

CURSO DE ELETRÔNICA

FUNDAMENTOS DE
SOM E
ACÚSTICA

NEWTON C. BRAGA



VOLUME

∞

NCB

Newton C. Braga

Curso de Eletrônica

Fundamentos de Som e Acústica

Institute Newton C. Braga
São Paulo - 2015



Institute NCB
www.newtoncbra.com
leitor@newtoncbra.com.br

Curso de Eletrônica – Fundamentos de Som
Autor: Newton C. Braga
São Paulo - Brasil - 2014
Palavras-chaves: Electronica, Som , Acústica

Copyright by

INTITUTO NEWTON C BRAGA.

1ª edição

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfilmicos, fotográficos, reprográficos, fonográficos, videográficos, atualmente existentes ou que venham a ser inventados. Vedada a memorização e/ou a recuperação total ou parcial em qualquer parte da obra em qualquer programa juscibernético atualmente em uso ou que venha a ser desenvolvido ou implantado no futuro. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração. A violação dos direitos autorais é punível como crime (art. 184 e parágrafos, do Código Penal, cf. Lei nº 6.895, de 17/12/80) com pena de prisão e multa, conjuntamente com busca e apreensão e indenização diversas (artigos 122, 123, 124, 126 da Lei nº 5.988, de 14/12/73, Lei dos Direitos Autorais).

Diretor responsável: Newton C. Braga
Diagramação e Coordenação: Renato Paiotti

Conteúdo

Lição 1 - A Natureza do Som	12
1.1 - O que é som	12
1.2 - Os Infrassons e os Ultrassons	16
1.3 - Características	19
1.4 - Propriedades	25
Lição 2 - Ruídos e a Medida dos Sons	30
2.1 - Ruído	30
2.2 - Roncos e Zumbidos e outros ruídos	32
2.3 - Mais características dos sons – Características Fisiológicas.....	33
2.4 - Som estereofônico	35
2.5 - A medida do som	38
Lição 3 - Os Transdutores	48
3.1 - O que são Transdutores	48
3.2 - Como Funciona o Microfone	48
3.3 - Microfonia ou Realimentação Acústica	65
3.4 - Fonocaptadores	66
3.5 - Cabeças de Leitura (Gravação Magnética)	69
3.6 - Captadores Para Violão, Guitarras e Outros Instrumentos	71
3.7 - Captadores Telefônicos	71
Lição 4 - Transdutores II	75
4.1 - Os Alto Falantes	75
4.2 - Tipos de Alto-Falantes	79
4.3 - Alto-Falantes de Plasma	82
4.4 - Alto-Falantes Eletrostáticos	85
4.5 - Alto-Falantes Giratórios	87
4.6 - Especificações dos Alto-falantes	89
4.7 - Potência dos Alto-Falantes e Impedância	90
4.8 - Associação de Alto-Falantes	96
4.9 - Ligações Série e Paralelo de Alto-Falantes	99
4.10 - Linhas de Distribuição	102
4.11 - Fase de Sistemas de Alto-Falantes	107
4.12 - Caixas Acústicas	115
4.13 - Termos Técnicos Para Alto-Falantes	118
4.14 - Fones de Ouvido	121
4.15 - Problemas de Funcionamento	125

Lição 5 - Os Amplificadores	128
5.1 - Para que servem os amplificadores	128
5.2 - Tipos de Amplificadores	132
5.3 - Amplificadores BTL	153
5.4 - Informação – Ligação de Amplificadores em Paralelo	157
Lição 6 - Os Pré-Amplificadores	161
6.1 - Para que servem os pré-amplificadores	161
6.2 - A Equalização	161
6.3 - Outras especificações	164
6.4 - As configurações dos transistores	173
6.5 - Configuração Estéreo e Alimentação	177
Lição 7 - Controles de Tom e Equalizadores	184
7.1 - Controles de Tom	184
7.2 - Os equalizadores	189
7.3 - Como usar os equalizadores	195
7.4 - Loudness	198
7.5 - Como funciona	199
Lição 8 - Filtros divisores e outros circuitos	205
8.1 - Filtros ou Separadores de Frequências	205
8.2 - A fórmula de Wheeler	229
8.3 - Filtros Ativos.....	231
Lição 9 - Distorção	233
9.1 - Distorção	233
Lição 10 - Fontes de Programas	243
10.1 - Os primeiros gravadores	243
10.2 - A Gravação Magnética	247
10.3 - Aperfeiçoamentos	255
Lição 11 - Som Digital	258
11.1 - Gravação Digital	258
11.2 - Como Funciona a Gravação em CD	263
11.3 - MP3	264
11.4 - Áudio do DVD	270
Lição 12 - Sonofletores ou Caixas Acústicas e Sistemas de Som	274
12.1 - Pannel Infinito (Infinite Baffle)	274
12.2 - Sistemas Fechados ou Caixas Herméticas	275

12.3 - Os Refletores de Graves	277
12.4 - Outros sistemas	277
12.5 - Como Instalar Seu Sistema de Som	278

Lição 13 - CABOS E CONEXÕES DE SOM 292

13.1 - Tipos de cabos	292
13.2 - Cabos e Fios (como testar)	307

Lição 14 - FET - TRANSISTOR – VÁLVULA 315

14.1 - As Válvulas	315
14.2 - Os transistores bipolares	316
14.3 - Os MOSFETs	318
14.4 - As Diferenças finais	319
14.5 - Trabalhando com Equipamentos Valvulados	321
14.6 - Os Amplificadores Valvulados	322
14.7 - Recuperação d Valvlados antigos (rádios e eletrolas) ...	325

Apresentação

Antigamente eletrônica se resumia em rádio, amplificadores e televisão. E mesmo os amplificadores, em sua maioria eram os tipos destinados ao uso com toca-discos que era a mídia dominante dos anos 20 aos anos 70.

Estes amplificadores de potências entre 1 e 3 W eram destinados a equipamentos portáteis e quando eram de mesa, aproveitava-se a etapa de saída de áudio de um rádio que funcionava em conjunto.

No entanto, os equipamentos de som começaram a se diversificar vindo inicialmente o gravador de fitas, depois os amplificadores de alta fidelidade (HI-FI e ultra-lineares) e estereofônicos, os sistemas de sonorização ambiente e automotiva. Hoje a eletrônica que se dedica aos sons se ampliou a tal forma que podemos dizer que trata de uma ciência especial que merece estudos profundos.

No nosso curso Eletrônica Básica - Volume 1 - tratamos de som e no volume 2 estudamos diversos tipos de circuitos que amplificam sons ou ainda geram, podendo ser usados em instrumentos musicais.

Mas não fomos longe o suficiente para analisar as principais tecnologias encontradas hoje nos equipamentos, os sistemas de som ambiente e automotivo, circuitos especiais de equalização e de efeitos, os reforçadores de graves (pancadas) o que exigiria bastante tempo e espaço.

Assim, mesmo não pretendendo analisar todo o assunto, que é muito extenso, preparamos este volume de nosso curso para os leitores que desejam ir além de nossos cursos de Eletrônica Básica e de Eletrônica Analógica.

Faremos neste volume uma análise mais profunda

dos fenômenos acústicos, de suas propriedades fisiológicas e suas medidas e também analisaremos como tudo isso é utilizado na eletrônica.

As noções que daremos são apenas o ponto de partida para os que desejam se aprofundar mais no assunto, com um tratamento matemático de muitos efeitos ou desenvolvimento de muitos projetos, o que só é possível num curso de engenharia ou de obras mais avançadas.

Nós mesmos em nosso site temos alguns artigos que trabalham com cálculos, por exemplo, envolvendo divisores de frequências para alto-falantes e até mesmo o projeto de etapas amplificadoras lineares e de som ambiente.

Como nossa vocação é didática, dedicamos este volume a todos que tendo conhecimentos básicos de eletrônica desejam saber como os princípios básicos da eletrônica e da física dos sons são aplicados nos seus equipamentos de som.

Newton C. Braga

Introdução

Neste volume de nosso curso (*), estudaremos a natureza do som e suas propriedades, analisando fenômenos como o eco, a reverberação e a difração a partir do ponto de vista da física.

Também analisaremos o modo como o som é medido e seus aspectos fisiológicos como a maneira como o percebemos e como isso depende das pessoas.

A característica analógica do som será colocada em evidência, mostrando que, apesar dos equipamentos de som processarem os sinais digitalmente, tanto na sua entrada como saída temos sinais analógicos, pois a emissão de som é analógica assim como a nossa percepção.

Estudaremos os transdutores usando na conversão de energia acústica (som) em sinais elétricos e vice-versa e como esses transdutores são usados nos equipamentos de som.

E, chegando à eletrônica analisaremos os circuitos que encontramos nos equipamentos de som, começando indo dos pré-amplificadores, equalizadores e controles de tom até os amplificadores de potência.

A para os amplificadores de potência analisaremos as suas principais características como a potência, fidelidade, entradas e saídas.

Teremos ainda uma análise das principais configurações com as classes de amplificadores, com especial atenção para os tipos digitais e também os amplificadores antigos valvulados.

Ruídos e interferências que podem ser captados por estes equipamentos também serão analisados e terminaremos o volume com os acessórios que vão dos cabos, caixas, conectores e tudo mais que faz parte de um sistema de som doméstico ou automotivo.

(*) Outros volumes da nossa série "Curso de Eletrônica"

- Eletrônica Básica
- Eletrônica Analógica
- Eletrônica Digital (vol 1 e 2)
- Eletrônica de Potência
- Telecomunicações - Radio Comunicações
- Eletrônica automotiva

Lição 1 - A Natureza do Som

Nesta lição você vai conhecer a natureza do som, como são produzidas as ondas sonoras e como elas se propagam. Vai também saber como nossos ouvidos respondem às diversas frequências. As características e propriedades do som serão analisadas para que você saiba trabalhar melhor com ele.

1.1 - O que é som

Imaginemos um corpo que possa vibrar livremente, fazendo um movimento de vai e vem, conforme ilustra a figura 1.

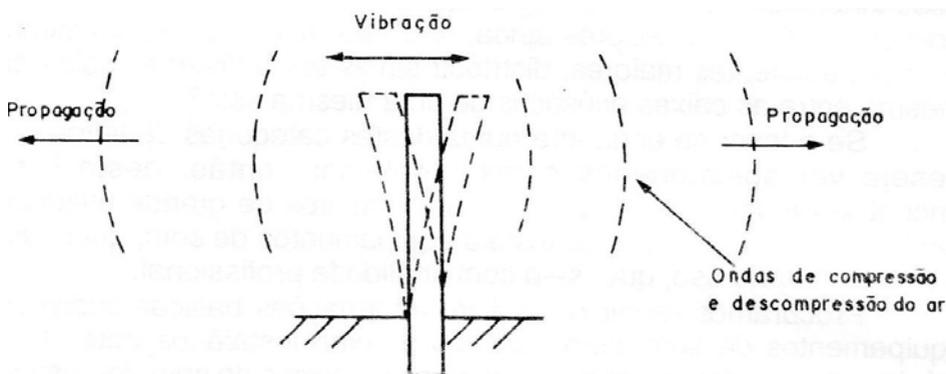


Figura 1 – Um corpo vibrando

Este corpo, ao se movimentar, produz ondas de compressão e descompressão do ar a sua volta e essas ondas se propagam em todas as direções preenchendo o espaço. Dizemos que este corpo vibrante está oscilando e que as ondas se propagam num meio material, no caso o ar.

Está claro que, se não houver nenhum meio material em contacto com o corpo que vibra estas ondas não podem ser produzidas.

Se uma pessoa estiver dentro do campo de ação destas ondas e elas puderem alcançar seus ouvidos, pode ocorrer um estímulo e a pessoa sentir algo, conforme sugere a figura 2.

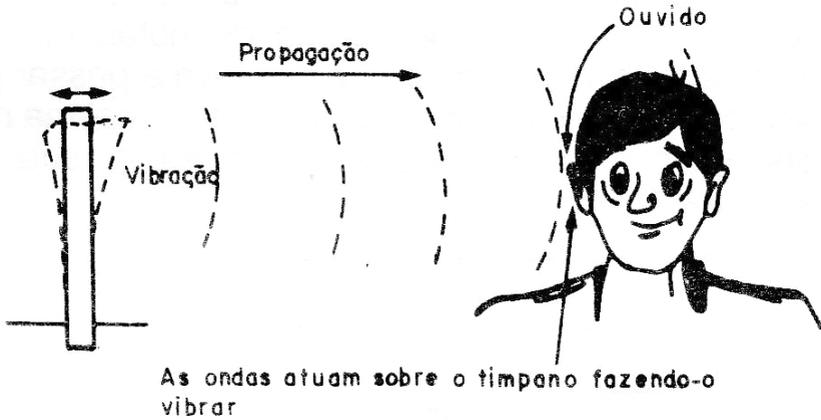


Figura 2 – A sensação de som

Dizemos “pode” porque é preciso que estas ondas tenham ainda algumas características importantes que passamos a analisar.

A primeira coisa importante que devemos observar é a frequência destas vibrações. Se elas forem muito lentas nada ocorre, pois existe um limite para o que nossos ouvidos podem sentir.

É preciso que as vibrações ocorram pelo menos na razão de 16 por segundo. Dizemos então que estas vibrações ocorrem numa frequência de 16 Hertz (abreviamos por Hz).

Estas ondas já podem excitar nossos ouvidos e temos a sensação do que se chama som. Entramos, pois nos 16 Hz na faixa das vibrações que conhecemos por sons.

Diante do corpo que vibra nesta frequência ou acima dela, perceberemos claramente que ele está emitindo som.

À medida que aumentamos o número de vibrações do corpo, notamos que algo ocorre com o som, ou seja, o nosso ouvido consegue diferenciar a frequência. O som que inicialmente era grave passa ao que chamamos de médio e depois se torna agudo.

A figura 3 mostra as diferentes faixas ou alturas correspondentes aos sons.

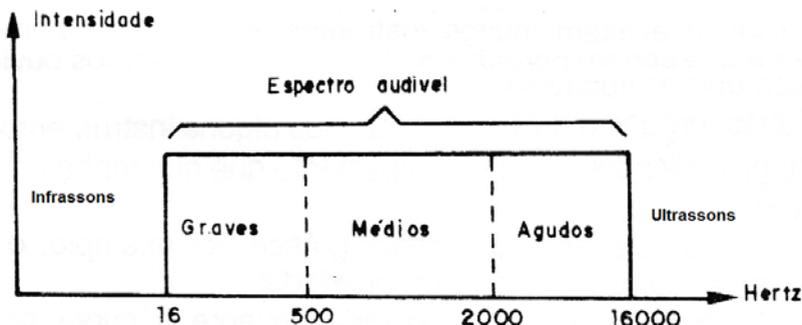


Figura 3 – O espectro audível

Na figura 3 temos então todas as frequências que podemos ouvir começando em torno de 16 Hz e terminando em torno de 16 000 Hertz ou 16 quilohertz que abreviamos por 16 kHz.

Obs. Em algumas publicações a faixa audível é definida como a compreendida entre 20 e 20 000 Hz.

Na verdade, este limite superior da capacidade de audição varia de pessoa para pessoa, podendo algumas chegar até mesmo aos 18 ou 20 kHz, e conforme a idade, já que as pessoas mais velhas vão perdendo a capacidade de ouvir os sons mais agudos; ou de frequências mais altas. Este conjunto de todas as frequências que ouvimos recebe o nome de "espectro audível".

Sons intensos

Um problema comum para o qual nem todos atentam é que, submetendo-se a sons intensos de forma constante a audição das pessoas pode ficar alterada. Assim, é comum que pessoas percam a audição por trabalharem em locais barulhentos ou mesmo por ouvirem música com altos volumes durante muito tempo.

Nosso ouvido é um sensor muito sensível e variações muito pequenas da frequência podem ser percebidas. A divisão das frequências das notas musicais em oitavas leva justamente em conta esta percepção que temos de sons de frequências diferentes.

Se aumentarmos em um oitavo o valor de um som, ele já soa de maneira diferente para nós, ou seja, como outra nota.

Assim, se tivermos um som de 800 Hertz e outro de 880 Hertz nossos ouvidos diferenciam estes sons como de notas musicais adjacentes. Já, se a freqüência dobrar, o que nos leva a passar para outra oitava, nossos ouvidos percebem os sons como a mesma nota, mas uma bem mais aguda que a outra e por incrível que pareça, elas combinam. Veja a figura 4.

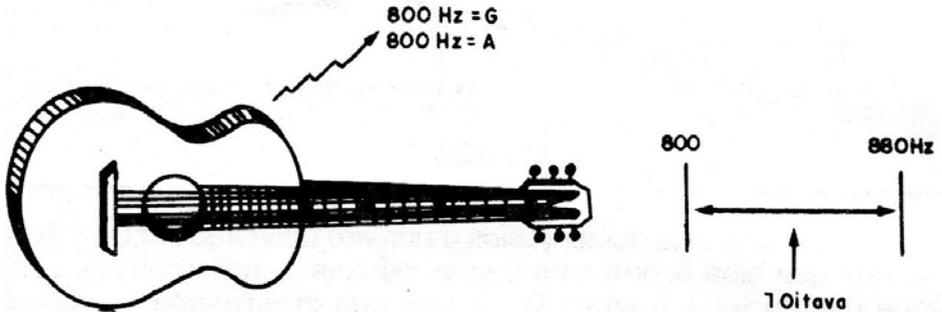


Figura 4 – A oitava

Veja então que uma primeira característica importante dos sons é a sua freqüência, que vai nos dizer se o som é grave, médio ou agudo.

Se vamos usar recursos eletrônicos para reproduzir sons, é muito importante que ele seja capaz de cobrir toda a faixa que podemos ouvir. Esta característica está especificada na faixa de reprodução e deve ser tanto mais ampla quanto melhor for o equipamento considerado.

Se um amplificador "cortar" as baixas frequências, por exemplo, em torno de 100 Hz, tudo que estará entre 16 e 100 Hz deixará de ser ouvido e existem muitos instrumentos que produzem sons nesta faixa e que seriam perdidos na hora que tentássemos ouvir uma fita ou disco que os contivesse.

Tubas, órgãos e baixos, são apenas alguns instrumentos que podem ser prejudicados por um equipamento que não tenha uma boa "resposta" de graves.

Quando usar um equalizador gráfico, por exemplo, o leitor pode aproveitar muito bem estas propriedades:

Ao ouvir música orquestrada, levante a curva nas extremidades reforçando os graves e os agudos e mantendo normais os médios.

Ao ouvir cantores aumente os médios e abaixe os graves e agudos, para aumentar a inteligibilidade e fazer "aparecer" mais o cantor.