

A aplicação de microfones em projeto digitais.

Prof. José Raimundo de Oliveira
DCA-FEEC-Unicamp
Abril 2010

Este documento apresenta alguns conceitos básicos sobre microfones para os alunos do curso EA079 da FEEC-Unicamp. Estes conceitos são úteis para o projeto de circuitos digitais multimídia. Inicialmente fazemos uma breve apresentação das principais características que definem a escolha de um tipo de microfone. Depois apresentamos os principais tipos de microfone. Em seguida apresentamos os conceitos relativos ao tipo de microfone mais utilizado, aquele chamado microfone de eletreto. Encerramos este com exemplos de circuitos de aplicação de microfones de eletreto.

Principais características de microfones

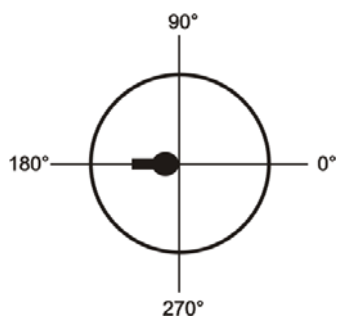
Resposta em frequência: Define como um determinado microfone responde às fontes sonoras com diferentes valores de frequência.

Impedância: De uma forma geral, o valor de impedância do microfone define a carga que ele irá representar para o seu circuito de pré-amplificação. Este parâmetro também é importante para definir o comprimento do cabo de ligação do microfone. Os microfones de baixa impedância, inferior a 600 ohm, permitem a ligação através de cabos com grande comprimento (como 100m ou mais) sem perdas de sinal significativo. Os microfones de alta impedância com valores na ordem de 5000 ohm, limitam a utilização de cabos curtos (menor que 3 metros).

Sensibilidade: É a relação entre o nível elétrico de saída do microfone e a pressão sonora incidente. Este parâmetro mede o valor do sinal de saída (voltagem ou corrente) que o microfone produz a partir de uma pressão sonora, caracterizando assim sua eficiência.

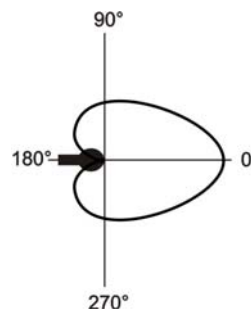
Ruído de fundo: Em função da tecnologia de construção do microfone, sinais ruidosos de fundo podem ser inerentemente gerados. O próprio circuito de pré-amplificação necessário pode gerar ruídos.

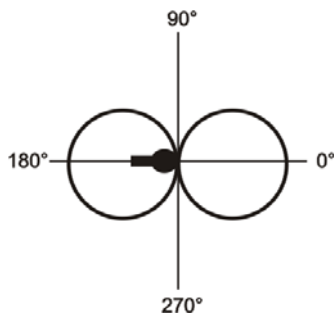
Directividade: É a característica que indica o padrão de sensibilidade de um microfone em função da direção, ou posição da fonte sonora. A directividade é, usualmente, indicada por um diagrama polar, onde o comprimento do raio numa direção (ângulo) indica a resposta em decibéis do microfone. Com respeito a sua directividade um microfone pode ser:



Omnidirecional – Aqueles que captam o som da fonte não importando a direção em que este chegue a sua cápsula. Observe que esta sensibilidade pode variar em função da frequência do sinal sonoro. Sendo comum a sensibilidade omnidirecional para baixas frequências e diferente sensibilidade para altas.

Cardióides - Captam com maior eficácia os sons emitidos na sua frente. À medida que a fonte sonora se desloca do eixo central do microfone, sua sensibilidade é reduzida. Seu diagrama polar aproxima-se de um formato de coração.





Bi-direcionais / em forma de oito - Captam o som igualmente no eixo da cápsula (0° e 180°), reduzindo sua sensibilidade em outros ângulos. Aplica-se muito bem em entrevistas.

Outras características de directividade podem definir outros tipos de microfones além dos acima descritos. Dentre eles destacamos o “*shotgun*” que são microfones com a sensibilidade altamente focada em uma única direção.

Principais tipos de microfones segundo a tecnologia de construção

De uma forma geral os microfones são conversores de pressão sonora em sinais elétricos. Existem diversas tecnologias para estes conversores. As mais usadas para a microfones são os chamados microfones dinâmicos e microfones condensadores. Essencialmente os microfones dinâmicos utilizam campo magnético para indução de sinal elétrico (corrente em bobina) e os microfones condensadores utilizam campo eletrostático num dielétrico de capacitor.

Microfones dinâmicos

Os microfones dinâmicos baseiam-se num diafragma ligado mecanicamente a uma bobina envolvendo um campo magnético gerado por uma estrutura de ímã permanente. Na medida que uma pressão sonora atinge o diafragma, ele movimentava a bobina no campo magnético, induzindo corrente nos seus terminais. Esta corrente é proporcional a pressão sonora.

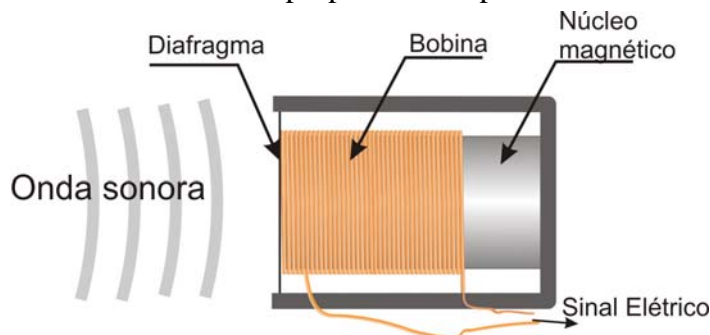


Figura 1 - Corte de uma cápsula de microfone dinâmico

Os microfones dinâmicos são muito usados em aplicações profissionais como por exemplo: shows e outras apresentações pública. As suas principais vantagens são resistência mecânica e não necessitar de energização. Sua resposta em frequência não é muito plana em todo espectro audível. Em geral, a resposta em frequência é moldada pelo fabricante para a sua aplicação alvo.

Exemplo de microfone dinâmico: Shure SM57

Como exemplo de especificação de um microfone dinâmico consideremos as características do microfone SM57 fabricado pela Shure, copiados em anexo. Estes dados foram obtidos do site do fabricante [Shure, 2010]. Dentre estes dados destacamos: resposta em frequência: de 40 até 15000 Hertz, com realce nas altas frequências e o seu padrão de directividade: cardioide.

Microfones condensadores

No passado os capacitores eram chamados de condensadores. O termo continua sendo usado para designar os microfones que utilizam o princípio capacitivo. Esta tecnologia baseia-se num

capacitor formado por duas placas metálicas, uma fixa e outra muito fina e móvel que atua como diafragma. Este capacitor é energizado por uma fonte de corrente contínua. Sob pressão sonora, o diafragma movimenta alterando a capacitância e a corrente no circuito.

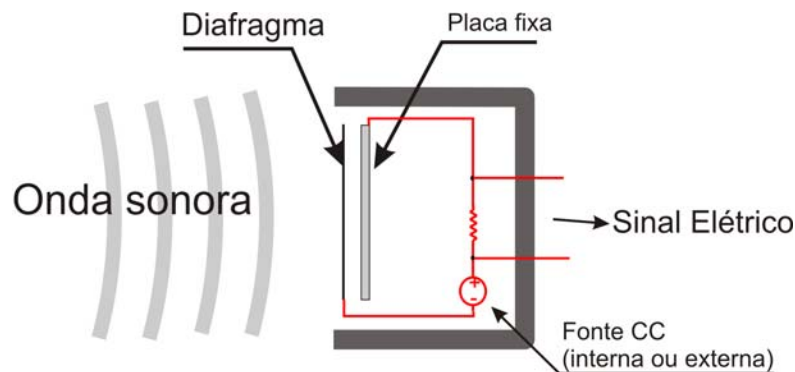


Figura 2 - Corte da cápsula de um microfone condensador

A necessidade de uma fonte de corrente contínua pode ser visto como uma desvantagem dos microfones condensadores comparado com os microfones dinâmicos. Esta fonte pode ser interna ou externa. Os microfones com fonte interna normalmente utilizam bateria embutida no próprio corpo do microfone, sendo necessária a troca periódica desta quando descarregada. Os microfones condensadores com fonte externa utilizam a chamada “alimentação fantasma” (*phantom power*). “*Phantom power*” é uma forma de distribuir a corrente contínua através dos cabos de áudio para alimentar microfones e outros equipamentos. Tipicamente, a voltagem utilizada é de 12 até 48 volts, sendo 48volts a mais comum.

Os microfones condensadores são mais sensíveis e tem uma resposta em frequência melhor que os dinâmicos, o que faz deles adequados para capturar todas as nuances de um som, até as mais sutis. Entretanto a sua alta sensibilidade o torna pouco indicado para capturar sons de alto volume, pois estes podem ficar distorcidos. Uma aplicação típica deste microfone é em estúdios profissionais de gravação. Nesta aplicação o microfone fica suspenso num dispositivo de suporte que amortece as vibrações mecânicas que poderiam ser notadas por sua sensibilidade.

Exemplo de microfone condensador: Fabricante MXL Technology

Como exemplo de microfones condensadores, citamos o MXL Gold 35 da MXL Technology. Os dados foram obtidos do site do fabricante [MXL 2010]. Em anexo copiamos uma página do catálogo deste fabricante que descreve as características deste microfone. Dentre estas destacamos a sua resposta em frequência quase planar entre 20 Hertz e 20Khertz e sua directividade cardioide.



Figura 3 - Microfone condensador com suporte anti choque

Microfone de eletreto

Um microfone de eletreto é um tipo de microfone condensador que elimina a necessidade de uma fonte de tensão para se polarizar. A polarização é obtida pelo uso de um material quase permanentemente carregado no dipolo capacitor, o eletreto.

Desde o início do século XX, por diversas vezes se tentou usar o eletreto na implementação de microfone condensador, mas em todas isto foi considerado impraticável pelo tempo de manutenção da carga. Até que em 1962 o chamado “*foil electret microphone*” foi inventado nos Laboratórios Bell por Gerhard Sessler e Jim West usando uma lâmina de Teflon.

Hoje em dia, o microfone de eletreto é seguramente o tipo de microfone mais utilizado. Isto se deve a sua simplicidade de construção. O microfone de eletreto é utilizado em diversos produtos muito populares, como por exemplo, câmeras de vídeo, celulares e computadores. Estima-se que sua escala de mercado é da ordem de bilhões de unidades [[National, 2010](#)].

O dispositivo Eletreto

O eletreto (*eletr* – *eto*, *eletr* de eletricidade e por *eto* de magneto) é o equivalente eletroestático do ímã permanente. O termo foi cunhado por Oliver Heaviside em 1885, mas o conceito e os primeiros experimentos remontam aos trabalhos do sueco Johan Carl Wilcke (1732 –1796) e aos do italiano Alessandro Volta (1745 – 1827) [[wiki-eletreto, 2010](#)]. A grande dificuldade nos trabalhos realizados nos séculos XVIII e XIX era relacionada a carga do eletreto e a permanência desta por um intervalo de tempo maior. Um dos mais antigos processos experimentais para obtenção de eletreto consiste em resfriar uma mistura de 45% de cera de carnaúba, 45% de resina branca (*white rosin*) e 10% de cera de abelha submetida a um campo elétrico estático de diversos kilovolts/cm. Em meados do século XX, o efeito termo-dielétrico relacionado com este processo foi descrito pela primeira vez pelo físico brasileiro Joaquim Costa Ribeiro ¹[[Costa Ribeiro, 1945](#)]. Este fenômeno passou então a ser internacionalmente referenciado como “Efeito Costa Ribeiro”.

Hoje em dia a maior parte dos eletretos são feitos de polímeros sintéticos, por exemplo, fluoropolímeros, polipropileno, polietileno tereftalato, etc. O uso destes materiais elevou a duração da carga elétrica nestes para algo entre 30 a 100 anos.

Transdutores com eletretos feitos com estes modernos polímeros podem ser construídos em vários formatos e tamanhos. O campo de aplicação de microfones de eletreto varia desde pequenos microfones para aparelho de audição (com poucos milímetros quadrados até elementos muito grandes (20cm de diâmetro) para recepção subaquática ou aérea de frequências muito baixas. [[Jim West 2002](#)]

Diferente de outros microfones condensadores, os microfones de eletreto não requerem voltagem de polarização, mas eles contêm um pré amplificador integrado de baixa potência. Este pré amplificador é alimentado externamente (*phantom power*) ou por uma simples pilha de 1,5volts dentro do próprio microfone. Este pré amplificador é formado por um único transistor de efeito de campo (FET).

A Figura 4 mostra um esquemático típico da ligação de um microfone de eletreto. Internamente à cápsula temos o transdutor e um FET em configuração fonte comum (*common source*). O circuito é alimentado por uma fonte externa através de um resistor, que irá definir a impedância do circuito. O sinal de som é extraído através de um capacitor polarizado.

Tipos de microfones de eletreto

Existem três principais tipos de microfone de eletreto, dependendo de onde o material eletreto é colocado na cápsula:

¹ O físico brasileiro Joaquim Costa Ribeiro (1906-2960), diplomou-se engenheiro civil e engenheiro mecânico-eletricista, em 1928 na Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil, antiga Escola Politécnica do Rio de Janeiro. O acervo de Costa Ribeiro formado por documentos pessoais, fotos e recortes de jornais foi doado por seu filho, Carlos Costa Ribeiro em 1988, ao Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência da Unicamp.

Diafragma de eletreto (*Foil-type or diaphragm-type*): um filme de material eletreto é usado como o próprio diafragma. Este é o tipo mais comum, mas também o de menor qualidade, desde que material eletreto não fazem um diafragma de boa qualidade.

Eletreto trazeiro (*Back electret*): um filme de eletreto é aplicado à placa trazeira da cápsula do microfone e o diafragma é feito de um material descarregado que pode ser mecanicamente mais adequado para o projeto do transdutor;

Eletreto frontal (*Front electret*): neste novo tipo, a placa trazeira é eliminada do projeto, e o condensador é formado pelo diafragma e a superfície interna da cápsula. O filme de eletreto é aderido a cobertura frontal interna e o diafragma metalizado é conectado à entrada do FET.

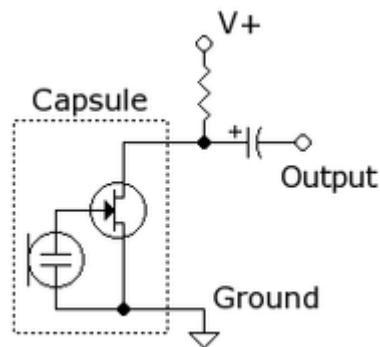


Figura 4 – Esquemático típico de um microfone de eletreto.

Circuitos típicos

Interface multimídia padrão (Sound Blaster da Creative Lab)

As placas de som Sound Blaster da Creative Lab (SB16,AWE32,SB32,AWE64) utilizam um plug de 3,5mm para microfones de eletreto. O conector do microfone considera a seguinte pinagem de ligação.



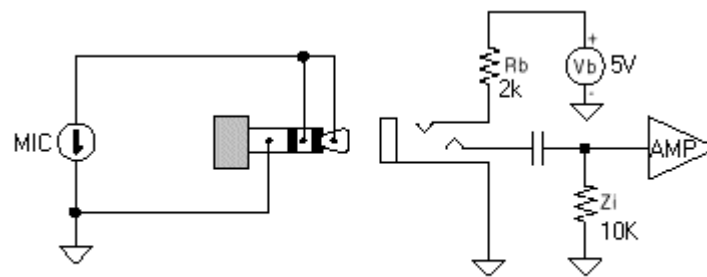
3.5mm plug

A voltagem de polarização para o microfone no ponto 2 do plug deve ser de +5V através de um resistor de 2.2 kohm.

A Creative Lab dá a seguinte especificação para a entrada de microfone da sua placa Sound Blaster em seu web site.

- Input Type: Unbalanced Low Impedance
- Input Sensitivity: Approx. -20dBV (100mV or 0.1Volt)
- Input Impedance: 600 to 1500. (Ohms)
- Input Connector: 3.5mm Miniplug (Stereo Jack)
- Input Wiring: Audio on Tip, Ground on Sleeve, 5Volts DC Bias on Ring

A figura abaixo mostra um esquemático aproximado do circuito de entrada de microfone da placa Sound Blaster.



Sound Blaster Microphone Input

Outros tipos de microfones

Além dos tipos de microfones descritos acima, cabe aqui destacar outros tipos de microfones. Alguns deles têm importância histórica.

Microfone de carbono

A forma mais antiga e simples de microfone usa pó de carbono. Esta é a tecnologia usada nos primeiros telefones. O pó de carbono é colocado num recipiente que de um lado tem um diafragma de metal ou plástico. Na medida que ondas sonoras atingem o diafragma, ele comprime o pó de carbono alterando sua resistência elétrica. Passando uma corrente através do carbono, a mudança de resistência muda a esta corrente.

Microfone de fita

Num microfone de fita, uma fina fita metálica é suspensa num campo magnético. Ondas sonoras movimentam a fita, que muda a corrente através dela.

Microfone de crystal

Certos cristais mudam suas propriedades elétricas com as mudanças de sua forma (efeito piezoelétrico). Adicionando um diafragma a um cristal, este irá criar um sinal elétrico quando ondas sonoras atingirem o diafragma.

Em todos os tipos de microfones o componente comum é o diafragma. Ele coleta a onda sonora e cria movimentos sobre qualquer que seja a tecnologia usada para criar o sinal elétrico.

Webgrafia

- http://en.wikipedia.org/wiki/Condenser_microphone#Condenser.2C_capacitor_or_electrostatic_microphone
- <http://micro.magnet.fsu.edu/electromag/java/microphone/>
- <http://www.educyclopedia.be/electronics/microphonetypes.htm>
- http://www.music-center.com.br/mic_akg1.htm
- http://cara.gsu.edu/courses/MI_3110/mic1/15.htm
- <http://www.jlworld.com/website/Technology?OpenForm&CP=MIC>
- <http://www.musicaudio.net/gratis/microfones/index.htm>
- <http://www.totalvenue.com.au/articles/microphones/microphones.html>
- http://mixguides.com/microphones/basics/audio_glossary_basic_microphone/
- <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/audio-music/question3095.htm>
- <http://www.aes.org/technical/heyser/aes113.cfm>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Electret_microphone
- <http://en.wikipedia.org/wiki/Electret>
- <http://sound.westhost.com/project93.htm>

<http://www.statemaster.com/encyclopedia/Electret-microphone>
<http://www.bell-labs.com/org/1133/Heritage/Foil/>
<http://www.buzzer-speaker.com/manufacture/microphone.htm?gclid=CKzogbLkqECFUFM5QodzEhPQA>
http://www.epanorama.net/circuits/microphone_powering.html
http://www.epanorama.net/circuits/dynamic_to_electretinput.html
http://www.tkk.fi/Misc/Electronics/circuits/dynamic_to_electretinput.html
<http://www.sfu.ca/sonic-studio/handbook/Directivity.html>
<http://www.national.com/nationaledge/apr03/article.html>

Referência Bibliográfica

- Arie van Rhijn, 2003**, Integrated Circuits for High Performance Electret Microphones, 114th Audio Engineering Society Convention, Amsterdam, 2003 March 22–25
- Costa Ribeiro, 1945**, Sobre o fenômeno termo-dielétrico, Tese apresentada no concurso para professor catedrático da cadeira de física geral e experimental da Universidade do Brasil, Rio de Janeiro, 1945. 95p. citado pelo Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência da Unicamp.
- Jim West, 2002**, Modern Electret Microphones And Their Applications, **Heyser Memorial Lecture**, 113th Audio Engineering Society Convention, Los Angeles, October 5 - 8, 2002, disponível em <http://www.aes.org/technical/heyser/aes113.cfm> acessado em abril de 2010.
- Juang, Lynn**. "Foil Electret Microphone: Sessler & West (1960)". Bell Labs, Multimedia Communications Research Laboratory, disponível em <http://www.bell-labs.com/org/1133/Heritage/Foil/>. Acessado em abril de 2010.
- MXL, 2010**, <http://www.mxlmics.com/>, acessado em abril de 2010.
- National, 2010**, <http://www.national.com/nationaledge/dec02/article.html>, acessado em abril de 2010.
- Shure, 2010**, http://www.shure.com/proaudio/products/wiredmicrophones/us_pro_sm57-lc_content, acessado em abril de 2010.
- wiki-eletreto, 2010**, <http://en.wikipedia.org/wiki/Electret>