

Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Física "Gleb Wataghin"

Relatório Parcial de Atividades

Disciplina: F-609 – Instrumentação para Ensino

Projeto: Medidor de Níveis Sonoros

Aluno: Alex Dante

Orientador: Engº. Pedro Miguel Raggio Santos, chefe dos Laboratórios de Ensino Básico e Informática LEB / LEI – IFGW, UNICAMP.

Coordenador: Prof. Dr. José Joaquim Lunazzi, Laboratório de Óptica – LO, DFMC, IFGW, UNICAMP.

Maio / 2009

1) PROJETO

I. Introdução

Na disciplina “Instrumentação para Ensino” (F-609) propomos a construção de um *Medidor de Níveis Sonoros*, um projeto interessante do ponto de vista didático, visto que envolve conceitos de acústica com limites de frequência e energia sonora comparada pelo nível de decibéis em relação a um padrão vigente, além de ondulatória e eletrodinâmica. Este instrumento é imprescindível para a avaliação técnica pelos profissionais de segurança do trabalho na especificação e determinação dos níveis aceitáveis de ruído do ambiente. Além disso, tal projeto não foi ainda abordado nesta disciplina.

II. Descrição

Este trabalho consiste na elaboração de um projeto, construção e calibração em decibéis (dB) de um medidor de níveis sonoros. Este trabalho será feito em duas etapas, conforme segue:

a) Construção do instrumento:

O nosso instrumento medidor de níveis sonoros terá como transdutor um microfone para captar a energia sonora, convertê-la em sinais elétricos e amplificar estes sinais por meio de um amplificador com resposta de frequência o mais plana possível, e acoplar estes sinais amplificados a um visualizador, que pode ser um multímetro analógico, ou um display digital ou de LEDs que permite a medição do nível de ruído sonoro do ambiente [1].

b) Calibração do medidor

Nesta etapa o medidor será calibrado para que forneça uma leitura correta dos níveis sonoros captados pelo microfone. Isso será feito com o auxílio de um medidor de níveis sonoros profissional, que poderá ser emprestado pela Prof^a. Dr^a. Stelamaris Rolla Bertoli, professora da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, ou com um aparelho semelhante, mas de uso comum (não profissional), emprestado pelo coordenador da disciplina, o Prof. Dr. Lunazzi.

III. Importância didática do trabalho

Este trabalho envolve conceitos físicos como: ondas sonoras, medida da potência sonora pelo ouvido humano na escala de decibéis (dB), circuitos eletrônicos amplificadores de sinais, e tensão AC e DC, o que faz dele um tema didaticamente importante para o público tanto para o ensino médio como o universitário.

IV. Originalidade

O medidor de níveis sonoros é um aparelho que se encontra disponível comercialmente. A medição de níveis sonoros é um assunto bastante complexo, que necessitaria de um curso exclusivo para seu completo entendimento [2]. É normalmente efetuada com aparelhos profissionais para a verificação do nível sonoro em diversos tipos de ambientes. Estes instrumentos são fabricados por firmas reconhecidas pelos órgãos regulatórios de diversos países, por exemplo B&K e Genradio, tendo como seu maior cliente o setor de segurança industrial. Esquemas de medidores de níveis sonoros estão disponíveis em vários *websites* de eletrônica na internet, principalmente em sites de amadores de eletrônica, mas o desafio maior é se obter uma resposta de frequência plana e se fazer a calibração que permita uma leitura confiável em decibéis. Até o momento, este projeto ainda não foi desenvolvido nas disciplinas de instrumentação para ensino do IFGW – UNICAMP, apesar do tema ter sido parcialmente abordado no projeto *Enclausuramento de uma fonte sonora* [3], de Instrumentação para Ensino (F-609) no IFGW, e em tese de mestrado na Engenharia Civil, sobre avaliação de ruído em malharias [4].

O nosso medidor é baseado no projeto de um amador em eletrônica [1], esquematizado na Figura 1, com algumas modificações que serão implementadas convenientemente ao longo do desenvolvimento do trabalho.

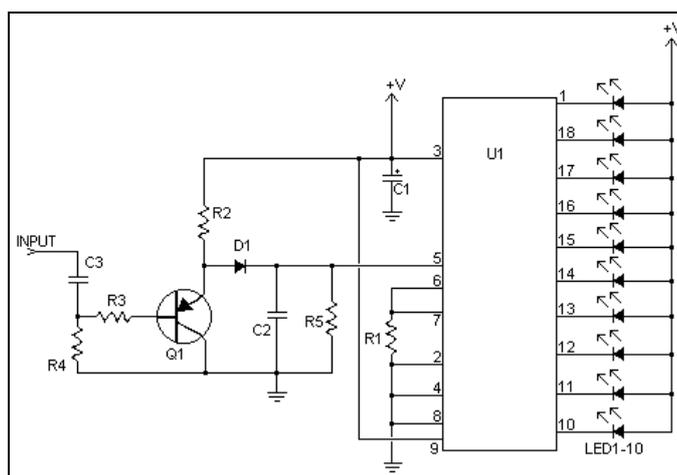


Figura 1. Esquema eletrônico do medidor de níveis sonoros utilizado no projeto.

Segue abaixo a lista dos componentes e sua respectiva descrição.

V. Lista de materiais

Apresentamos, na Tabela 1, uma lista preliminar de materiais utilizados no desenvolvimento deste trabalho, que poderá sofrer melhorias.

Tabela 1. Lista preliminar de materiais do projeto.

Código do componente	Componente / Descrição	Quantidade
INPUT	Microfone de computador (eletreto)	1
C1	Capacitor eletrolítico 25 V, 2,2 μ F	1
C2 e C3	Capacitor de disco cerâmico 0,1 μ F	2
R1 e R3	Resistor 1 K Ω , 0,25 W	2

R2	Resistor 10 K Ω , 0,25 W	1
R4	Resistor 100 K Ω , 0,25 W	1
R5	Resistor 1 M Ω , 0,25 W	1
D1	Diodo de silício 1N914	1
Q1	Transistor PNP 2N3906	1
LED1 – LED10	LED comum ou <i>array</i> de LED's	10
U1	Circuito integrado de nível de áudio LM3915	1

VI. Sigilo do projeto

Meu orientador, o Eng^o. Pedro Miguel Raggio Santos, concorda com os termos aqui estabelecidos para o projeto e declara que poderá dispor de todos os elementos necessários a menos de exceções indicadas abaixo.

Exceções: NÃO HÁ.

Sigilo: NÃO SOLICITA.

2) RESULTADOS OBTIDOS E O QUE FALTA FAZER

i) Modificações no projeto original

Como eu havia escrito no projeto original, o circuito usado poderia sofrer modificações que atendessem melhor às nossas propostas. Como consequência disso, o circuito foi modificado, o que resultou no circuito mostrado na Figura 2.

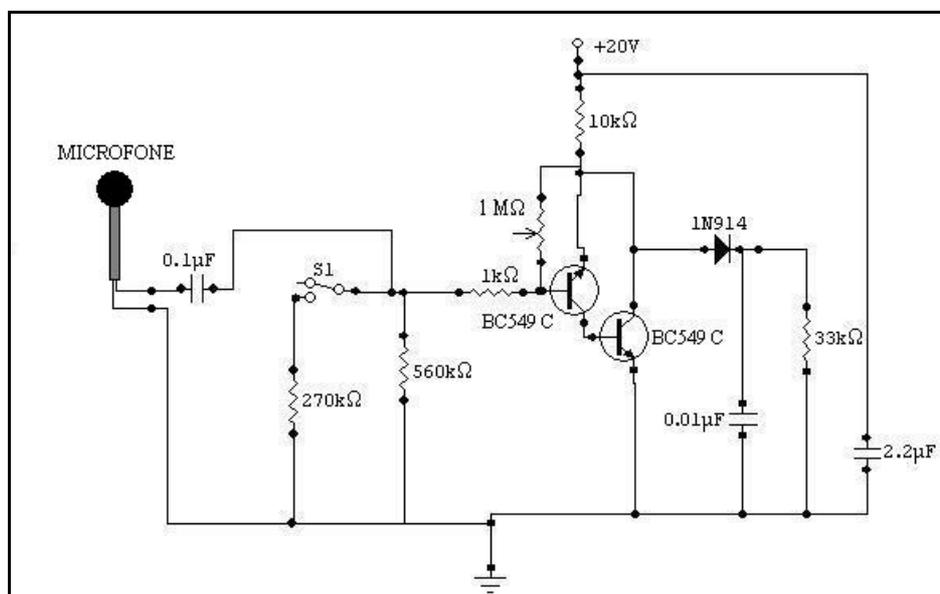


Figura 2. Esquema eletrônico modificado do medidor de níveis sonoros que está sendo implementado no projeto.

Na Tabela 2 estão listados os materiais correspondentes a este circuito.

Tabela 2. Nova lista de materiais do projeto.

Componente	Quantidade
Fonte de tensão DC regulável 0 V ~ 20 V	1
Microfone de computador (eletreto)	1
Capacitor eletrolítico 2,2 μ F	1
Capacitor de disco cerâmico 0,1 μ F	1
Capacitor de disco cerâmico 0,01 μ F	1
Resistor 1 k Ω , 0,25 W	1
Resistor 10 k Ω , 0,25 W	1
Resistor 33 k Ω , 0,25 W	1
Resistor 270 k Ω , 0,25 W	1
Resistor 560 k Ω , 0,25 W	1
Potenciômetro 1 M Ω , 0,25 W	1
Diodo de silício 1N914	1
Transistor NPN BC549 C	2

Este circuito pode, ainda, ser melhorado, dependendo dos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do projeto, pois para ajustar os resistores precisamos saber qual a saída (em mV) que o microfone gera, informação que estamos atacando neste momento.

Os resistores de 270 k Ω e 560 k Ω serão ajustados para diferentes faixas de ganho e S1 deve chavear mais de uma posição, se necessário. Se possível vai ficar somente em 2 faixas. Isto depende de como o circuito amplificador vai responder ao sinal do microfone.

Os transistores também foram modificados porque o BC 549C é de baixo ruído e tem um ganho de 600 vezes [5], o que significa que um sinal de 0,05 V é amplificado para 30 V com este transistor.

Além disso, procuraremos trabalhar na faixa de sons de 100 Hz a 10 kHz, que é a faixa audível para o ouvido humano [2].

ii) Resultados obtidos até agora

Primeiramente começamos trabalhar no circuito da Figura 1. Os componentes foram fornecidos pelo técnico Claudemir, da Oficina Eletrônica do IFGW. Em seguida, montei o circuito numa *protoboard* (ou *matriz de contato*, em português, é uma placa com milhares de furos e conexões condutoras utilizada em laboratórios para montagem de circuitos eletrônicos a fim de testá-los), mas sem os LEDs e o CI LM3915, para que pudéssemos observar o ganho do circuito amplificador, utilizando para isso um osciloscópio Tektronix® modelo 2205 GN 25 MHz ligado à saída 5 do circuito. Na entrada desse amplificador coloquei um gerador de ondas Pantec® modelo 3405, que simula o microfone gerando um sinal de aproximadamente 100 mV. O osciloscópio e o gerador de áudio foram emprestados do laboratório de ensino de eletrônica LF-25, pelo técnico Costa. Além disso, para alimentação do amplificador usei uma fonte de tensão DC regulável de 0 V a 15 V, construída pelos técnicos da Oficina Eletrônica do IFGW, emprestada do almoxarifado do laboratório de ensino de eletrônica do LEB. Para as medidas de resistência, tensão e de corrente do circuito e de seus componentes utilizei um multímetro

digital Minipa[®] modelo ET-2002. A montagem desse circuito na *protoboard* pode ser vista na foto da Figura 3.

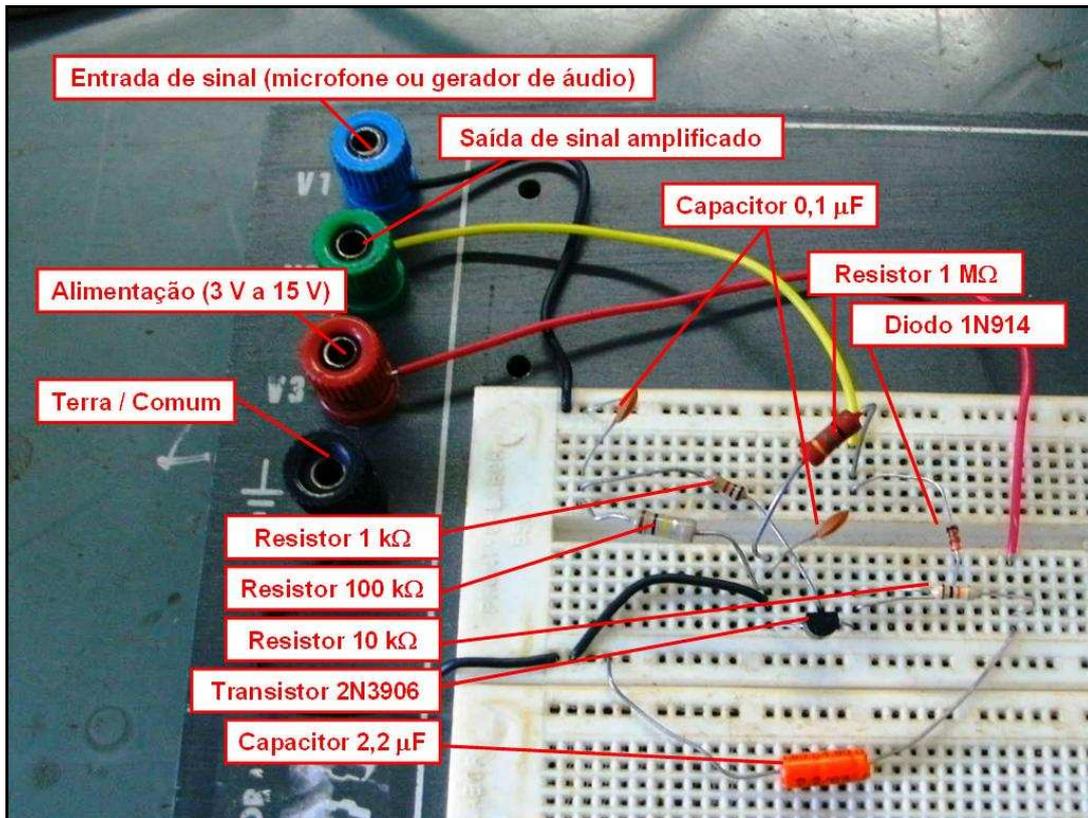


Figura 3. Foto da montagem do primeiro circuito utilizado como amplificador de sinais.

A Figura 4 mostra uma foto da bancada do laboratório na qual podemos ver a fonte DC, o osciloscópio, o gerador de áudio, o multímetro digital e o circuito montado na protoboard, ligados para os testes e medidas realizados nessa etapa do projeto.

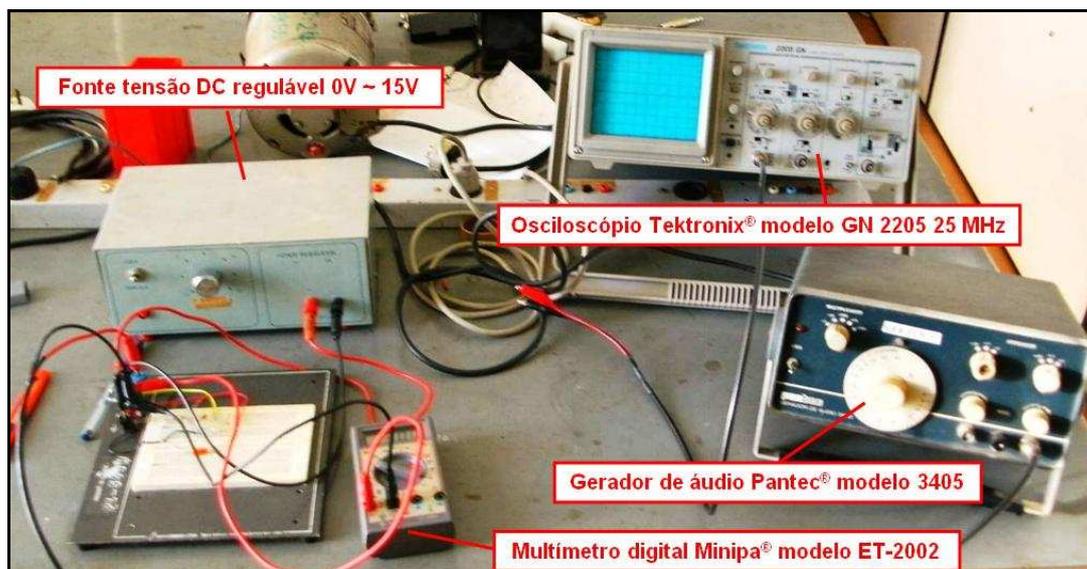


Figura 4. Foto do osciloscópio juntamente com o gerador de áudio utilizados na caracterização do primeiro circuito amplificador utilizado no projeto.

Porém, logo percebemos que o ganho fornecido por esse circuito é muito baixo, e após alguns testes decidimos abandoná-lo.

Resolvemos, então, fazer uma simulação do circuito amplificador mostrado na Figura 2, sugerido pelo meu orientador, com o software CircuitMaker®. A simulação mostrou que tal circuito teria um ganho teórico de mais de 100 vezes. Iniciei, então, a montagem desse circuito, o qual eu chamo de segundo circuito amplificador. A Figura 5 mostra uma foto desse circuito montado na mesma *protoboard* utilizada anteriormente.

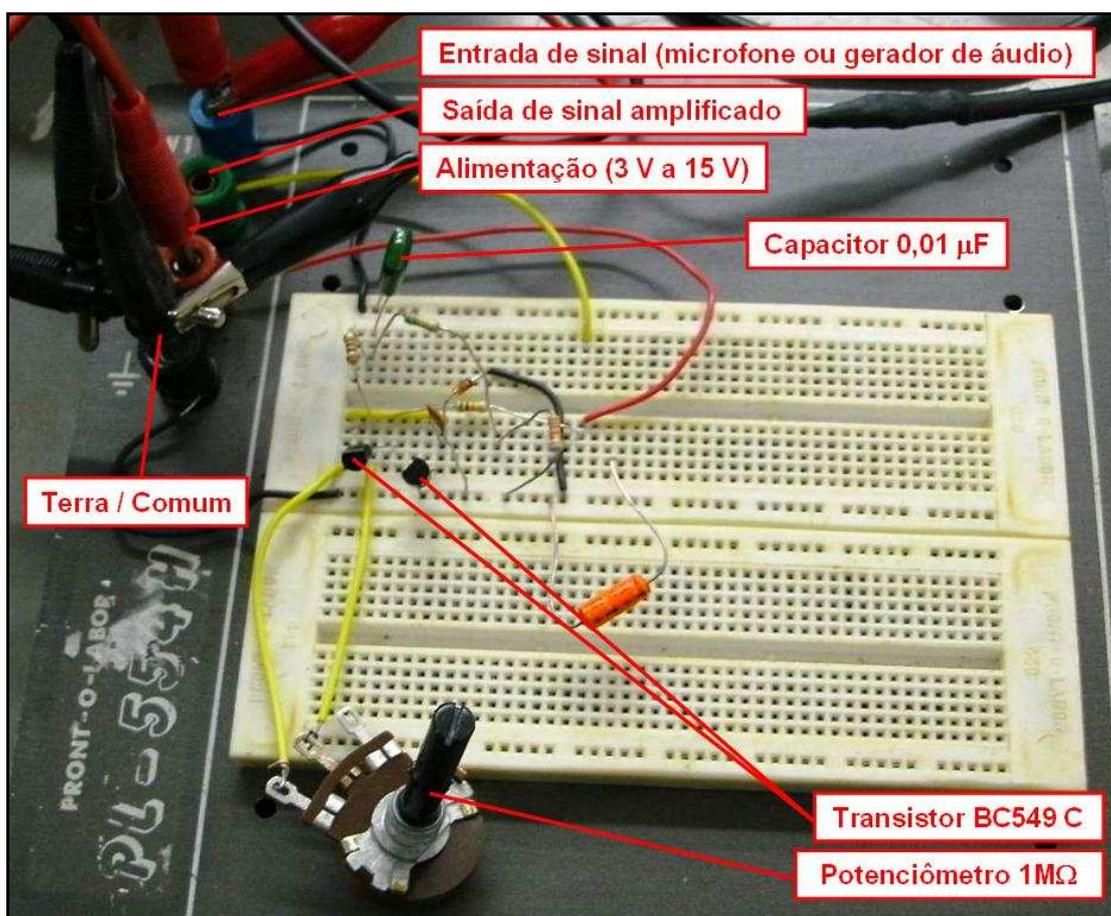


Figura 5. Foto da montagem do segundo circuito utilizado como amplificador de sinais. Estão indicados somente os principais componentes.

Logo que terminei de montar o segundo circuito para iniciar os testes, tive que devolver o osciloscópio Tektronix® para o laboratório de ensino de eletrônica LF-25 porque este foi solicitado para uso em aula. Então emprestei outro osciloscópio, um Pantec® modelo 5205 – 10 MHz, que é mais antigo que o primeiro e estava armazenado juntamente com outros do mesmo tipo aguardando liberação para doação para escolas públicas técnicas.

Com esse circuito montado e ligado aos demais aparelhos citados, iniciei os testes e medidas de amplificação de sinais. Primeiramente precisávamos saber qual o ganho do circuito em toda a faixa de frequências de 100 Hz a 10

kHz, para saber se o amplificador mantém o ganho constante. Os dados obtidos nas medidas foram reunidos na Tabela 3.

Tabela 3. Dados das medidas obtidos com o segundo circuito amplificador.

f (Hz)	V_e (V)	V_s (V)	Ganho (V_s/V_e)
100	0,15	8,00	53
200	0,15	8,50	57
300	0,15	9,00	60
400	0,15	8,50	57
500	0,15	9,00	60
600	0,15	8,50	57
1000	0,15	8,50	57
2000	0,15	8,00	53
3000	0,15	7,00	47
4000	0,15	6,40	43
5000	0,15	5,60	37
6000	0,15	5,00	33
7000	0,15	4,20	28
8000	0,15	3,90	26
9000	0,15	3,50	23
10000	0,15	3,20	21
15000	0,15	2,30	15
20000	0,15	1,70	11

Com os dados da Tabela 3, fiz um gráfico do ganho desse amplificador em função das frequências, mostrado na Figura 6.

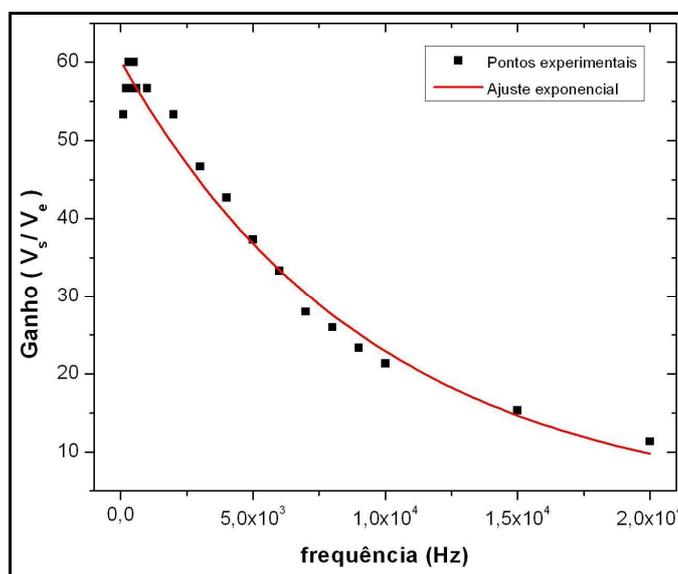


Figura 6. Gráfico do ganho do amplificador em função das frequências de 100 Hz a 10 kHz.

Podemos ver no gráfico acima que esse circuito amplificador funciona para toda a faixa de frequências estudada, porém apresenta uma queda

exponencial do ganho com o aumento da frequência, e sua máxima eficiência encontra-se para baixas frequências, da ordem de 100 kHz a 500 kHz.

A Figura 7 mostra fotos dos sinais de saída do amplificador para diferentes valores de frequência.

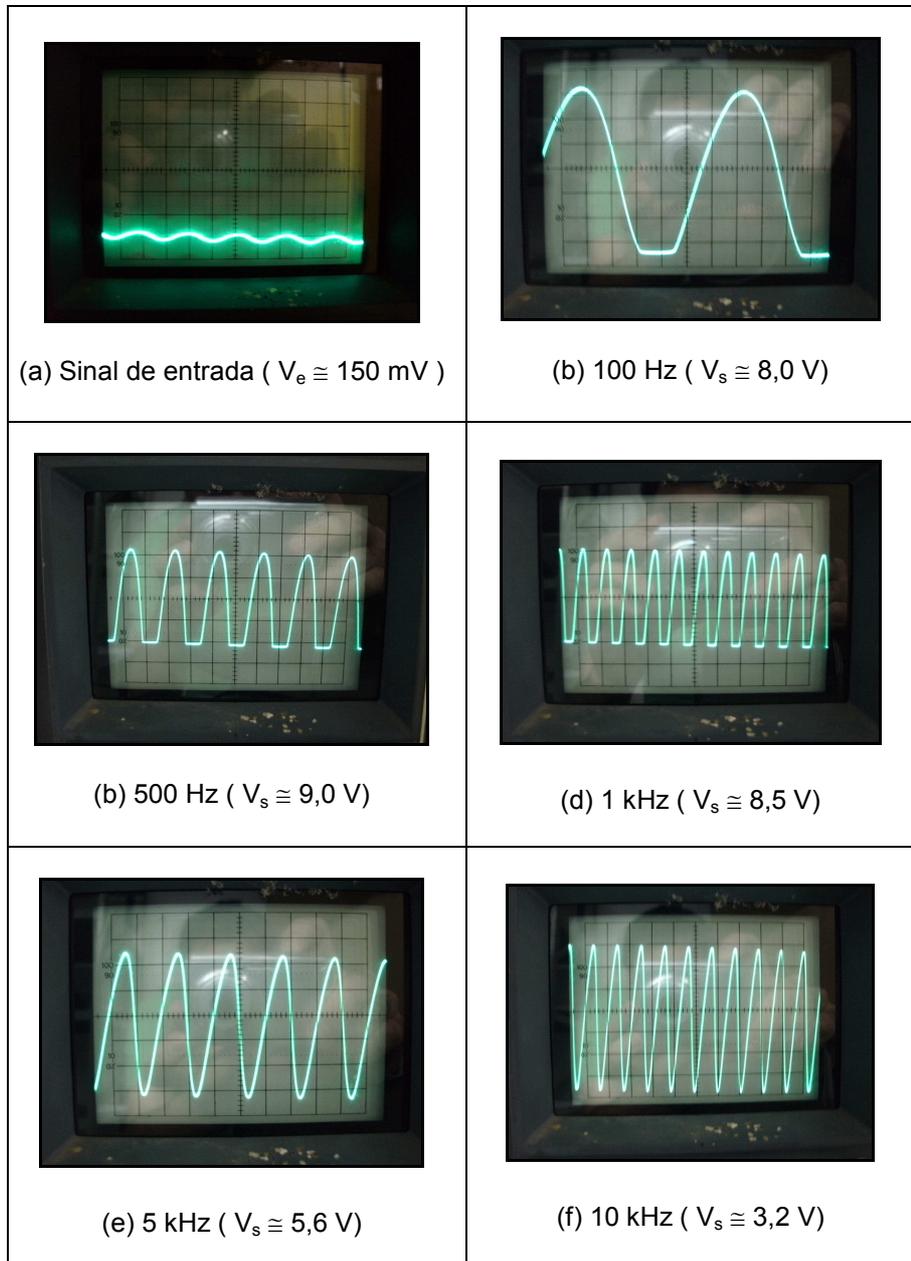


Figura 7. Fotos das formas de onda de saída do amplificador para alguns valores de frequência dentro da faixa de 100 Hz a 10 kHz, com os respectivos valores de tensão.

Em seguida, como o amplificador mostrou um bom funcionamento dentro da faixa de frequências esperada, o próximo passo foi colocar na entrada não um gerador de sinais, mas um microfone, que é o elemento que capta os sons e os converte em sinais, para verificar a funcionalidade do nosso amplificador. Consegui um microfone de computador novo, fornecido pelo meu orientador, para fazer os testes necessários.

Ligando o microfone ao amplificador, verifiquei que o sinal está sendo amplificado, mas ainda não consegui quantificar tal amplificação, porque o sinal de um microfone não é senoidal ou quadrado como o do gerador de ondas. É um sinal que contém uma somatória de frequências e por isso difícil de se acompanhar e medir na tela do osciloscópio, pois é um sinal devido aos sons do ambiente. A Figura 8 mostra uma foto do sinal de entrada do microfone com baixo ruído com o laboratório fechado e sem ruídos altos, e outra com ruído alto no microfone.

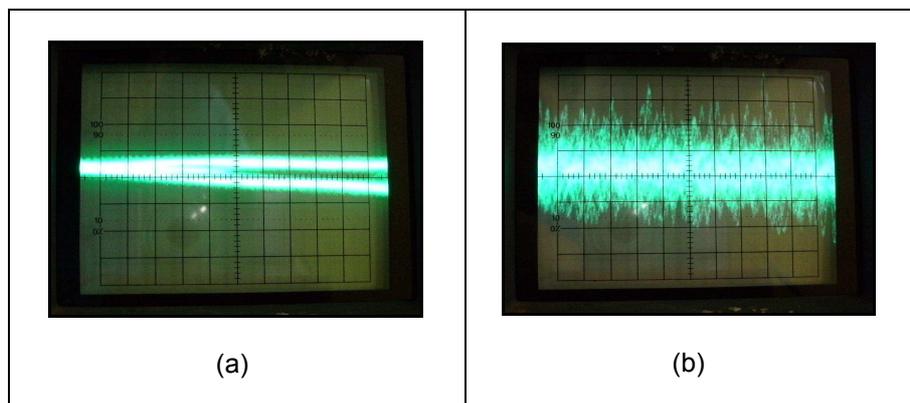


Figura 8. Fotos do sinal de saída do amplificador na tela do osciloscópio. Em (a) vemos o sinal com o ambiente em silêncio quase total; em (b) o sinal com ruído alto no microfone (sopro com a boca, bem perto do microfone).

Com base nos resultados obtidos até aqui, concluímos que, salvo alguma modificação em alguma resistência ou capacitor no circuito do amplificador, concluímos que esse amplificador está razoável para os nossos propósitos. Podemos, portanto, passar para a próxima etapa, que é trabalhar na caracterização do microfone e sua adaptação ao amplificador.

iii) O que falta fazer

Conforme o exposto na seção anterior, coloquei na Tabela 4 as etapas já concluídas e o que ainda falta fazer do projeto proposto.

Tabela 4. O que já foi feito e o que falta fazer do projeto.

Descrição	Feito	Falta fazer
Reunir componentes	X	
Montagem do amplificador	X	
Obter curva de resposta do amplificador com a frequência	X	
Obter curvas de resposta do amplificador com a frequência e nível de entrada		X
Ligar microfone no amplificador e verificar níveis de saída com a frequência		X
Concluir montagem do amplificador em placa de circuito impresso e acoplá-lo a um multímetro analógico		X
Fazer calibração do sistema para leitura em decibéis com o auxílio de um medidor de níveis sonoros profissional		X

3) FOTOS DO PROJETO NO ESTÁGIOM EM QUE SE ENCONTRA

A Figura 9 mostra fotos do projeto no estágio em que se encontra no momento.

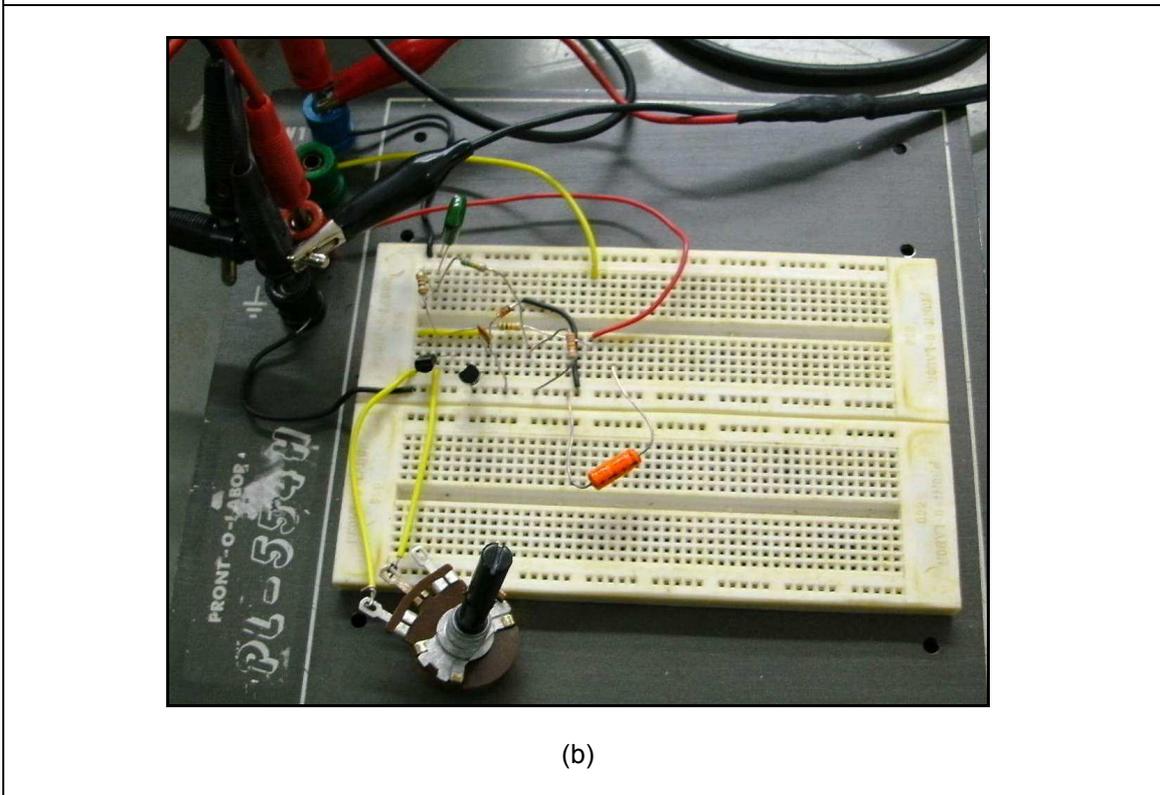
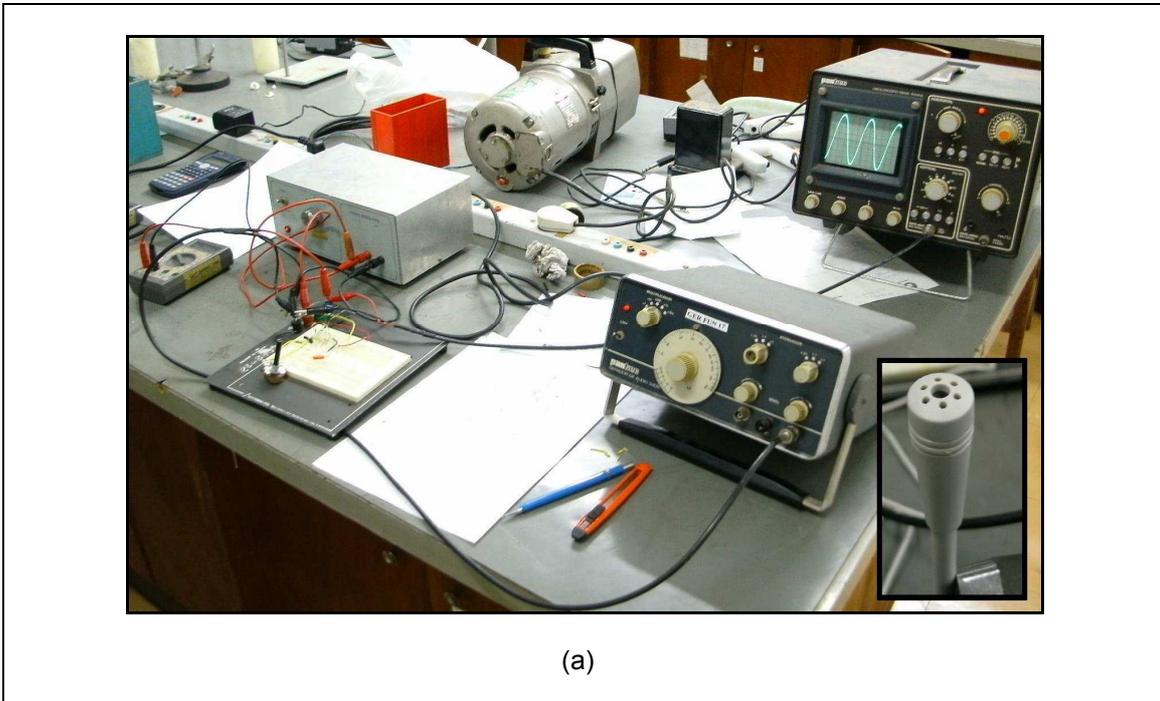


Figura 9. (a) Foto mostrando o circuito amplificador montado na protoboard com o osciloscópio, gerador de áudio, multímetro e fonte de tensão. No detalhe pode-se ver a foto do microfone usado no projeto; (b) foto do circuito amplificador na protoboard.

4) DIFICULDADES ENCONTRADAS

Até o momento, uma das dificuldades que encontrei está ligada à eletrônica, pois não tenho muita familiaridade com circuitos, apesar de me interessar pelo assunto. Outra dificuldade que tive foi de encontrar um circuito que se adequasse ao projeto, pois durante a pesquisa inicial encontrei muitas referências e muitos circuitos disponíveis na internet, mas nenhum deles era exatamente o que queríamos.

5) PESQUISA REALIZADA, SUA DESCRIÇÃO E IMPORTÂNCIA DOS ÍTENS NO TRABALHO SENDO DESENVOLVIDO

Como meu trabalho é baseado em eletrônica e circuitos, minha pesquisa até o momento se deu quase toda na internet, visto que existem muitos *websites*, principalmente de amadores, que fornecem circuitos eletrônicos para muitos fins. Essa pesquisa esteve focada principalmente nas seguintes palavras-chave:

- a) “sound level meter schematic” – a pesquisa com essas palavras-chave retornou muitos resultados interessantes, incluindo o link para um *website* de um amador em eletrônica, que tem muitos circuitos para muitas aplicações, inclusive o que eu usei como base para este projeto. A página correspondente ao primeiro circuito utilizado está no Apêndice I [1].
- b) “decibel” – a pesquisa com esta palavra-chave foi feita procurando um entendimento melhor sobre decibéis, assunto do qual também trata este projeto, e retornou muitas referências interessantes, inclusive de *websites* de universidades, como o apresentado nos Apêndices II e III, que foram de grande utilidade no entendimento do assunto.
- c) “pc microphone signal level” – estas palavras-chave foram utilizadas na pesquisa do nível de saída de um microfone comum de computador (microfone de eletreto), dado que era necessário para simular um microfone com o gerador de áudio. Além disso, eu precisava também saber como era a configuração do plugue de entrada do microfone nos computadores pessoais comuns atuais, e obtive a resposta, entre outras informações importantes, no *website* anexo no Apêndice IV.
- d) “tipos microfones” – a pesquisa com estas palavras-chave foi feita porque eu tinha que escolher um tipo de microfone que fosse bastante sensível e de baixo custo para fazer o projeto. Com base nas informações do *website* anexo no Apêndice V, pude escolher o microfone de eletreto, que é o mais comum por ser usado na maioria dos computadores pessoais atualmente, mais barato e bastante sensível.

6) DECLARAÇÃO DO ORIENTADOR

Meu orientador concorda com o expressado neste relatório parcial e deu a seguinte opinião: “O trabalho até agora está bem feito, e há muito trabalho a ser feito ainda.”

7) DATA E HORÁRIO DE APRESENTAÇÃO DO PAINEL

Quarta-feira dia 17 de junho de 2009, das 15h as 17h.

8) REFERÊNCIAS

[1] *Sound Level Meter*, disponível em <http://www.aaroncake.net/circuits/vumeter.asp> (último acesso em 26/03/2009). Anexo no Apêndice I.

[2] Fahy, F. J.. *Sound Intensity*. 2 ed. London: Spon, 1995.

[3] *Enclausuramento de uma fonte sonora*, Thomazelli, R., relatório parcial de Instrumentação para Ensino (F-609). Orientadora: Stelamaris Rolla Bertoli, Faculdade de Engenharia Civil, apresentado em junho de 2008 (disponível em www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2008/RodolfoT_Stelamaris_RP.pdf).

[4] Bertucci, Wagner. *Níveis Sonoros e exposição ao ruído em malharias, estudo de caso: Jacutinga, MG*. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, 1999 (disponível em <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000188783>).

[5] *BC546 through BC549 datasheet*, General Semiconductor.

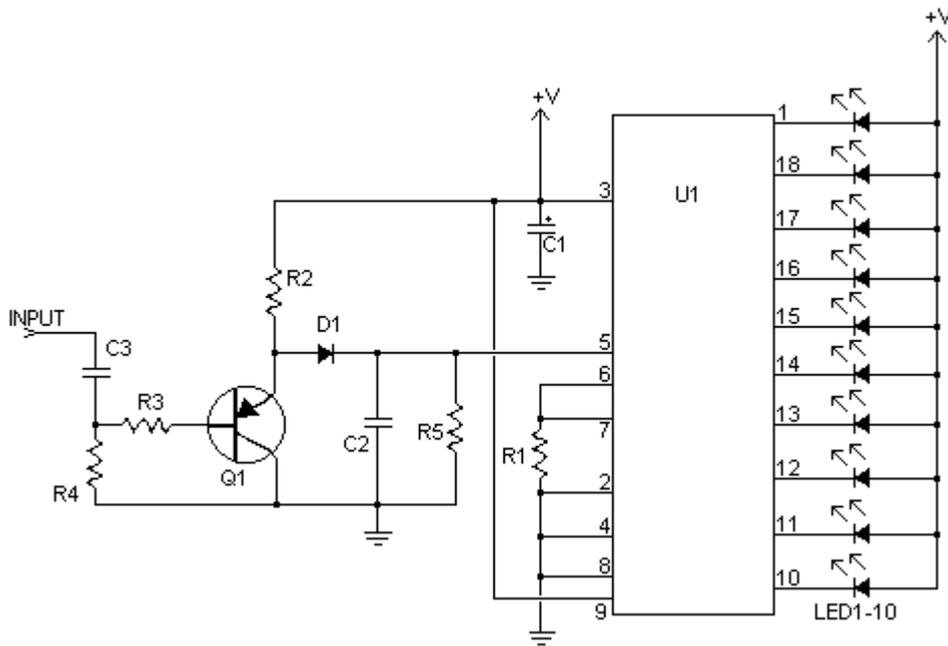
APÊNDICE I

Sound Level Meter

Author	Views	Views Today	Rank	Comments
	101,460	85	★★★★★	35

This nifty sound level meter is a perfect one chip replacement for the standard analog meters. It is completely solid state and will never wear out. The whole circuit is based on the LM3915 audio level IC and uses only a few external components. This circuit can also be integrated into audio amp projects.

Schematic



Parts

Part	Total Qty.	Description	Substitutions
C1	1	2.2uF 25V Electrolytic Capacitor	
C2, C3	1	0.1uF Ceramic Disc Capacitor	

R1, R3	2	1K 1/4W Resistor	
R2	1	10K 1/4W Resistor	
R4	1	100K 1/4W Resistor	
R5	1	1M 1/4W Resistor	
D1	1	1N914 Silicon Diode	
Q1	1	2N3906 PNP Transistor	
LED1- LED10	10	Standard LED or LED Array	
U1	1	LM3915 Audio Level IC	
MISC	1	Board, Wire, Socket For U1	

Notes

1. V+ can be anywhere from 3V to 20V.
2. The input is designed for standard audio line voltage (1V P-P) and has a maximum input voltage of 1.3V.
3. Pin 9 can be disconnected from +V to make the circuit use a moving dot display instead of a bar graph display.
4. Thanks to help from [the forum](#), this circuit has been improved from the original version to include a peak detector for a more stable and viewable output. This page has been updated with the new circuit.

APÊNDICE II

O conteúdo do Apêndice II foi retirado do *website*:

<http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/passa1e.html> (último acesso em 05/05/2009).

O decibel, ou melhor: os decibéis

1. Motivação e advertência inicial

O decibel é, provavelmente, a medida mais mal entendida que existe. **Existem vários tipos de decibéis em uso** e, talvez, um número ainda maior de confusas tentativas de explicá-los. Outra coisa que precisa ser enfatizada é que, enquanto que podemos materializar a unidade 1 Kg, a unidade 1 metro, etc **não podemos materializar 1 decibel**. A razão? O decibel é uma **ordem de grandeza**. Com efeito: em muitas áreas da tecnologia precisamos comparar duas instâncias de uma **mesma grandeza** (como por exemplo: uma potência na entrada e na saída de um sistema de áudio, a voltagem na entrada e na saída de uma antena de microondas , etc). Precisamos calcular quanto a saída **S** (ou output) é maior ou menor do

que a entrada **E** (input).

Obviamente, a primeira coisa a pensar seria usar a razão **S / E** para expressarmos esse **ganho** (= aumento) ou **atenuação** (= diminuição) . Contudo, é muito comum -- em áreas tecnológicas como Eletrônica e outras -- que **S** seja muitíssimo maior ou menor do que **E**, o que daria a razão acima valores tão grandes ou tão pequenos que ficaria difícil atribuir significado prático e intuitivo para tais valores. A saída para o impasse é bastante natural para quem realmente entendeu o significado do logaritmo. Com efeito, bastará usar como medida da **amplificação** (ou seja: o ganho ou atenuação) a ordem de grandeza da razão **S / E** , ou seja: usar o **log (S / E)** .

Um último detalhe: na prática bastará ir até a primeira casa decimal dessa ordem de grandeza e *para procurar evitar o uso da vírgula* será conveniente usar no lugar do **log (S / E)** (que alguns chamam de bell ou bel, em honra a Alexandre G. Bell) o **10 log (S / E)** (o deci - bell)

Vale a pena resumir:

2. O decibel comum

a amplificação de um sistema que tem entrada E e saída S é dada (em decibéis, ou dB) por:

$$\text{amplificação} = 10 \log (S / E)$$

Entende-se, acima, que a entrada e a saída são grandezas de mesmo tipo (por exemplo duas potências, ou duas voltagens, ou etc) e expressas na mesma unidade de medida (por exemplo: ambas em watts, ou ambas em volts, etc).

exemplo

Ao girarmos o controle de volume de um toca-discos, o output aumentou de 0.5 w para 10 w. Qual o ganho em dB ? Interprete.

Solução: ganho = $10 \log (10 / 0.5) = 13 \text{ dB}$, ou seja a nova saída = $10^{1.3} = 20$ vezes maior do que a inicial.

exemplo

Os sinais de radio de um avião tinham 1 mw de potência e chegaram à antena do aeroporto enfraquecidos de 58 dB. Sendo que o sistema de radio-recepção do aeroporto amplificou esses sinais para 2 w, pede-se o ganho do sistema antena do aeroporto + amplificador do aeroporto .

Solucao: o leitor deve ter cuidado ! A perda de 58 dB é uma valor **negativo**, ou seja (indicando por *ant* o sinal captado pela antena):

$$- 58 = 10 \log (\text{ant} / 0.001) , \text{ e daí: } \text{ant} = 0.001 * 10^{-5.8} = 1.58 * 10^{-9}$$

de modo que:

$$\text{ganho no aeroporto} = 10 \log (2 / \text{ant}) = 91 \text{ dB}$$

ou seja, o aeroporto foi capaz de amplificar cerca de um bilhão de vezes o sinal que captou do avião.

exemplo

No sistema eletrônico abaixo, temos: perda do microfone = -3.5 dB, ganho do pre-amplificador = 12.5 dB, perda do cabo = -6.5 dB e ganho do (amplificador + alto-falante) = 37.5 dB:



Calcular a amplificação total do sistema.

Resposta: explique o que tem a ver o cálculo abaixo com a propriedade do log de transformar produtos em somas:

$$\text{amplificação total} = -3.5 + 12.5 - 6.5 + 37.5 = 40 \text{ dB}$$

3. Outros decibéis

Em muitas áreas tecnológicas prefere-se particularizar a comparação genérica acima para o caso de um sinal padrão (referencial) com o sinal efetivamente medido. Isso, entre outras vantagens, permite a construção de instrumentos e de painéis registradores de medidas. A desvantagem é que cada escolha de sinal padrão leva a um tipo de decibel. O quadro abaixo mostra alguns exemplos usados na área da Eletrônica:

símbolo	sinal padrão	fórmula
dBm	sinal de potência = 1 miliwatt	$10 \log [(\text{saída em mw}) / (1 \text{ mw})]$
dBu	tensão elétrica de 0.775 volts	$20 \log [(\text{tensão em volts}) / (0.775 \text{ volts})]$
dBVU	campo magnético de 250 nano webers/m	$10 \log [(\text{campo em nw/m}) / (250 \text{ nw/m})]$

exemplo

Num certo ponto da fita de um tape recorder a intensidade do campo foi medida como 9.5

dBVU. Calcule a intensidade em nw/m .

Solução: $9.5 = 10 \log (E/250)$, daí $E = 250 * 10^{0.95} = 2228 \text{ nw/m}$

exemplo

Explique a lógica do seguinte cálculo de um engenheiro de telefonia:

$44 \text{ dBm} - 6 \text{ dBm} = 25 \text{ 118} - 3.98 = 25 \text{ 114.02 mw} = 43.99 \text{ dBm}$

APÊNDICE III

O conteúdo do Apêndice III foi retirado do *website*:

<http://www.jimprice.com/prosound/db.htm> (último acesso em 05/05/2009).

Understanding dB

dB is an abbreviation for "decibel". One decibel is one tenth of a Bel, named for Alexander Graham Bell. The measurement quoted in dB describes the ratio (10 log power difference, 20 log voltage difference, etc.) between the quantity of two levels, the level being measured and a reference. To describe an absolute value, the reference point must be known. There are a number of different reference points defined. Here are a few:

- **dBV** represents the level compared to 1 Volt RMS. $0\text{dBV} = 1\text{V}$. There is no

- reference to impedance.

- **dBu** represents the level compared to 0.775 Volts RMS with an unloaded,

- open circuit, source (u = unloaded).

- **dBm** represents the power level compared to 1 mWatt. This is a level

- compared to 0.775 Volts RMS across a 600 Ohm load impedance. Note that this is a measurement of *power*, **not** a measurement of *voltage*.

- **dbFS** - relative to digital [full-scale](#).

- **dB SPL** - A measure of [sound pressure level](#).

A few easy-to-remember facts that may help:

- If you're dealing with voltage measurements, convert from dBV to dBu: **1dBV**

- **equals +2.2dBu**.

- +4dBu equals 1.23 Volts RMS.

- The reference level of -10dBV is the equivalent to a level of -7.8dBu.

- +4dBu and -10dBV systems have a level difference of 11.8 dB and not 14 dB.

- This is almost a voltage ratio of 4:1 (Don't forget the difference between dBu and dBV !!)

dBFS - dB Full Scale

0 dBFS represents the highest possible level in digital gear. All other measurements expressed in terms of dBFS will always be less than 0 dB (negative numbers).

0 dBFS indicates the digital number with all digits = "1", the highest possible sample.

The lowest possible sample is (for instance for 16 bit audio):

0000 0000 0000 0001, which equals -96 dBFS. Therefore the dynamic range for 16-bit systems is 96 dB. For 20-bit digital audio it is 120 dB. For 24 bit digital audio it is 144 dB.

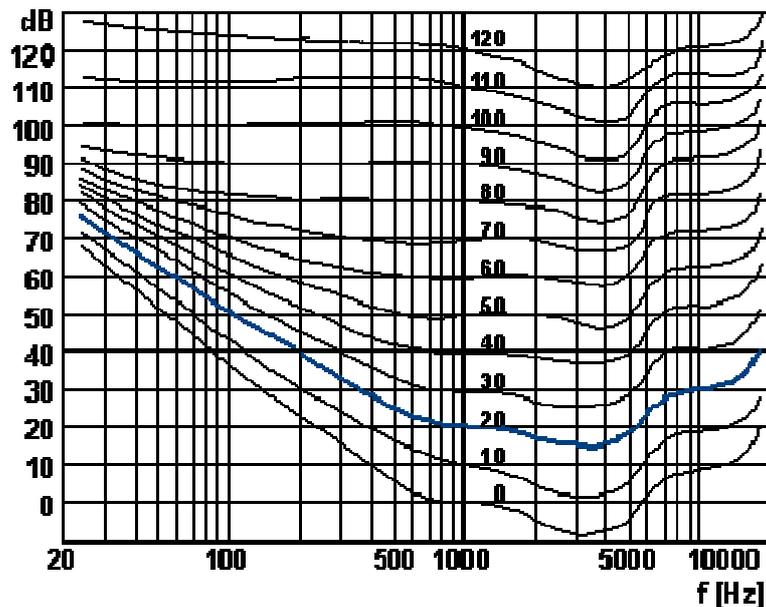
Full-scale input level is the analog input voltage level that will cause the A/D converter to just equal full scale with no clipping on either positive or negative peaks.

Output full scale is defined as the analog output voltage produced while playing a 997 Hz digital full-scale sine wave, assuming the THD+N is less than -40 dB relative to the signal level.

The dynamic range of a digital system is the ratio of the full scale signal level to the RMS noise floor.

Sound Pressure Level

The definition of dB SPL is the 20 log of the ratio between the measured sound pressure level and the reference point. This reference point is defined as 0.000002 Newtons per square meter, the threshold of hearing. However, the threshold of hearing (and sensitivity to level) changes by frequency and for soft and loud sounds, as discovered by Fletcher and Munson in 1933, shown in the graph below:



Note that human hearing is relatively insensitive to low bass (below 100 Hz), and also compresses at higher sound levels.

Here are some typical sounds, and their levels.

Sounds	dB SPL
Rocket Launching	180
Jet Engine	140
Thunderclap, Air Raid Siren 1 Meter	130
Jet takeoff (200 ft)	120
Rock Concert, Discotheque	110
Firecrackers, Subway Train	100
Heavy Truck (15 Meter), City Traffic	90
Alarm Clock (1 Meter), Hair Dryer	80
Noisy Restaurant, Business Office	70
Air Conditioning Unit, Conversational Speech	60
Light Traffic (50 Meter), Average Home	50
Living Room, Quiet Office	40
Library, Soft Whisper (5 Meter)	30
Broadcasting Studio, Rustling Leaves	20
Hearing Threshold	0

APÊNDICE IV

O conteúdo do Apêndice IV foi retirado do *website*:
http://www.ePanorama.net/circuits/microphone_powering.html (último acesso em 05/05/2009).

ePanorama.net

Links	Circuits	Documents	Forum	Software	RFC
Toolbox	Search				

[Index](#) | [Schematics](#) | [Acronyms](#) | [Discussion](#) | [Mail to a friend](#) | [Post a message](#) |

Search this site

Powering microphones

Copyright Tomi Engdahl 1997-2000

This document is a collection of information and circuits for powering electret microphone capsules. This document is written for people who understand the basics of microphone circuits.

Index

- [Introduction](#)
- [Introduction to electret microphones](#)
- [Basic electret microphone powering circuits](#)
- [Soundcards and electret microphones](#)
- [Plug-in power](#)
- [Phantom powering in professional audio](#)
- [T-powering](#)
- [Other related microphone wiring information](#)

Introduction

Many types of microphones require power to operate, as a general rule these types are described as condenser microphones. The power is used for internal pre-amplifiers and polarizing microphone capsules. If internal batteries are to be avoided then the only solution is to supply the power via the microphone signal cable.

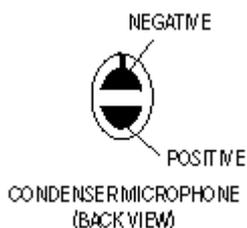
In some cases microphones might be claimed to be "dead" not realising that they require a battery or in other cases phantom power.

Introduction to electret microphones

An electret MIC is the best value for money [omnidirectional](#) microphone you can buy. Electret microphone can be very sensitive, very durable, extremely compact in size and has low power requirements. Electret microphones are used in very many applications where small and inexpensive microphones with good performance characteristics are used. Electret microphone occupies (at a rough guess) the lower 90% of applications, quality wise. Most lavalier (tie-clip) microphones, consumer video camera microphones and microphones used with computer soundcards are electret microphones.

The electret is a modified version of the classic capacitor (or condenser) microphone, which exploits changes in capacitance due to mechanical vibrations to produce voltage variations proportional to sound waves. Whereas the condenser MIC needs an applied (phantom) voltage, the electret has a built in charge, and the few volts needed are to power the built-in FET buffer, not to create an electric field.

Typical electret condenser microphone capsule is a 2 terminal device (there are also 3 pin capsules) which approximates to a current source when biased with around 1-9 volt and routinely consumes less than half a milliamp. This power is consumed by a very small preamplifier built into the microphone capsule which makes the conversion of very high impedance source of the electret element itself and the cable which needs to be driven. Be aware that this impedance is swamped at signal frequencies by cable capacitance so that at 1kHz the assembly will exhibit an impedance of a few 10's of K.



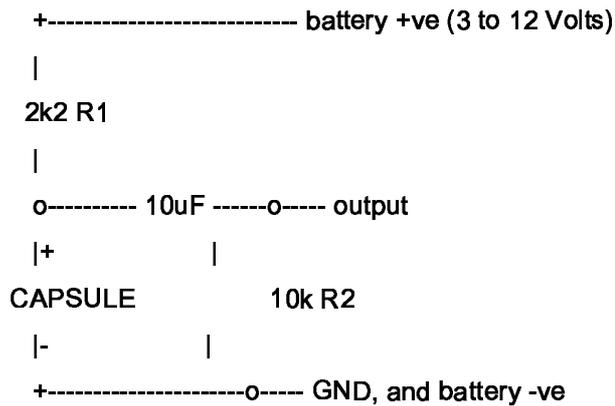
The load resistor defines the impedance and can be matched to the low noise amplifier intended. This is usually 1-10kOhm. The lower limit is defined by amplifier voltage noise and the upper limit by interference pickup (and amplifier current noise). Suitable resistance values are typically in the range of 1-10 kohm. In many cases the microphone is powered from 1.5V-5V power source through a resistor which has resistance of few kilo-ohms.

Because the electret itself contains a small buffer amplifier which adds noise, it is common to specify a signal to noise ratio (usually at 94dB SPL) or self noise figure, which is the equivalent acoustic noise level, commonly around 20-30dB SPL.

Electrets need biasing because of the built-in FET amplifier inside the microphone capsule. Bias voltages should be kept clean, because the noise in this will get to the microphone output.

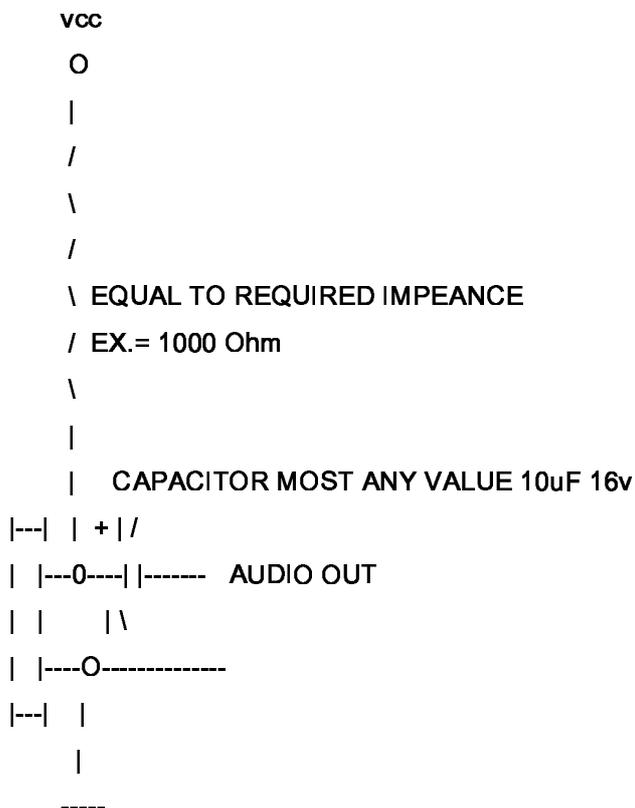
Basic electret microphone powering circuits

Basic circuit



This is the basic electret microphone powering circuit which you can use as generic reference when receiving circuits which use electret microphones. The output impedance is determined by R1 and R2. If you leave out R2 the output impedance is roughly the resistance of R2.

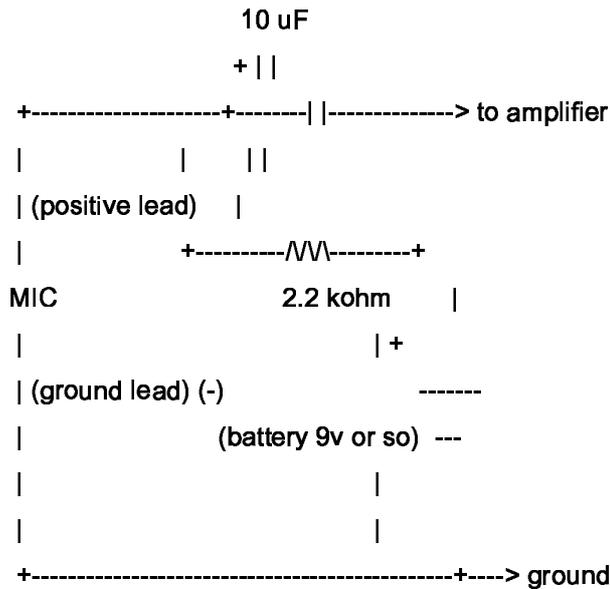
Here is another drawing of the same circuit:



-
-

Battery powered electret microphone

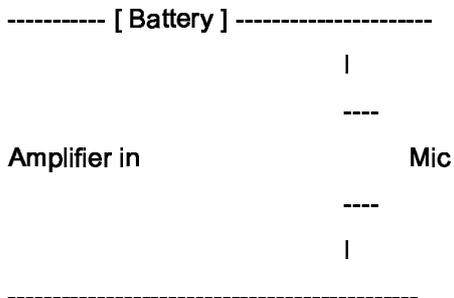
This circuit can be used with normal tape recorders and sound cards which usually are designed for dynamic microphones. When you build this circuit inside the microphone case (or to small external box) you can make yourself an universal microphone out of an electret capsule.



If you are building this circuit it would be a good idea to add a switch to switch off the battery when you do not use the microphone. You should note that the output signal level of this microphone is noticeable higher than the signal available from typical dynamic microphones so you have to turn down the gain in your microphone input (if there are no suitable adjustments then this higher level can cause distortion in microphone preamplifier more easily). The output impedance of this circuit is around 2 kohm so I don't recommend very long microphone cables to be used or you will lose some high frequency definition (few meters are no problem).

Super-simple powering circuit

In many cases it is possible to use one or two 1.5 V batteries (depends on microphone type) as a power supply for the mic. Battery is directly in series with the microphone.



This circuit works if the microphone preamplifier passes through some small DC current and is not bothered by it. This is quite often the case but not always. Normally direct current from the battery has no influence on the preamp, as the preamp is only amplifying alternating currents.

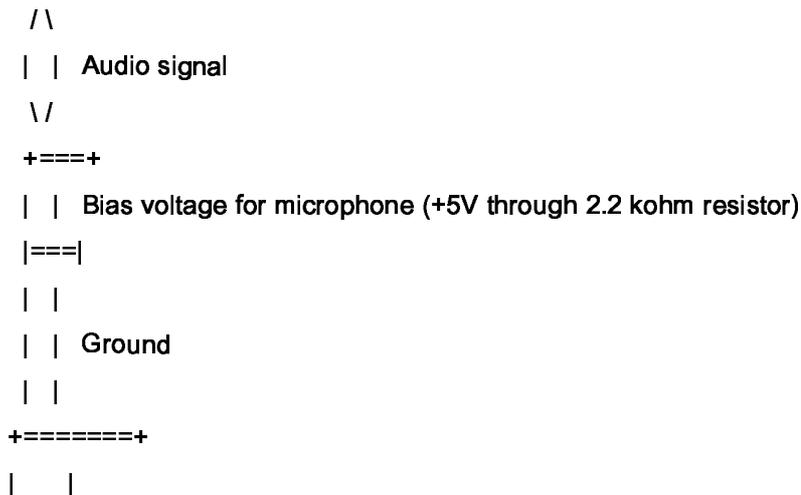
If you do not know the right polarity of the battery, try it in both ways. In most cases wrong polarity at those low voltage should not cause any damage to microphone element.

Soundcards and electret microphones

Different powering methods used in soundcards

Sound Blaster way

Sound Blaster soundcards (SB16,AWE32,SB32,AWE64) from [Creative Labs](http://www.creative.com) use 3.5 mm stereo jack for the electret microphones. The microphone connector uses the following wiring pinout:



[Creative Labs](http://www.creative.com) has given the following specs for the Sound Blaster microphone input in their web site:

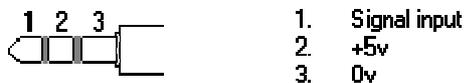
Input Type: Unbalanced Low Impedance

Input Sensitivity: Approx. -20dBV (100mV or 0.1Volt)

Input Impedance: 600 to 1500. (Ohms)

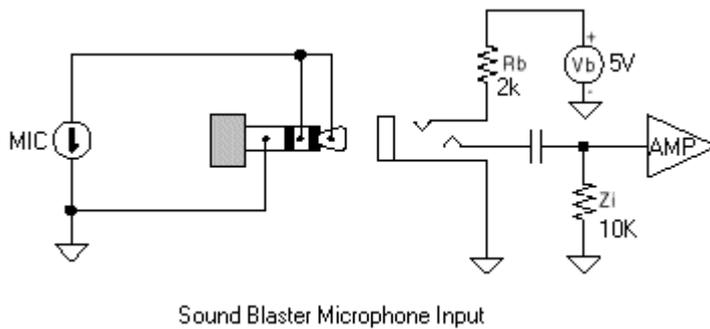
Input Connector: 3.5mm Miniplug (Stereo Jack)

Input Wiring: Audio on Tip, Ground on Sleeve, 5Volts DC Bias on Ring



3.5mm plug

The picture below shows an approximate schematic of Sound Blaster Microphone input circuitry. It shows my guess on the electronics inside the soundcard and one typical wiring for a typical Sound Blaster microphone.



[Tomi Enqdahl](#) <Tomi.Enqdahl@iki.fi>

| [Submit site](#) | [Info](#) | [Advertise](#) | [Feedback](#) | [Disclaimer](#) | [Privacy](#) | [Ad. FAQ](#) | [Legal Notice](#) |
Copyright © 1994-2007

APÊNDICE V

O conteúdo do Apêndice V foi retirado do *website*:
wwwp.feb.unesp.br/jcandido/bioengenharia/Bio05.doc (último acesso em 05/05/2009).

Transdutores Eletroacústicos

Transdutores são equipamentos que transformam um tipo de energia em outro, principalmente sinais elétricos. **Transdutores eletroacústicos** transformam energia elétrica em acústica e vice-versa.

Os transdutores elétricos/acústicos são:

- ← *os alto-falantes* – projetados para radiar uma potência acústica no ar dentro de uma banda de frequência;
- ← *os fones de ouvido* – projetados para gerar sons num acoplamento com o ouvido;
- ← *os transmissores ultra-sônicos* – projetados para radiar ultra-sons em gases, líquidos, tecidos orgânicos, sólidos, metais, etc.

Os transdutores acústicos/elétricos são:

- ✓ *microfones* – projetados para captar as ondas sonoras no ar dentro de uma banda de frequências (inclusive ultra-sons);
- ✓ *os hidrofones* – projetados para captar as ondas sonoras na água ou outro líquido dentro de uma banda de frequências.

1. - Microfones

Microfone é o termo genérico que é usado para definir o elemento que transforma energia acústica em energia elétrica (sinal de áudio). A forma de transformação dessa energia pode ser feita de várias formas, atribuindo características diferentes aos microfones.

1.1. – Métodos de Transdução

1.1.1. – Microfones dinâmicos

É o tipo mais comum de microfones, funcionando como um pequeno alto-falante. O diafragma é montado numa bobina que se move livremente num campo magnético. Quando o som chega ao diafragma, este vibra, fazendo vibrar a bobina e produzindo nos fios uma pequena corrente elétrica. A magnitude e a direção da corrente elétrica é diretamente proporcional ao movimento da bobina e do diafragma, sendo uma perfeita representação da onda sonora incidente.

Os microfones dinâmicos são altamente confiáveis, resistentes e fidedignos. Por estas razões, e por serem insensíveis a fatores ambientais (pressão atmosférica, umidade, temperatura), é muito comum seu uso em shows ao vivo, onde a resistência física é muito importante. Atualmente já se fabrica microfones dinâmicos muito sensíveis, sendo largamente usados em estúdios de gravação.

A Figura 5.1 mostra um esquema do microfone dinâmico.

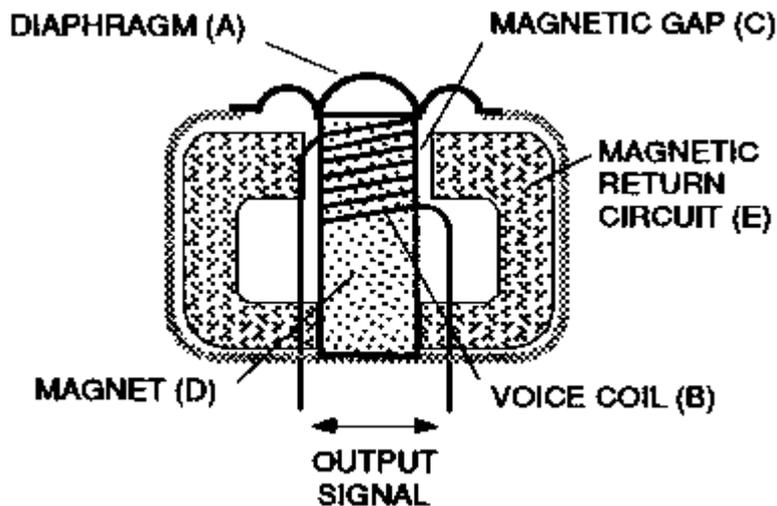


Figura 5.1 – Esquema de um microfone dinâmico

1.1.2. – Microfones a condensador

Depois do microfone dinâmico, o microfone a condensador é o mais usado. É construído por um diafragma de plástico banhado a ouro que é montado sobre uma placa condutiva, normalmente construída de cerâmica banhada a ouro. O diafragma e a placa são separados por um pequeno volume de ar, formando um capacitor elétrico. Uma diferença de potencial (tensão) entre 9 e 48 volts é aplicado nas placas por uma

bateria externa. Quando o diafragma recebe uma onda sonora, ele vibra, se aproximando e se afastando da placa, fazendo mudar a carga elétrica nas placas proporcionalmente ao movimento, gerando uma diferença de potencial nas placas que é uma representação elétrica do movimento do diafragma (e da onda sonora).

Os microfones a condensador geram um sinal elétrico muito pequeno, com uma alta impedância. Por essa razão, é incorporado a este microfone um amplificador para elevar o sinal elétrico de saída. Por terem uma baixíssima massa vibrante (apenas o diafragma), este tipo de microfone consegue responder a uma larga banda de frequência, produzindo um som de excelente qualidade. São bastantes sensíveis a choques e fatores ambientais (principalmente a umidade), sendo mais usados em locais fechados (estúdios). A Figura 5.2 mostra um esquema deste microfone.

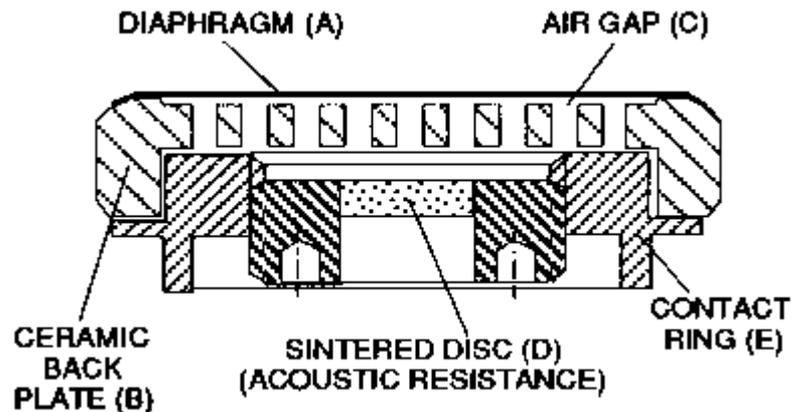


Figura 5.2 – Esquema de um microfone a condensador

1.1.3. – Microfones a eletreto

Eletreto é uma classe especial dos microfones a condensador. Os microfones a eletreto têm seu diafragma construído de um material plástico que retém uma carga estática indefinidamente. Esta carga é aplicada pelo fabricante durante a construção do microfone, não necessitando de polarização externa como o microfone a condensador.

Estes microfones continuam necessitando de um amplificador de sinal, visto ser muito pequena tensão gerada pelo condensador/eletreto. Os eletretos têm um uso crescente no mercado, principalmente pelo preço. Por terem uma excelente qualidade sonora são usados em gravações profissionais e equipamentos de laboratório.