senyal, sonograma o espectrograma, i *3D Waterfall*.
5. Conèixer els paràmetres que descriuen la qualitat d'àudio: resposta en freqüència, marge dinàmic, distorsió, soroll i nivell de senyal.
6. Conèixer els principals mecanismes de transducció acústica-elèctrica i mecànica-acústica.
7. Conèixer les propietats principals de micròfons, altaveus i acceleròmetres.
8. Conèixer, identificar i distingir els diferents tipus de micròfons, altaveus i acceleròmetres.
9. Conèixer les diferents tecnologies emprades en l'electrònica d'àudio, especialment les vàlvules.
10. Conèixer les diferents classes d'amplificació i els efectes de la realimentació negativa en un amplificador, i entendre el funcionament d'un amplificador de classe D.
11. Conèixer i saber dissenyar filtres passius de primer i segon ordre, filtres separadors de vies de primer i segon ordre, i filtres actius amb topologies Sallen-Key i State Variable.
12. Conèixer el diagrama general d'un mesclador d'àudio i les funcions dels seus blocs.

- 13.** Conèixer el rang de treball i les limitacions de les tres principals teories que governen la propagació acústica en un recinte: acústica ondulatoria, acústica geomètrica i acústica estadística.
- 14.** Saber calcular la distribució modal en un recinte, el temps de reverberació i l'àrea d'absorció equivalent, y saber mesurar el temps de reverberació d'un recinte.
- 15.** Conèixer els mecanismes d'absorció acústica (materials porosos i ressonadors de membrana i de Helmholtz), saber quantificar l'absorció acústica de les persones i les butaques, conèixer els principals mètodes de difusió del so (difusió geomètrica i difusors de Schroeder).
- 16.** Saber treballar amb la teoria bàsica de les reflexions i saber identificar les superfícies còncaues i les focalitzacions del so.
- 17.** Conèixer les pautes generals i els requeriments de disseny acústic de recintes (intel·ligibilitat de la paraula i corbes NC), així com el procediment de disseny bàsic per obtenir un temps de reverberació òptim.
- 18.** Conèixer els components que componen un sistema de reforç sonor i les diferències que hi ha amb una sonorització.
- 19.** Entendre per què es produeix la realimentació electroacústica i els problemes que ocasiona.
- 20.** Comprendre el concepte de guany acústic potencial (PAG), saber calcular-lo i ser capaç d'avaluar la bondat del seu valor en funció de les característiques de l'entorn sonor.
- 21.** Conèixer els tipus més habituals de clusters, saber dimensionar correctament un reforç sonor amb altaveus distribuïts, i saber calcular la potència elèctrica requerida per obtenir un determinat nivell de pressió sonora.

Continguts

Mòdul didàctic 1

Introducció a l'acústica fisiològica: fonació i percepció. Producció de la veu i caracterització del sistema auditiu humà

Pere Artís Gabarró

1. Parla
2. Anatomia del sistema auditiu humà
3. Percepció acústica

Mòdul didàctic 2

Paràmetres i qualitat del senyal d'àudio. Característiques del senyal d'àudio i paràmetres de qualitat

Carles Vila Deutschbein

1. Caracterització del senyal d'àudio
2. Paràmetres de qualitat

Mòdul didàctic 3

Transductors acústics. Micròfons, altaveus i acceleròmetres

Pere Artís Gabarró

1. Micròfons
2. Altaveus
3. Acceleròmetres

Mòdul didàctic 4

Electrònica d'àudio. Tecnologies d'àudio, amplificadors, filtres i taules de mescles

Carles Vila Deutschbein

1. Tecnologies d'àudio analògic
2. Disseny d'amplificadors
3. Filtres
4. Taules de mescles

Mòdul didàctic 5

Condicionament acústic. Materials, recintes i disseny acústic

Pere Artís Gabarró

1. Propagació del so en un recinte
2. Materials absorbents, reflectors i difusors del so
3. Disseny acústic d'un recinte

Mòdul didàctic 6

Sistemes de sonorització i reforç de so. Reforç sonor, interconnexió d'equips i potencia requerida

Carles Vila Deutschbein

1. Sistemes de reforç sonor en exteriors

2. Reforç sonor en espais tancats
3. Sistemes d'altaveus per a reforç sonor
4. Reforç sonor en espais tancats amb fonts distribuïdes

Bibliografía

- Arau i Puchades, H. (1999). *ABC de la acústica arquitectónica*. Grupo Planeta, Ediciones CEAC, Technology & Engineering.
- Augspurger, G. i Eargle, J. (1999). *Sound System Design Reference Manual*. JBL Professional.
- Ballou, G. (2015). *Handbook for Sound Engineers*. Focal Press.
- Beranek, L. L. (1996). *Concert and Opera Halls: How They Sound*. Acoustical Society of America.
- Bies, D. A. i Hansen, C. H. (2009). *Engineering Noise Control: Theory and Practice* (4a. ed.). CRC Press.
- Boner, C. P. i Boner, R. E. (1969). The Gain of a Sound System. *Journal of Audio Engineering Society*, 17 (2).
- Borden, G. J. y Harris, K. S. (1980). *Speech Science Primer: Physiology, Acoustics, and Perception of Speech* (1.ª ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Borwick, J. (2012). *Loudspeaker and Headphone Handbook*. CRC Press.
- Carrión Isbert, A. (1998). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Edicions UPC.
- Cox, T. J. i D'Antonio, P. (2009). *Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application*. CRC Press.
- Crocker, M. J. (2007). *Handbook of Noise and Vibration Control*. John Wiley & Sons.
- Davies, G. i Jones, R. (1990). *The Sound Reinforcement Handbook*. Yamaha Corporation.
- Eargle, J. (2012). *The Microphone Book: From Mono to Stereo to Surround - A Guide to Microphone Design and Application* (3a. ed.). Taylor & Francis.
- Everest, F. A. i Pohlmann, K. C. (2001). *The Master Handbook of Acoustics* (vol. 4). McGraw-Hill.
- Fastl, H. i Zwicker, E. (1999). *Psychoacoustics: Facts and Models* (2a. ed.). Springer Series in Information Sciences.
- Hall, D. E. (2002). *Musical Acoustics* (3a. ed.). Brooks/Cole Publishing Company.
- ISO 3382-1:2009 (2009). Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 1: Performance spaces.

ISO 354:2003 (2003). Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room.

Jacobsen, F., Poulsen, T., Rindel, J. H., Gade, A. C., i Ohlrich, M. (2001). *Fundamentals of Acoustics and Noise Control*. Department of Electrical Engineering, Technical University of Denmark.

Jones, M. (2012). *Valve Amplifiers*. Newnes.

Jung, W. (2005). *Op Amp Applications Handbook*. Elsevier.

Kinsler, L. E., Frey, A. R., Coppens, A. B., i Sanders, J. V. (2000). *Fundamentals of Acoustics* (4a. ed.). John Wiley & Sons, Inc.

Kuttruff, H. (2009). *Room Acoustics*. CRC Press.

Mancini, R. (2002). *Op Amps for Everyone*. Texas instruments.

Metzler, B. (1993). *Audio Measurement Handbook*. Audio Precision.

Ministerio de la Vivienda (2009). *Documento Básico HR: Protección contra el ruido*. Ministerio de la Vivienda, Código Técnico de la Edificación.

Newell, P. R. (2008). *Recording Studio Design*. Taylor & Francis.

Pueo Ortega, B. i Romá Romero, M. (2003). *Electroacústica: altavoces y micrófonos*. Pearson Educación.

Robinson, D. W. i Dadson, R. S. (1956). A re-determination of the equal-loudness relations for pure tones. *British Journal of Applied Physics*, 7 (5), 166-181.

Self, D. (2013). *Audio Power Amplifier Design Handbook*. Focal Press.

Serridge, M. i Licht, T. R. (1987). *Piezoelectric Accelerometers and Vibration Pre-amplifiers: Theory and Application Handbook*. Brüel & Kjær.

Tramaine, H. M. (1969). *The Audio Cyclopedia* (2a. ed.). Howard W. Sams & Co.

Vigran, T. E. (2008). *Building Acoustics*. CRC Press.