



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE FÍSICA "GLEB WATAGHIN"  
F530 - INSTRUMENTAÇÃO I



## **Estetoscópio Eletrônico**

**Welder Ribeiro Alves**



**Orientador: Prof. Dr. Abner de Siervo**  
**Coordenador: Prof. Dr. José Joaquim J. Lunazzi**

**1º semestre de 2012**

## **1) RESULTADOS ATINGIDOS**

Depois de ter todos os materiais necessários, conseguimos testar o circuito amplificador do sinal do piezo. Conectando um fone de ouvido ao circuito, consegue-se ouvir as batidas do coração, a respiração dos pulmões e a ausculta dos fluidos no estômago. Gravar esses sons no programa *Audacity*, não foi possível ainda, porém conseguimos registrar nele o som da voz.

O público alvo são alunos do ensino médio e alunos do infantil. Na escola em que trabalho, estou fazendo um trabalho interdisciplinar com física e biologia para o ensino médio. Para o infantil, estamos mostrando os diferentes sons do corpo, fazendo uma interdisciplinaridade com física, biologia e música.

Esta disciplina foi muito útil para mim, pois precisava construir este equipamento para usar com meus alunos onde trabalho. Agradeço ao prof. Lunazzi por ministrar esta disciplina e ao prof. Abner que me ajudou na construção deste equipamento.

### **Importância didática do trabalho**

Pelos batimentos do coração registrado no *Audacity*, será possível registrar os batimentos das pressões sistólica e diastólica. Pode-se também comparar o ritmo dos batimentos de uma criança com a de uma adulto. Além dos batimentos cardíacos, pode-se ouvir a respiração pelos pulmões e o movimento hidroaéreos do sistema digestório.

Vale ressaltar que com o fenômeno da piezoelectricidade, os alunos do ensino médio poderão fazer uma relação entre tensão de cisalhamento e campo elétrico, ou seja, relacionar um fenômeno mecânico com um elétrico.

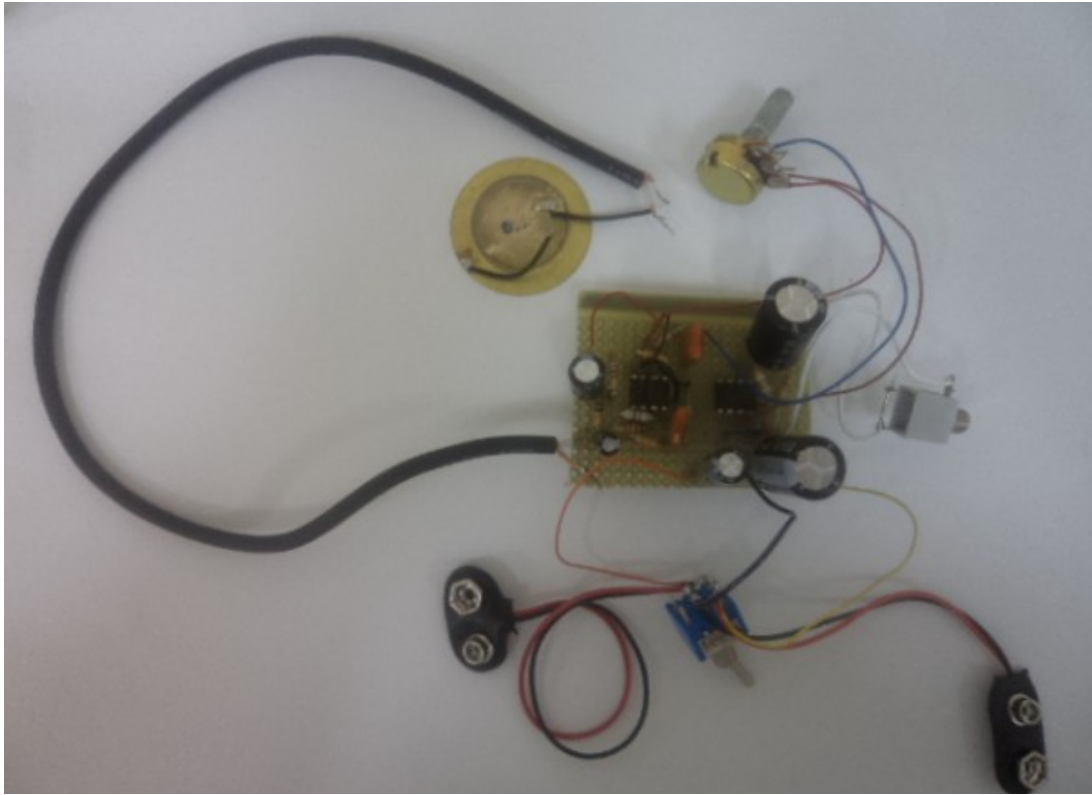
Já a eletrônica de semicondutores será um entrave para eles, visto que este tema não é muito abordado nas escolas em geral. Mas como semicondutores é abordado em química quando se ensina banda de valência e banda de condução, não será empecilho para os alunos entenderem como funciona a amplificação do sinal.

## 2) FOTOS DA EXPERIÊNCIA

Abaixo as fotos do circuito eletrônico do estetoscópio.



Figura 1: Componentes para confecção do estetoscópio eletrônico



**Figura 2. Circuito eletrônico do estetoscópio**



**Figura 3. Estetoscópio eletrônico**

### 3) DIFICULDADES ENCONTRADAS

Na aquisição dos materiais, o amplificador LM386 foi difícil de encontrar, tive de comprar pela internet.

A primeira etapa é desenhar o circuito na placa de circuito impresso (PCB) com uma caneta de retroprojeter, esta parte é muito trabalhosa, pois é necessário muito cuidado para não haver trilhas em curto com outras. A seguir são feitas as furações na placa. Para, então, se corroer o PCB, nesta etapa é necessário estar atento para que a placa não fique o tempo necessário no percloro de ferro, pois este além de corroer as trilhas que não foram desenhadas, se deixado mais tempo ele corrói o que foi desenhado com a caneta, retirando toda a trilha de seu circuito. Antes de colocar/soldar os componentes no pcb, este deve ser limpo com “bom-brill” e desengordurado com álcool, para finalmente soldar os componentes na placa, nesta operação é necessário muito cuidado, pois o estanho aquecido libera um líquido que pode isolar o componente do circuito, dando visualmente uma sensação do componente estar bem soldado, um teste de continuidade com um multímetro nas trilhas da placa certifica que as soldas estão boas.

### 4) DESCRIÇÃO DO TRABALHO

#### Estetoscópio

**Estetoscópio** (do [grego](#) **στηθοσκόπιο**, de *στήθος*, *stéthos* - *peito* and *σκοπή*, *skopé* - *exame*), figura 4, também chamado de **fonendoscópio**, é um instrumento utilizado por diversos profissionais, como médicos e enfermeiros, para amplificar sons corporais, entre eles: cardíacos, pulmonares e hidroaéreos.

O estetoscópio consiste em uma peça que é uma espécie de caixa acústica, a qual se põe em contato com o corpo do paciente. Dois tubos de borracha flexíveis saem dessa caixa, indo ter aos ouvidos do médico. Em vez da caixa com um diafragma para recolher o som, a peça de contato pode ter a forma de uma campânula, sendo esta, às vezes, também fechada por um diafragma. O estetoscópio de campânula recolhe os sons mais baixos. O de diafragma recolhe

os sons mais altos. Antes da invenção do estetoscópio, o médico tinha de encostar o ouvido ao corpo do paciente para escutar os sons produzidos pelos órgãos. O médico francês René Laennec construiu, em 1816, o primeiro estetoscópio, com um tubo de madeira. [1]

Neste experimento, faremos um estetoscópio eletrônico. Este equipamento permite reproduzir os sons produzidos pelos órgãos citados acima para uma caixa de áudio ou por *softwares* editores de áudio. O componente que converte o som em sinal elétrico é o cristal piezolétrico.



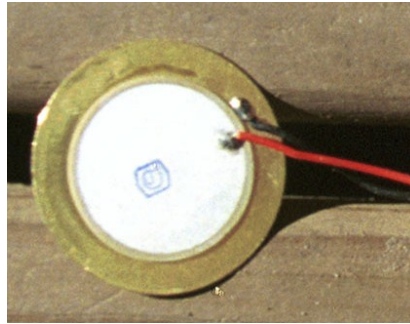
**Figura 4: Estetoscópio**

O estetoscópio é formado por:

- Olivas auriculares: peças em formato anatômico, que se encaixam ao [canal auditivo](#) do examinador.
- Tubo(s) de condução: haste(s) em forma de Y que permitem a transmissão do som com pouca distorção da campânula ou diafragma aos ouvidos do examinador.
- Campânula: Peça de contato com o corpo do examinado, com formato de campânula, mais apropriado para percepção de [sons graves](#).
- Diafragma: Peça de contato com o corpo do examinado, com formato de campânula, mas limitada por uma membrana, mais apropriado para percepção de [sons agudos](#).

Este projeto tem por finalidade construir um estetoscópio eletrônico para ouvir batimentos cardíacos, usando em sala de aula. O sinal captado pelo piezoelétrico, figura 5, conectado no estetoscópio, irá para um circuito amplificador

transistorizado, figura 2, conectado a um computador ou alto-falante. Para análise da frequência dos batimentos cardíacos, será utilizado o *software audacity*, figura 6. Este software é um editor e gravador de áudio totalmente gratuito, e fácil de usar.



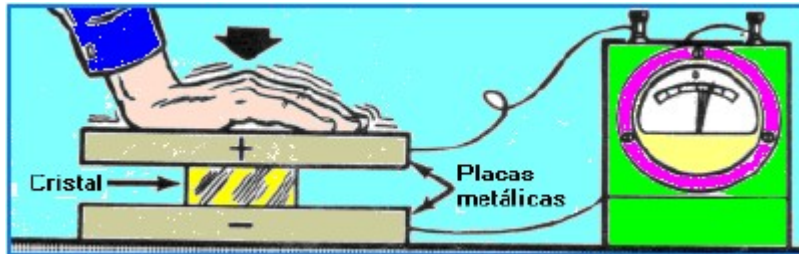
**Figura 5: Pastilha piezoelétrica**



**Figura 6: Programa Audacity**

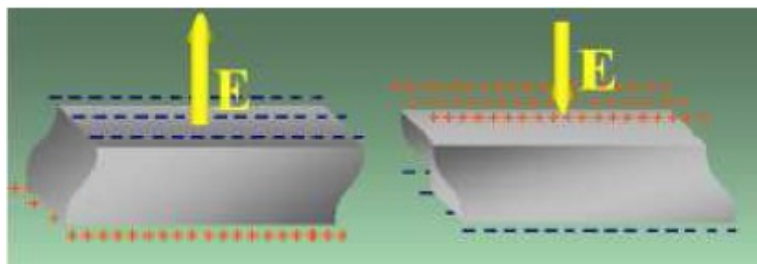
## Os cristais de quartzo

Certos materiais geram um campo elétrico quando submetidos a deformações ou outras forças mecânicas externas. Quando a intensidade e sentido da perturbação mecânica variam, proporcionalmente, variam a intensidade e o sentido do campo elétrico gerado no cristal. Da mesma forma, ao aplicarmos um campo elétrico ao material, ele sofre uma deformação mecânica. Este fenômeno é conhecido como piezeletricidade e materiais que apresentam este comportamento são chamados de piezelétricos [2].



**Figura 7:** Perturbação mecânica (pressão) gerando perturbação elétrica num cristal.

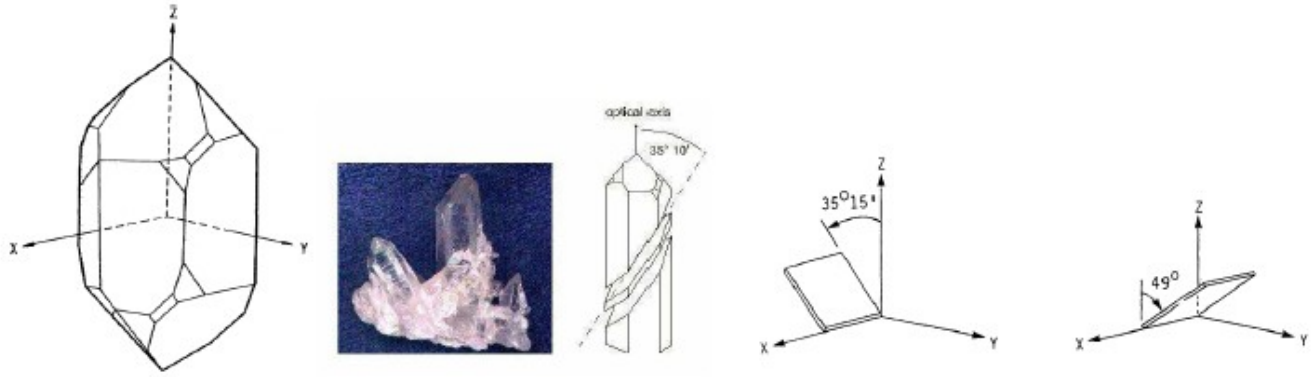
A esses fenômenos dá-se o nome de piezoelectricidade, observada primeiramente por Pierre e Jacques Currie em 1880 [3]. Os cristais que apresentam essa propriedade são denominados de cristais piezoelétricos, tendo o quartzo como um dos principais representantes [4]. Quando pressionado, o cristal de quartzo deforma-se e como resultado do rearranjo de sua rede cristalina, cargas opostas são induzidas em suas faces. Como consequência, um campo elétrico é gerado (figura 8).



**Figura 8:** Movimento cisalhante do cristal de quartzo provocado pela perturbação elétrica.

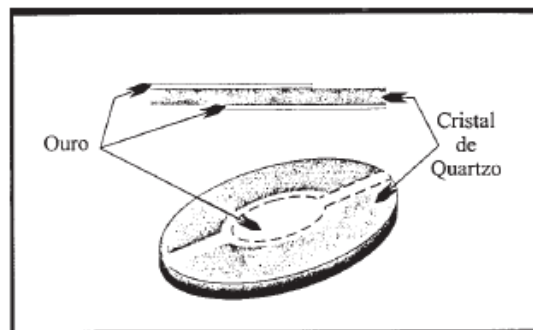
Se uma perturbação elétrica com características adequadas (amplitude e frequência) lhe for aplicada, as quais são determinadas pela geometria e propriedades do cristal, este oscilará mecanicamente em um modo ressonante [4] e uma onda acústica propagará perpendicularmente à superfície do cristal. Isso é conseguido através de cortes específicos feitos na estrutura nativa de cristais naturais ou sintéticos [6]. No caso dos cristais de quartzo isto pode ser observado mediante cortes específicos a  $35^{\circ} 15'$  (corte AT) ou a  $-49^{\circ}$  (corte BT) em relação ao eixo óptico (eixo z) [4] (Figura 9). Os mais utilizados são os de corte AT devido ao coeficiente de dependência com a temperatura ser praticamente zero [4].





**Figura 9:** Representação dos eixos e ângulos de corte do cristal de quartzo.[1,5]

Na figura 10 está ilustrada uma visão superior e lateral de um cristal de quartzo com depósitos de um metal (ouro, por exemplo) para aplicação do campo elétrico.



**Figura 10.** Desenho esquemático da vista superior e lateral de um cristal de quartzo com depósitos metálicos em ambos os lados. A representação não está em escala.[2]

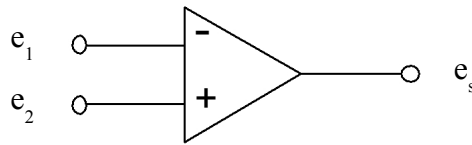
## **Amplificador Operacional**

### **Amplificador Operacional (OP-AMP)[8]**

Os op-amps são dispositivos extremamente versáteis com uma imensa gama de aplicações em toda a eletrônica.

Eles são amplificadores de acoplamento direto, de alto ganho, que usam realimentação para controle de suas características. Hoje são encarados como um componente, um bloco fundamental na construção de circuitos analógicos.

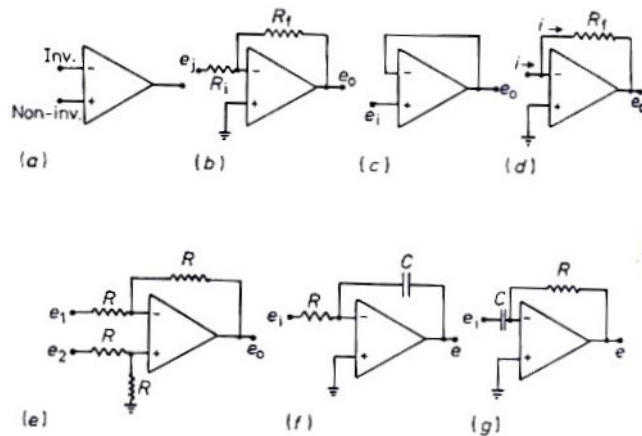
Internamente, são constituídos de amplificadores transistorizados em conexão série. Externamente, são geralmente representados pelo símbolo da figura 11,



**Figura 11.** Símbolo de um amplificador operacional

em que convencionalmente só entradas e saídas aparecem e não as conexões das fontes de alimentação.

Os op-amps são usados em amplificação, controle, geração de formas de onda senoidais ou não em frequências desde C.C. até vários Megahertz. Com emprego na realização das funções clássicas matemáticas como adição, subtração, multiplicação, divisão, integração e diferenciação, e para isso, utiliza-se de outros componentes para realizar estas fórmulas, como podem ser vistos na figura 12.



**Figura 12.** Circuitos op-amp (a) Op-amp normal; (b) Op-amp inversor; (c) Seguidor de tensão; (d) Seguidor de Corrente; (e) Amplificador Diferencial; (f) Integrador; (g) Diferenciador

Detalhando melhor a figura 12 temos:

**item a**, já descrito anteriormente;

**item b**, com  $e_o = -e_i R_f / R_i$ ;

**item c**, com  $e_o = e_i$ ;

**item d**, com  $e_0 = -iR_f$ ;

**item e**, com  $e_0 = e_2 - e_1$ ;

**item f**, com  $e = -(1/RC) \int e_i dt$ ;

**item g**, com  $e = -Rcde/dt$

Os op-amps são os elementos básicos dos computadores analógicos. São úteis ainda em inúmeras aplicações em instrumentação, sistemas de controle, sistemas de regulação de tensão e corrente, processamento de sinais, etc.

### **Amplificador Operacional Ideal**

As propriedades de um circuito op-amp ideal são:

- a) ganho de tensão diferencial infinito;
- b) ganho de tensão de modo comum igual a zero;
- c) tensão de saída nula para tensão de entrada igual a zero;
- d) impedância de entrada infinita;
- e) impedância de saída igual a zero;
- f) faixa de passagem infinita;
- g) deslocamento de fase igual a zero;
- h) deriva nula da tensão de saída para variações de temperatura.

Na prática, as limitações dos op-amps são muitas, ocorrendo, entretanto, um contínuo aperfeiçoamento das características dos mesmos pelos seus fabricantes.

### **Amplificador Operacional Real**

Para um op-amp real precisa-se observar algumas considerações:

**Ganho de tensão** - Normalmente chamado de ganho de malha aberta,

medido em C.C., é definido como a relação da variação da tensão de saída para uma dada variação da tensão de entrada. Este parâmetro, notado como  $A$  ou  $A_{v0}$ , tem seus valores reais que vão desde alguns poucos milhares até cerca de cem milhões em amplificadores operacionais sofisticados. Normalmente,  $A_{v0}$  é o ganho de tensão diferencial em C.C.. O ganho de modo comum é, em condições normais, extremamente pequeno.

**Tensão de "offset"** - A saída de um op-amp ideal é nula quando suas entradas estão em curto circuito. Nos amplificadores reais, devido principalmente a um casamento imperfeito dos dispositivos de entrada, normalmente diferencial, a saída do amplificador operacional pode ser diferente de zero quando ambas entradas estão no potencial zero. Significa dizer que há uma tensão C.C. equivalente, na entrada, chamada de tensão de "offset". O valor da tensão de "offset" nos amplificadores comerciais estão situado na faixa de 1 a 100 mV. Os componentes comerciais são normalmente dotados de entradas para ajuste da tensão de "offset".

**Corrente de "offset"** - O op-amp ideal apresenta impedância de entrada infinita. Os op-amps reais, entretanto, apresentam correntes C.C. de polarização em suas entradas. Essas correntes são, geralmente devidas às correntes de base dos transistores bipolares de entrada do amplificador operacional ou ainda correntes de fuga da porta do transistor de efeito de campo em amplificadores dotados de FETs à entrada. Como, na prática, os dispositivos simétricos de entrada não são absolutamente iguais, as duas correntes de entrada são sempre ligeiramente diferentes. A diferença dessas correntes é chamada de corrente de "offset" de entrada.

**Faixas de passagem** - Existem várias maneiras de definir a faixa de passagem de um dispositivo. No caso dos op-amps é usual referir-se a "*Unit-Gain Crossover Frequency*" - a frequência em que o ganho de tensão passa pelo ganho unitário e que chamaremos  $f_u$ . Nos amplificadores reais, esta frequência

pode estar na faixa de 1 kHz até 100 MHz. Op-amps monolíticos apresentam  $f_u$  na faixa dos 0,5 a 5 MHz. Medidas do tempo de subida ( $t_s$ ) para pequenos sinais com o op-amp na configuração não inversora a ganho unitário, permitem, com o uso da equação 1:

$$B=0,35/t_s \quad (\text{Eq. 1})$$

Muito importante nos op-amps é a faixa de passagem a plena potência. Essa faixa de passagem, muito menor que  $f_u$  é definida como a máxima frequência em que uma onda senoidal de sinal grande pode ser obtida à saída sem distorção apreciável. Geralmente a faixa de passagem à plena potência é especificada a uma dada saída, tipicamente 10V.

**"Slew Rate"** - Este parâmetro está ligado à faixa de passagem à plena potência. Quando num operacional é injetado um sinal senoidal de alta frequência, de amplitude superior a um certo valor prefixado, observa-se a sua saída uma onda triangular. A inclinação desta forma de onda triangular é o *"slew rate"*.

Esta limitação tem origem nas características de construção do dispositivo e está diretamente ligado a um elemento, o chamado capacitor de compensação de fase e à máxima taxa com que este pode ser carregado. Este capacitor, que nos op-amps monolíticos apresenta tipicamente 30 pF, conta com fontes de corrente de cerca de 30  $\mu$ A disponíveis para carregá-lo. Assim, dependendo da amplitude do sinal desejado na saída, considera-se que o op-amp não consegue acompanhar o sinal de entrada. Como a corrente num capacitor é dada pela capacitância vezes a taxa de variação da tensão como visto na equação 2, ocorre limitação chamada "slew rate", ( $S_r$ )

$$I = c \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$S_r = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{I}{C} \quad (\text{Eq. 3})$$

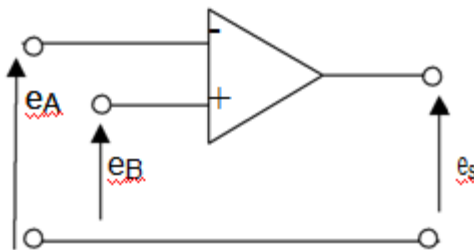
Em op-amps monolíticos, de uso geral,  $S_r$ , que pode ser calculado pela

equação 3 vale alguns Volts por microssegundos. Em amplificadores operacionais construídos pela técnica de C.I.s híbridos, este valor pode ser muito grande, por exemplo,  $S_r = 2000 \text{ V}/\mu\text{s}$ .

Tendo comentado os parâmetros acima, convém lembrar também que a impedância de entrada nos amplificadores operacionais não é infinita sendo da ordem de  $10^8 \Omega$  em operacionais monolíticos, da ordem de  $10^{12} \Omega$  em operacionais com entradas dotadas de FET e até  $10^{13} \Omega$  em operacionais construídos com dispositivos discretos. Da mesma forma, a impedância de saída não é nula, apresentando os operacionais práticos, valores que podem ir de alguns ohms a cerca de  $3 \text{ k}\Omega$ .

### **Configuração Básica Inversora**

Os op-amps apresentam, geralmente, circuitos de entrada em configuração diferencial. A figura 13 mostra as entradas inversora (-), não inversora (+), as tensões de entrada  $e_A$ ,  $e_B$  e a tensão de saída  $e_S$ .



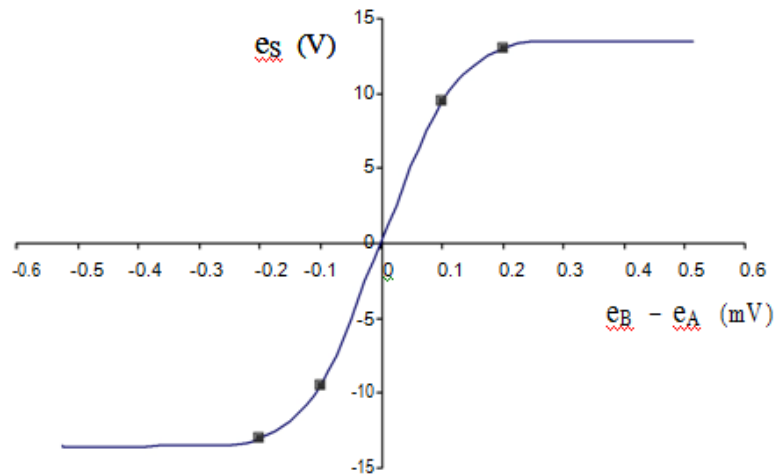
**Figura 13.** Representação das tensões de entrada e de saída do Op Amp

A tensão de saída, por causa do circuito diferencial é, portanto, independente das tensões  $e_A$  e  $e_B$ , dependendo sim, de sua diferença,  $(e_B - e_A)$ . Exemplificando, sendo  $e_B = 10,001$  e  $e_A = 10,000 \text{ V}$ , a entrada efetiva é  $0,001 \text{ V}$  como se  $e_B$  fosse  $0,001 \text{ V}$  e  $e_A$  igual a zero. Esses 10 Volts são então chamados de tensão de modo comum e um op-amp ideal rejeitará essa tensão de modo comum, respondendo apenas ao  $0,001 \text{ Volt}$ .

Admitindo um op-amp alimentado com  $+ 15 \text{ Volts}$ , sua tensão de saída será de no máximo, cerca de  $+13 \text{ Volts}$ , valores em que ocorrem as saturações. Esses

limites só serão maiores se forem aumentadas às tensões de alimentação.

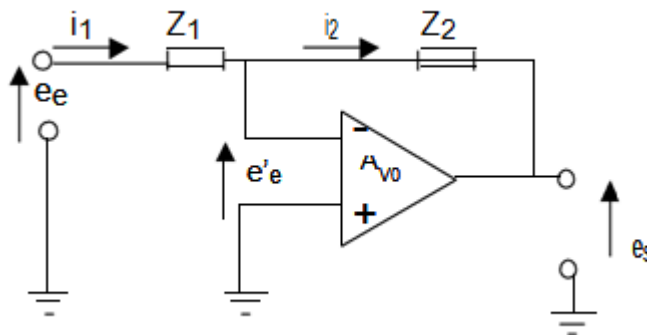
A figura 14 mostra um op-amp que é linear apenas na faixa dos  $\pm 10$  Volts. Através da curva de transferência, podemos obter o valor do ganho de malha aberta.



**Figura 14.** Curva de transferência típica de um amplificador operacional.

Na região linear da figura 14, o ganho de malha aberta, será  $A_{V0} = \Delta V_{saída} / \Delta V_{entrada} = 100.000$  já que a saída de +10 V necessita de uma entrada de apenas 0,1 mV. Se considerarmos  $A_{V0}$  no limite da região de saturação, o ganho será menor,  $A_{V0} = 13 \text{ V} / 0,2 \text{ mV} \sim 65.000$ .

Com relação ao circuito básico de configuração do op-amp operando de modo inversor pode ser visto na figura 15.



**Figura 15.** Circuito amplificador básico em configuração inversora.

Admitindo que o op-amp tenha propriedades ideais, sua impedância de entrada é infinita e não há corrente fluindo em suas entradas. Assim,  $i_1 = i_2$ .

A tensão de saída desta configuração é, por definição,

$$e_s = -A_{v0} e'_e \quad (\text{Eq. 4})$$

e temos que

$$i_1 = \frac{e_e - e'_e}{Z_1} = \frac{e'_e - e_s}{Z_2} = i_2 \quad (\text{Eq. 5})$$

isolando-se  $e'_e$  da equação 5 e substituindo na equação 4 temos:

$$\frac{e_s}{e_e} = -\frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{A_{v0}} \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right)} \quad (\text{Eq. 6})$$

lembrando que o ganho  $A_{v0}$  é arbitrariamente grande,

$$\frac{e_s}{e_e} = -\frac{Z_2}{Z_1} \quad e_s = -\frac{Z_2}{Z_1} e_e \quad (\text{Eq. 7})$$

Podemos notar que com o op-amp ideal a função de transferência depende apenas das impedâncias  $Z_1$  e  $Z_2$ , não dependendo do ganho  $A_{v0}$ . Além disso, pelo fato do amplificador ter o ganho arbitrariamente alto, no ponto de soma de tensões,  $e_e$  aproxima-se de zero, o que faz desse ponto um terra virtual.

### Descrição do circuito

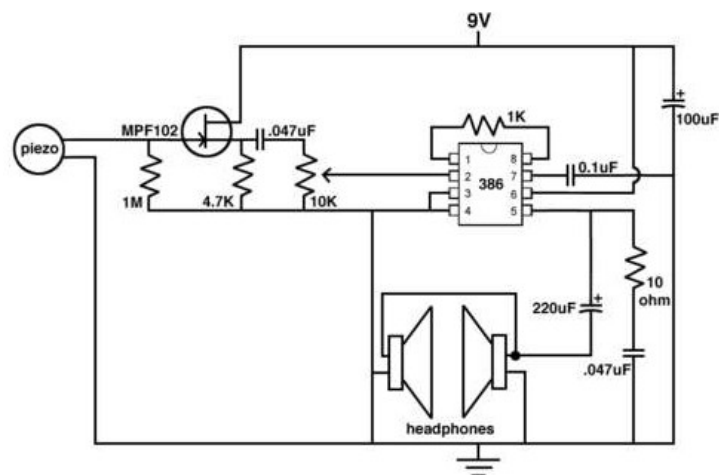


Figura 16: Diagrama eletrônico para amplificar o sinal recebido pelo piezo.





**Figura 17:** Amplificador de áudio LM386

O componente básico para amplificar o sinal elétrico do cristal de quartzo, é o amplificador de áudio LM386, ele é um um amplificador de potência projetado para uso em baixa tensão elétrica. O cristal piezolétrico transmite um sinal da ordem de poucos milivolts [7]. O potenciômetro regula a variação de volume e os capacitores tem por finalidade, filtrar os ruídos elétricos. Os resistores, em sua maioria, funcionam como polarizadores do transistor.

### **Lista de Materiais**

- 90dB Pastilha piezolétrica
- LM386 CI Amplificador de audio de baixa voltagem
- MPF102 Transistor
- 1K Ohm 1/4-Watt Resistor
- 1M Ohm 1/4-Watt Resistor
- 10 ohm 1/4-Watt Resistor
- 4.7K Ohm 1/4-Watt Resistor
- (x2) 0.047 $\mu$ F 50V 10% Capacitor poliester
- 220 $\mu$ F 35V 20% Capacitor eletrolítico
- 100 $\mu$ F 35V 20% Capacitor eletrolítico
- 0.1 $\mu$ F 50V Capacitor cerâmico
- 10K-Ohm Potenciômetro linear
- Knobs

- 1/8" Plug stereo
- Bateria 9V

## **5) DECLARAÇÃO DO ORIENTADOR**

Meu orientador concorda com o expressado neste relatório final e deu a seguinte opinião:

“O aluno atendeu aos requisitos de construir um estetoscópio eletrônico com componentes baratos e disponíveis no mercado.

O estetoscópio eletrônico funcionou como prevíamos. Este equipamento pode ser usado como instrumento lúdico para as crianças ouvirem, no fone de ouvido ou em caixas amplificadoras, as batidas do coração. Também pode ser usado no ensino médio para medir as pulsações da diástole e sístole, por exemplo.”

## **6) AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer ao prof. Lunazzi, por ministrar muito bem esta disciplina muito útil a mim. Agradeço ao prof. Abner, meu orientador, pela dedicação a mim e ao projeto. A todos muito obrigado.

## **7) REFERÊNCIAS**

Palavras-chave: estetoscópio, estetoscópio eletrônico, piezoelectricidade, circuito amplificador, editor de áudio.

Keywords: stethoscope, electronic stethoscope, piezoelectricity, amplifier circuit, audio editor.

[1] <http://www.dicio.com.br/estetoscopio/>

**Resumo:** Etmologia da palavra e significado de estetoscópio

[2]CHANG, Sang-Mok . The principle and applications of piezoelectric crystal sensors. Materials Science and Engineering C, 2000, Vol. 12, pp. 111-123.

**Resumo:** Conceito de Piezeletricidade

[3]. [Online] [Citado em: 19 de 04 de 2012.]

[http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/image12/12\\_T05\\_04.gif](http://www.feiradeciencias.com.br/sala12/image12/12_T05_04.gif).

**Resumo:** Animação de um cristal piezelétrico

[4] VARELA, Hamilton, MALTA, Marcos e TORRESI, Roberto M. Técnicas in situ de baixo custo em eletroquímica: a microbalança a cristal de quartzo. Química Nova, 2000, Vol. 23, pp. 664-679.

**Resumo:** Cristal de quartzo como principal representante dos piezoelétricos

[5] PINTO, Edilson Moura. Estudo da transferência de carga e massa na interface cobre/líquido: uma aplicação da QCM. IFGW-UNICAMP. Campinas/SP : s.n., 2004. Dissertação (Mestrado).

**Resumo:** Geometria ou tipos de corte de cristal de quartzo

[6] SCHIAVON, Gilberto . An electrochemical quartz crystal microbalance-basead investigation of the properties displayed byelectroative polypyridinne films. 1995, Analytica Chimica Acta, Vol. 305, pp. 212-218.

**Resumo:** Geometria ou tipos de corte de cristal de quartzo

[7] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/CML/mXyyzquy.pdf>

**Resumo:** Especificação técnica de um cristal piezoelétrico

[8] MILLMAN, J. & HALKIAS, C. – Integrated Electronics: Analog and Digital Circuits and Systems – 1972

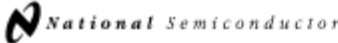
**Resumo:** Estudo dos Amplificadores Operacionais

# APÊNDICES

Os apêndices são do amplificador LM386.

December 1994

**LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier**



## LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier

### General Description

The LM386 is a power amplifier designed for use in low voltage consumer applications. The gain is internally set to 20 to keep external part count low, but the addition of an external resistor and capacitor between pins 1 and 8 will increase the gain to any value up to 200.

The inputs are ground referenced while the output is automatically biased to one half the supply voltage. The quiescent power drain is only 24 milliwatts when operating from a 6 volt supply, making the LM386 ideal for battery operation.

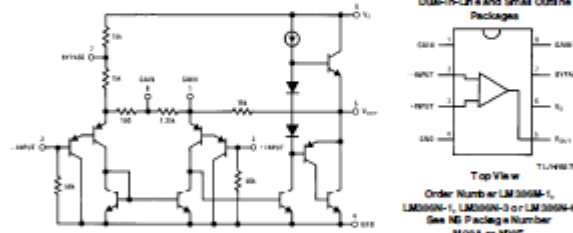
### Features

- Battery operation
- Minimum external parts
- Wide supply voltage range 4V–12V or 0V–10V
- Low quiescent current drain 4 mA
- Voltage gains from 20 to 200
- Ground referenced input
- Self-centering output quiescent voltage
- Low distortion
- Eight pin dual-in-line package

### Applications

- AM-FM audio amplifiers
- Portable tape player amplifiers
- Intercoms
- TV sound systems
- Line drivers
- Ultrasonic drivers
- Small signal drivers
- Power converters

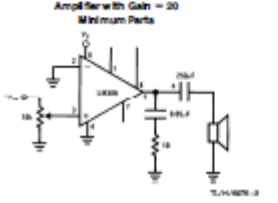
### Equivalent Schematic and Connection Diagrams



Top View  
Order Number LM3864-1,  
LM3864-1, LM3864-3 or LM3864-4  
See NE Packaging Number  
MO8A or NO8E

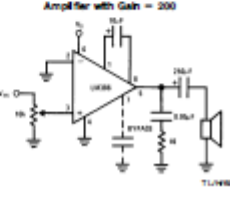
### Typical Applications

**Amplifier with Gain = 20**  
Minimum Parts



TLV4962B-3

**Amplifier with Gain = 200**



TLV4962B-4

### Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage (LM3864-1, -3, LM3864-1)	15V	Soldering Information	
Supply Voltage (LM3864-3)	20V	Dual In-Line Package	Soldering (10 sec) + 260°C
Package Dissipation (Note 6) (LM3864)	1.25W	Small Outline Package	Vapor Phase (60 sec) + 215°C
	0.75W (LM3864)	Infrared (15 sec)	+ 220°C
Input Voltage	±0.4V	See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.	
Storage Temperature	-65°C to +150°C	Thermal Resistance	
Operating Temperature	0°C to +70°C	θ <sub>JC</sub> (DIP)	37°C/W
Junction Temperature	+150°C	θ <sub>JC</sub> (DIP)	107°C/W
		θ <sub>JC</sub> (SO Package)	35°C/W
		θ <sub>JC</sub> (SO Package)	172°C/W

### Electrical Characteristics T<sub>A</sub> = 25°C

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Operating Supply Voltage (V <sub>DD</sub> )	LM3864-1, -3, LM3864-1 LM3864-4	4 5		12 18	V
Quiescent Current (I <sub>Q</sub> )	V <sub>DD</sub> = 6V, V <sub>IN</sub> = 0		4	6	mA
Output Power (P <sub>O(1dB)</sub> )					mW
LM3864-1, LM3864-1	V <sub>DD</sub> = 6V, R <sub>L</sub> = 8Ω, THD = 10%	250	325		
LM3864-3	V <sub>DD</sub> = 9V, R <sub>L</sub> = 8Ω, THD = 10%	500	700		
LM3864-4	V <sub>DD</sub> = 18V, R <sub>L</sub> = 32Ω, THD = 10%	700	1000		
Voltage Gain (A <sub>v</sub> )	V <sub>DD</sub> = 6V, f = 1 kHz 10 μF from Pin 1 to 8	26	46		dB
Bandwidth (BW)	V <sub>DD</sub> = 6V, Pins 1 and 8 Open		300		kHz
Total Harmonic Distortion (THD)	V <sub>DD</sub> = 6V, R <sub>L</sub> = 8Ω, P <sub>O(1dB)</sub> = 125 mW f = 1 kHz, Pins 1 and 8 Open		0.2		%
Power Supply Rejection Ratio (PSRR)	V <sub>DD</sub> = 6V, f = 1 kHz, C <sub>IN(PIN1)</sub> = 10 μF Pins 1 and 8 Open, Referred to Output		50		dB
Input Resistance (R <sub>IN</sub> )			50		kΩ
Input Bias Current (I <sub>BIAS</sub> )	V <sub>DD</sub> = 6V, Pins 2 and 3 Open		250		nA

Note 1: For operation in ambient temperatures above 25°C, the driver must be derated based on a 150°C maximum junction temperature and 1) a thermal resistance of 37°C/W for the dual in-line package and 2) a thermal resistance of 172°C/W for the small outline package.

### Application Hints

#### GAIN CONTROL

To make the LM386 a more versatile amplifier, two pins (8 and 6) are provided for gain control. With pins 1 and 8 open the 1.25 kΩ resistor sets the gain at 20 (26 dB). If a capacitor is put from pin 1 to 8, bypassing the 1.25 kΩ resistor, the gain will go up to 200 (46 dB). If a resistor is placed in series with the capacitor, the gain can be set to any value from 20 to 200. Gain control can also be done by capacitively coupling a resistor (or FET) from pin 1 to ground.

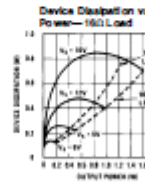
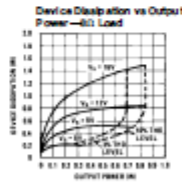
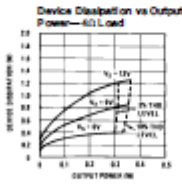
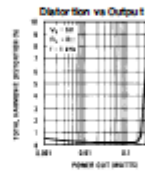
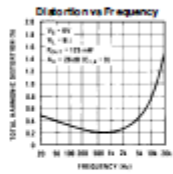
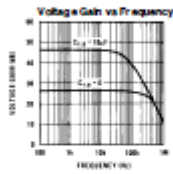
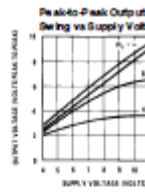
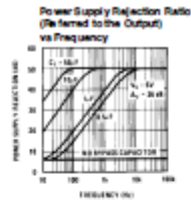
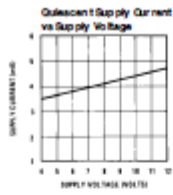
Additional external components can be placed in parallel with the internal feedback resistors to tailor the gain and frequency response for individual applications. For example, we can compensate poor speaker bass response by frequency shaping the feedback path. This is done with a series RC from pin 1 to 5 (paralleling the internal 15 kΩ resistor). For 6 dB effective bass boost R = 15 kΩ, the lowest value for good stable operation is R = 10 kΩ if pin 6 is open. If pins 1 and 8 are bypassed then R as low as 2 kΩ can be used. This restriction is because the amplifier is only compensated for closed-loop gains greater than 9.

#### INPUT BIASING

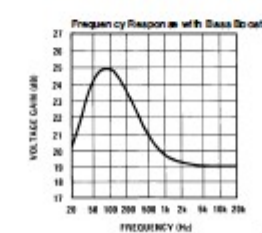
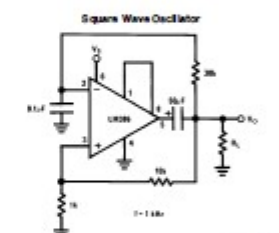
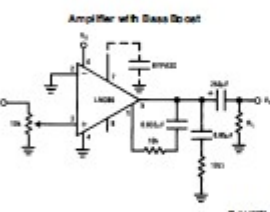
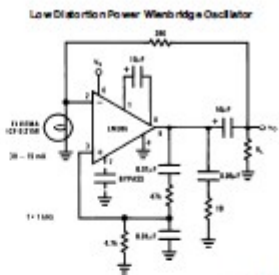
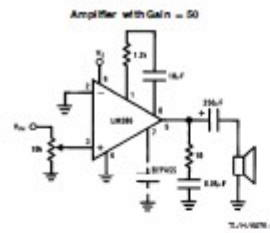
The schematic shows that both inputs are biased to ground with a 50 kΩ resistor. The base current of the input transistors is about 250 nA, so the inputs are at about 12.5 mV when left open. If the dc source resistance driving the LM386 is higher than 250 kΩ it will contribute very little additional offset (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). If the dc source resistance is less than 10 kΩ, then shorting the unused input to ground will keep the offset low (about 2.5 mV at the input, 50 mV at the output). For dc source resistances between these values we can eliminate excess offset by putting a resistor from the unused input to ground, equal in value to the dc source resistance. Of course all offset problems are alleviated if the input is capacitively coupled.

When using the LM386 with higher gains (bypassing the 1.25 kΩ resistor between pins 1 and 8) it is necessary to bypass the unused input, preventing degradation of gain and possible instability. This is done with a 0.1 μF capacitor or a shot to ground depending on the dc source resistance on the driven input.

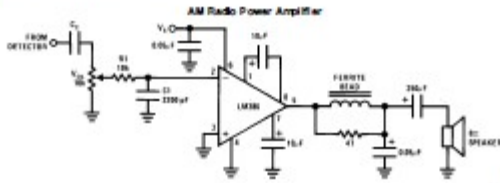
### Typical Performance Characteristics



### Typical Applications (Continued)



**Typical Applications (Continued)**



Note 1: 10k resistor (R1) and capacitor (C1) are optional.

Note 2: Ferrite bead is used to reduce ringing.

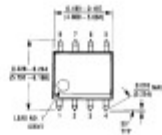
Note 3: For better results, the resistor (R3) should be 100Ω or less.

Note 4: P101 is used for signal.

Note 5: All components must be spaced according to IPC.

T149874

**Physical Dimensions (inches) (millimeters)**



SO Package (M)  
Order Number LM386M-1  
NSP package Number M06A