Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Física “Gleb Wataghin”

Relatório Final de Atividades

Disciplina: F-609 – Instrumentação para Ensino

Projeto: Decibelimetro Didático Aperfeiçoado.

Aluno: Amaury Moitinho (amaurymoitinho@yahoo.com.br)

Orientador: Engº. Pedro Miguel Raggio Santos, chefe dos Laboratórios de Ensino Básico e Informática LEB / LEI – IFGW, UNICAMP (praggio@ifi.unicamp.br)

08 de Dezembro de 2009

DESCRIÇÃO DO PROJETO

Este projeto visa construir um instrumento de medição capaz de analisar as ondas sonoras audíveis ao ouvido humano.

Existem no mercado comercial alguns instrumentos para este fim. No semestre passado foi desenvolvido na Unicamp um instrumento deste tipo, que era composto de um circuito eletrônico, um voltímetro e uma tabela de conversão de tensão em Decibel.

O objetivo deste projeto ,tendo como base o projeto já realizado na Unicamp é de eliminar a necessidade de uso do voltímetro, e da tabela de conversão, afim de permitir melhor precisão na detecção da amplitude do som em todas as frequências audíveis, adotando uma forma mais visual, tornando a análise mais prática.

TEORIA

O ouvido é um dos orgãos mais sensíveis, delicado, complexo e discriminativo do corpo humano. A energia necessária para acioná-lo (produzir a sensação de *som*) é tão pequena que poderia ser comparada ao "*quase nada*". Em termos de comparação simplista: se uma pressão atmosférica tivesse uma medida de 2.000.000 de km, a sensibilidade auditiva seria comparada a 1,0 milímetro, ou seja: ela é 2×10^{-10} vezes menor. Por outro lado o ouvido humano não é igualmente sensível em todas as freqüências: ele é menos sensível para freqüências muito baixas e/ou muito altas e mais sensível para as freqüências intermediárias (entre 1.000 e 5.000 Hz). Por exemplo, um tom de 200 Hz deve ser cerca de 10 dB mais alto para dar a mesma sensação subjetiva que um tom de 1.000 Hz.

Com o advento de equipamentos eletrônicos para medir os Níveis de Pressão Sonora, houve a necessidade de criar circuitos eletrônicos internos que proporcionassem uma correção dos níveis de energia medidos de modo a simular o comportamento do ouvido humano (compensar as deficiências de sensibilidade conforme as freqüências dos sons). Esses circuitos eletrônicos internos dos equipamentos são classificados como A, B, C e D e suas respectivas curvas se encontram na figura 1.

- O circuito "**A**" foi originalmente concebido para aproximar-se das curvas de igual audibilidade para **baixos** NPS (Níveis de Pressão Sonora), próximo de 50 dB;

- O circuito "**B**" foi originalmente concebido para aproximar-se das curvas de igual audibilidade para **médios** NPS (Níveis de Pressão Sonora), próximo de 75 dB;

- O circuito "**C**" foi originalmente concebido para aproximar-se das curvas de igual audibilidade para **altos** NPS (Níveis de Pressão Sonora), próximo de 100 dB;

- O circuito "**D**" foi originalmente concebido para aproximar-se das curvas de igual audibilidade para **altíssimos** NPS (Níveis de Pressão Sonora), próximo de 120 dB.

Atualmente, somente o circuito A é largamente usado, pois os circuitos B e C não fornecem boa correlação em testes subjetivos e estão em desuso. O circuito D foi

padronizado para medição de ruído em aeroportos e ainda é utilizado. A legislação brasileira tem se baseado somente em medições efetuadas nos circuitos A (e eventualmente no circuito C para ruídos de impacto), nas avaliações ambientais. O circuito B está em desuso no mundo e raramente se vêm citações à ele.

Tendo-se os níveis de ruído, medidos por espectro, em qualquer um dos circuitos, é possível mediante cálculos se chegar aos níveis de ruído em qualquer outro circuito de compensação, utilizando-se da seguinte:

TABELA DA PERCEPÇÃO AUDITIVA A, B e C

FREQÜÊNCIA	Curva A	Curva B	Curva C
(Hz)	dB(A)	dB(B)	dB(C)
31,5	-39,4	-17,1	-3,0
63	-26,2	-9,3	-0,8
125	-16,1	-4,2	-0,2
250	-8,9	-1,3	+0,0
500	-3,2	-0,3	+0,0
1000	+0,0	+0,0	+0,0
2000	+1,2	-0,1	-0,2
4000	+1,0	-0,7	-0,8
8000	-1,1	-2,9	-4,4
16000	-6,6	-8,4	-8,5

Por exemplo: um som de 50,0 dB(A) em 63 Hz pode ser calculado para dB(C) da seguinte maneira:

50,0 dB(A) + 26,2 = 76,2 dB e portanto: dB(C) = 76,2 dB - 0,8 = 75,4 dB(C).

Assim, um som de 50,0 dB(A) é igual a 75,4 dB(C) em 63 Hz.

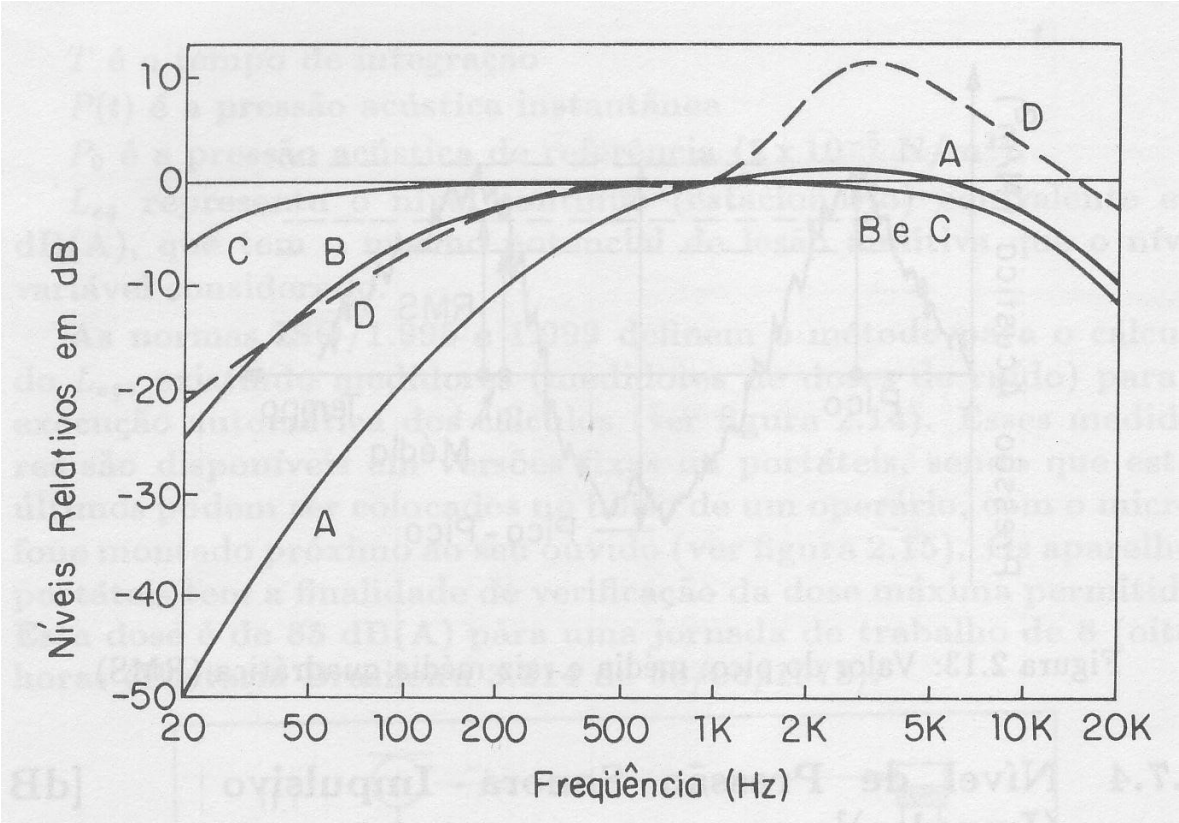


***Figura 1**. Curvas de compensação para medidas do nível de pressão sonora (NPS)*

Existem vários modelos de medidores. Os de melhor tecnologia podem oferecer valores das medidas em dB (A, B, C ou D), dB pico, impulso, espectro, etc. Já os mais simples oferecem apenas as medidas em dB (A), para este projeto, foi utilizado a curva do tipo A.

Existem diversos tipos de microfones. Uma descrição dos principais tipos e sua descrição está no Apêndice III. O microfone escolhido para uso neste projeto foi um microfone de eletreto, por ter uma boa qualidade, baixo ruído, e principalmente pelos seu baixo custo.

O nosso ouvido amplifica os sons de altas frequências, desta forma, depois de alguns anos expostos a ruídos intensos, como fábricas e trânsito, sofrem uma perda de audição gradativa começando com altas frequências. Portanto, uma pessoa idosa tende a deixar de ouvir sons mais agudos. Pesquisas realizadas revelam que, pessoas expostas a níveis superiores a 65 dB (A) tendem ao processo de stresse degradativo.

Por isso, foi elaborado normas que regulamentam os níveis de exposição permitidos em função do tempo de exposição, como a NBR 10151 e NBR 10152 da ABNT, que estao relacionadas com a questão do ruído nas regiões habitadas e análise dos níveis de ruído possibilitando o conforto acústico. Os níveis de exposição não devem ultrapassar os limites de tolerância fixados na Tabela 1.

Nível de Ruído DB(A)	Máxima Exposição Diária Permissível
85	8 h
86	7 h
87	6 h
88	5 h
89	4 h 30 min
90	4 h
91	3 h 30 min
92	3 h
93	2 h 40 min
94	2 h 15 min
95	2 h
96	1 h 45 min
98	1 h 45 min
100	1 h
102	45 min
104	35 min
105	35 min
106	30 min
108	20 min
110	15 min
112	10 min
114	8 min
115	7 min

Tabela 1. Limites de exposição de níveis de ruído

2 – RESULTADOS ATINGIDOS

Uma forma de se economizar tempo e dinheiro na eletrônica é utilizar softwares de simulação, onde é possivel analisar circuitos antes mesmo de serem montados uma placa de circuito impresso ou protoboard. Sendo assim, a primeira parte deste projeto destinou-se a realizar simulações com softwares com o intuito de se obter o melhor ganho com a maior fidelidade do sinal inicial. Portanto após realizar simulações com alguns circuitos, chegou-se a conclusão de que este (fig.2) foi o que apresentou melhores resultados.

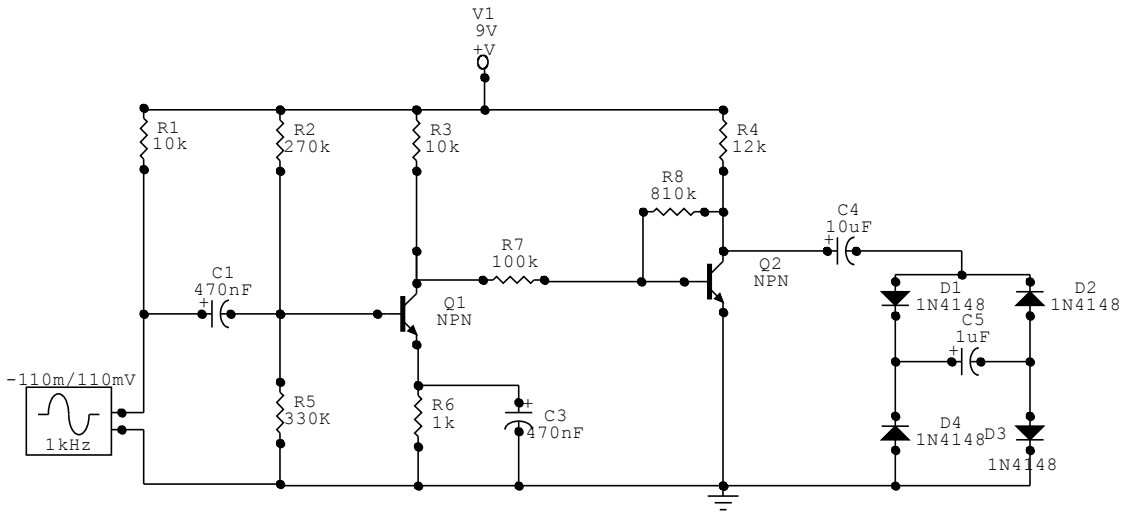


Fig.2 *– Circuito Eletrônico do Decibelímetro*

Neste circuito foi realizado simulações variando-se a frequência e coletando os dados de tensão de saída conforme tabela abaixo:

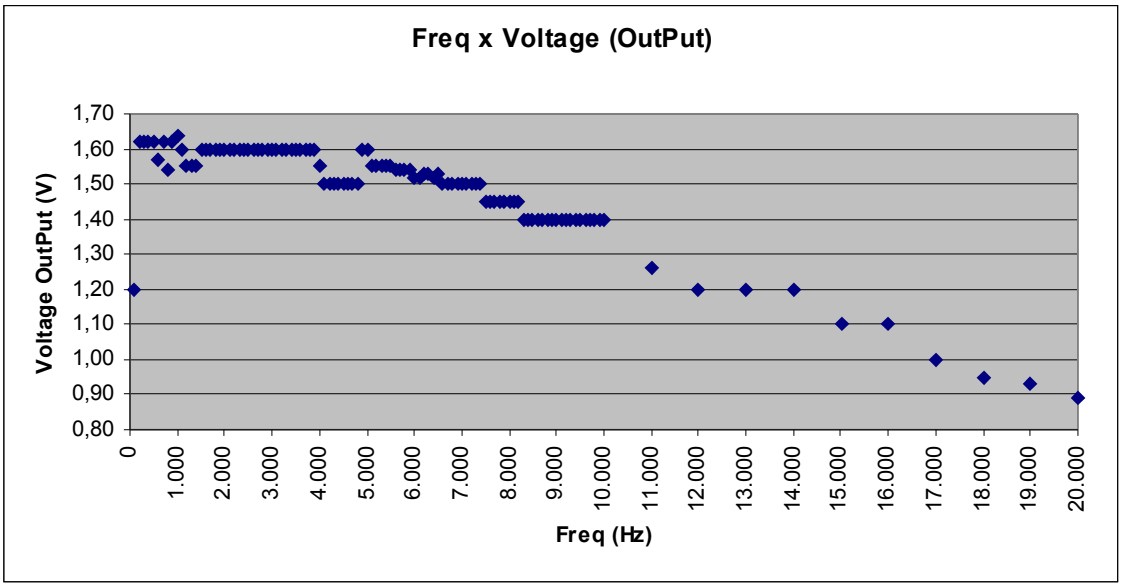
Frequency (Hz)	ddp (V)
100	1,20
200	1,62
300	1,62
400	1,62
500	1,62
600	1,57
700	1,62
800	1,54
900	1,62
1.000	1,64
1.100	1,60
1.200	1,55
1.300	1,55
1.400	1,55
1.500	1,60
1.600	1,60
1.700	1,60
1.800	1,60
1.900	1,60
2.000	1,60
2.100	1,60
2.200	1,60
2.300	1,60
2.400	1,60
2.500	1,60
2.600	1,60
2.700	1,60
2.800	1,60
2.900	1,60

3.000	1,60
3.100	1,60
3.200	1,60
3.300	1,60
3.400	1,60
3.500	1,60
3.600	1,60
3.700	1,60
3.800	1,60
3.900	1,60
4.000	1,55
4.100	1,50
4.200	1,50
4.300	1,50
4.400	1,50
4.500	1,50
4.600	1,50
4.700	1,50
4.800	1,50
4.900	1,60
5.000	1,60
5.100	1,55
5.200	1,55
5.300	1,55
5.400	1,55
5.500	1,55
5.600	1,54
5.700	1,54
5.800	1,54
5.900	1,54
6.000	1,52
6.100	1,52
6.200	1,53
6.300	1,53
6.400	1,52
6.500	1,53
6.600	1,50
6.700	1,50
6.800	1,50
6.900	1,50
7.000	1,50
7.100	1,50
7.200	1,50
7.300	1,50
7.400	1,50
7.500	1,45
7.600	1,45
7.700	1,45

7.800	1,45
7.900	1,45
8.000	1,45
8.100	1,45
8.200	1,45
8.300	1,40
8.400	1,40
8.500	1,40
8.600	1,40
8.700	1,40
8.800	1,40
8.900	1,40
9.000	1,40
9.100	1,40
9.200	1,40
9.300	1,40
9.400	1,40
9.500	1,40
9.600	1,40
9.700	1,40
9.800	1,40
9.900	1,40
10.000	1,40
11.000	1,26
12.000	1,20
13.000	1,20
14.000	1,20
15.000	1,10
16.000	1,10
17.000	1,00
18.000	0,95
19.000	0,93
20.000	0,89

Tabela.2 – Dados de Frequência de Entrada e Tensão de Saída

Com estes dados foi possivel contruir o seguinte gráfico:



Graf.1 – Gráfico de Frequência de Entrada por Tensão de Saída

Neste gráfico é possível verificar a variação da tensão de saída em todo o espectro de som audível, notando que para ondas sonoras maiores de 10kHz, começa a haver uma perda de intensidade de sinal de saída, mas no geral é possivel identificar uma certa linearidade do circuito e obter uma tolerância de ±2dB dentro de 10kHz, que está dentro dos limites do oferecido no comércio pelos instrumentos profissionais. Desta forma, será possivel analisar as ondas sonoras audíveis com uma precisão dentro do padrão de mercado.

Contudo, falta agora fazer a montagem do experimento e testá-lo para ver se está conforme simulação, depois dos ajustes, finalmente iremos conectá-lo na entrada de um VU meter, isto é, um circuito eletrônico que utiliza uma série de LEDs para demonstrar a tensão de saída do circuito variando a quantidade de leds acesos conforme a variação da tensão de saída do circuito acoplado.

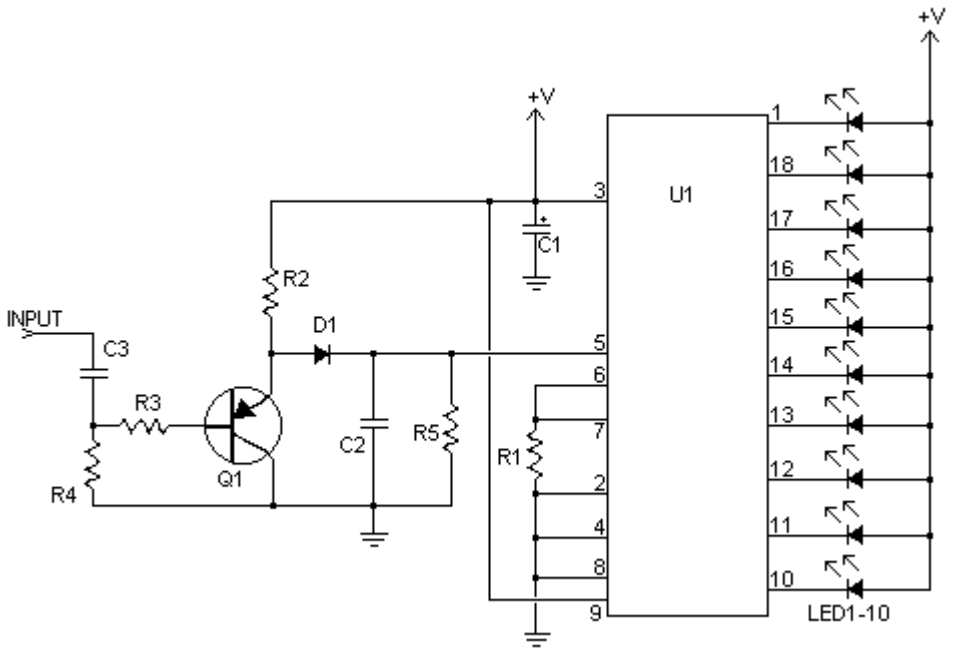


Fig.3 – Circuito Eletrônico do VU Meter

3- FOTOS:

Como o experimento está na parte de simulação, segue a foto do display do osciloscópio que foi utilizado para coletar os dados da tabela1:

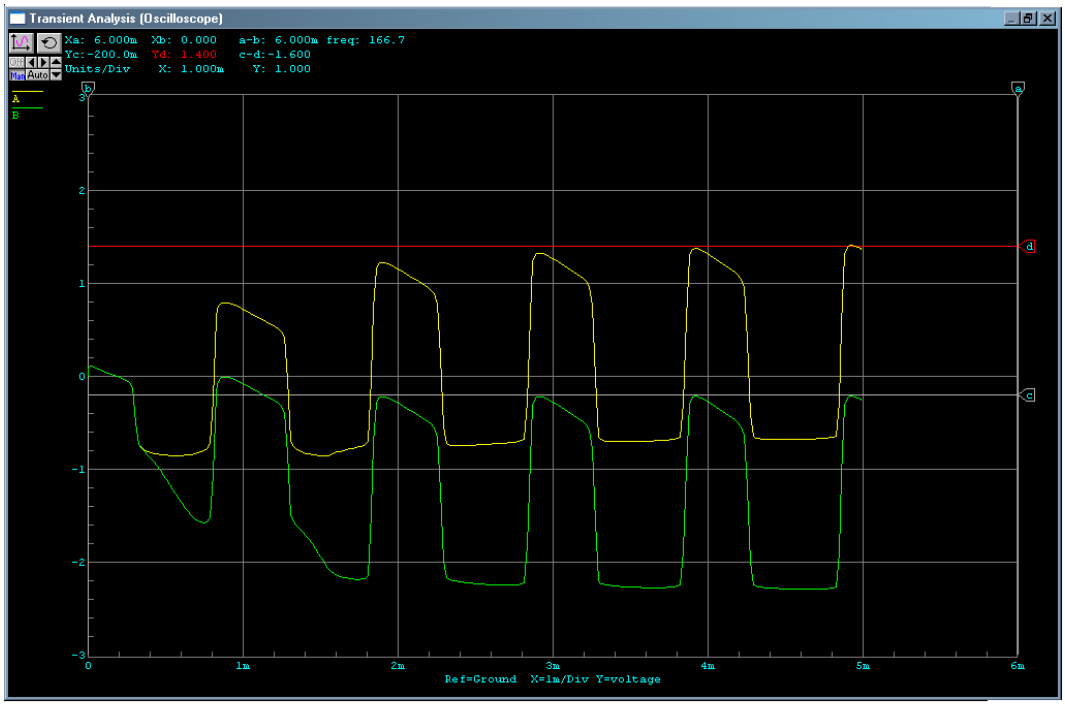


Fig.4 – Foto do Osciloscópio do Simulador Circuit Maker ® Student Version V6.2c

Neste gráfico é possivel medir a diferença do pico da onda verde para o pico da onda amarela, esta diferença é o ganho que o circuito fornece sobre a tensão de saída do microfone que é muito baixa para análise. Sendo assim, pode-se medir a amplitude de níveis sonoros em decibéis em função da medida do ganho de tensão.

4 – DESAFIOS

Um dos desafios a ser vencido é conseguir realizar uma simulação que apresente uma linearização do ganho em função da resposta de frequência dentro dos limites comerciais, com ganho suficiente para acionar o display de leds.

5 – PESQUISA REALIZADA COM REFERÊNCIAS

Para este projeto foi necessário várias pesquisas, segue as palavras chaves e a importancia destes sites no projeto:

"Circuit Maker Student"

http://my.ece.ucsb.edu/bobsclass/2C/Simulation/circuit_maker.htm (Acesso em 04/09/2009)

Este acesso teve como necessidade a utilização de um programa simulador eletrônico que fosse capaz de simular todo o circuito com medições e gráficos de osciloscópio antes mesmo do circuito ser montado no protoboard, trata-se de um programa livre.

"Sweepgen.3.5.2"

http://www.brothersoft.com/sweepgen-162469.html (Acesso em 26/08/2009)

Este acesso teve como necessidade a utilização de um programa simulador sonoro que fosse capaz de simular sons de vários Hz em qualquer intensidade utilizando as caixas de som do computador, isto é necessário para ter certeza que o decibelímetro tem precisão em todo o espetro sonoro audível humano. Este foi baixado pela internet pois trata-se de um programa livre.

"Decibel"

http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/passa1e.html (Acesso em 01/09/2009)

Este acesso teve como necessidade uma fundamentação teórica para este projeto, segue este link no anexo I.

"Audio level meter circuit"

http://www.circuitstoday.com/audio-level-meter-circuit (Acesso em 26/08/2009)

Este acesso teve como necessidade a visualização de alguns tipos de circuitos elétricos caseiros utilizados para medir decibéis, este site foi utilizado como base, porém

com o circuito modificado, pois o mesmo estava apresentando um ganho muito baixo e muito ruído, sendo assim, com a modificação conforme (fig1) foi possível uma qualidade bem melhor para a medição do nivel sonoro. Segue este link no Anexo II.

"Microfone de Eletreto"

http://www.mspc.eng.br/eletrn/topDiv120.shtml (Acesso em 25/08/2009)

Este acesso teve como necessidade a análise do funcionamento interno de um microfone comum de computadores, para que assim fosse possivel construir um circuito que fosse compativel com a estrutura fisica e elétrica deste microfone. Os detalhes de funcionamento deste componente segue no Anexo III.

"Circuitos de Compensação"

http://www.abel-acustica.com.br/Acustica/CurvCompen.htm (Acesso em 25/08/2009)

Este acesso teve como necessidade a análise do circuito de um medidor de ondas sonoras, pois existem varias faixas de audiabilidade, para este circuito foi adotado a curva A que é para a faixa de audiabilidade para baixos niveis de pressao sonora, isto é, proximo de 50 dB.

6 – DESCRIÇÃO DO TRABALHO

Este projeto consiste em um circuito elétrico que tem por seu objetivo receber as ondas mecânicas de som pela membrana dentro do microfone, que ao realizar as vibrações, um circuito eletrônico dentro do microfone transforma estas vibrações em pulsos elétricos que são coletados e enviados para o circuito da fig1.

Este circuito recebe estes sinais analógicos de baixa intensidade de tensão pico a pico e amplia este sinal pela intervenção dos transistores, e transfere este sinal ampliado para a ponte retificadora de onda completa, que transfoma este sinal AC em DC para que na saída tenhamos uma tensão DC constante para que a medição seja visível.

Depois disso acoplamos um VU meter que irá acender os LED's conforme a variação de tensão de saída do circuito fig 1, da forma que quanto mais LEDs acesos maior o valor Decibel do som emitido.

Os dados de como funciona a medição Decibel e como funciona um microfone estão nos Anexos I e III.

7 – EXECUÇÃO DO PROJETO

O circuito da fig. 2 foi montado no protoboard, porém não foi possível chegar em valores conforme a simulação, não houve linearidade e nem retificação do sinal de forma necessária para acender os LED's. desta forma, foi necessário modificar o circuito e após alguns testes, chegamos ao circuito abaixo.

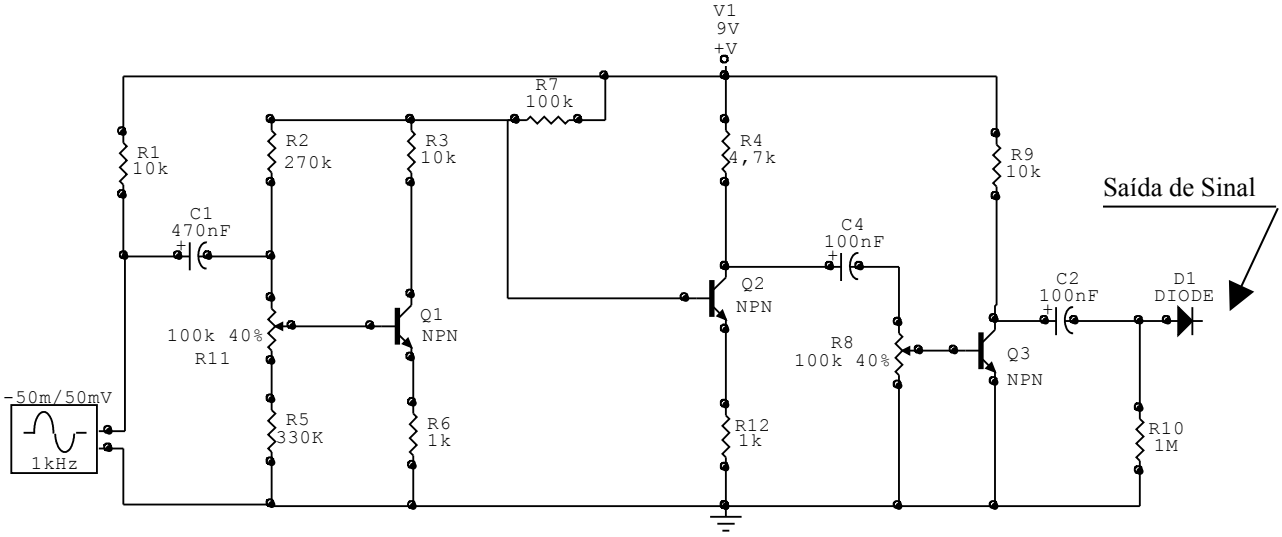


Fig.5 *– Circuito Eletrônico Final da parte amplificadora do Decibelímetro*

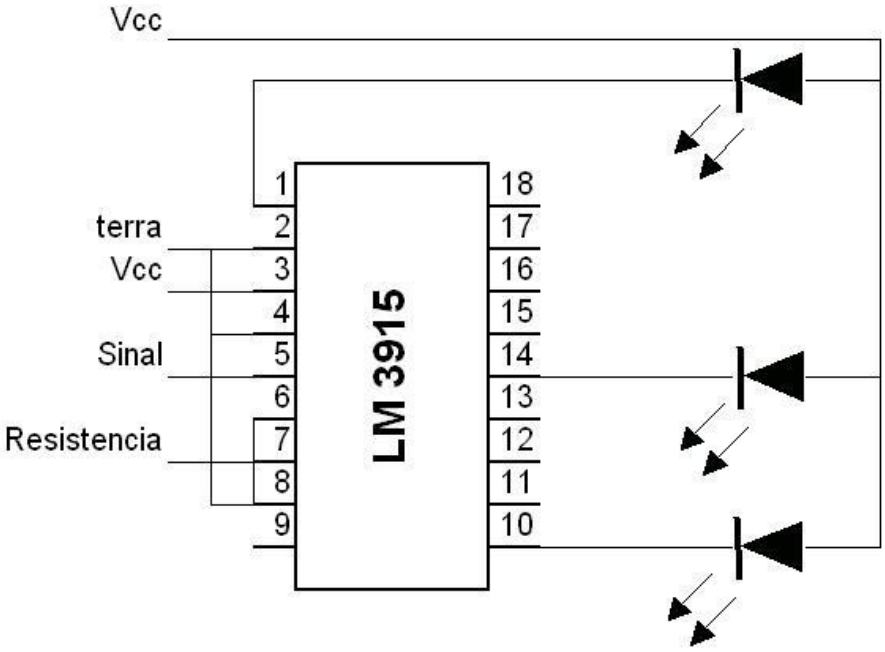


Fig.6 *– Circuito Eletrônico do VUmeter*

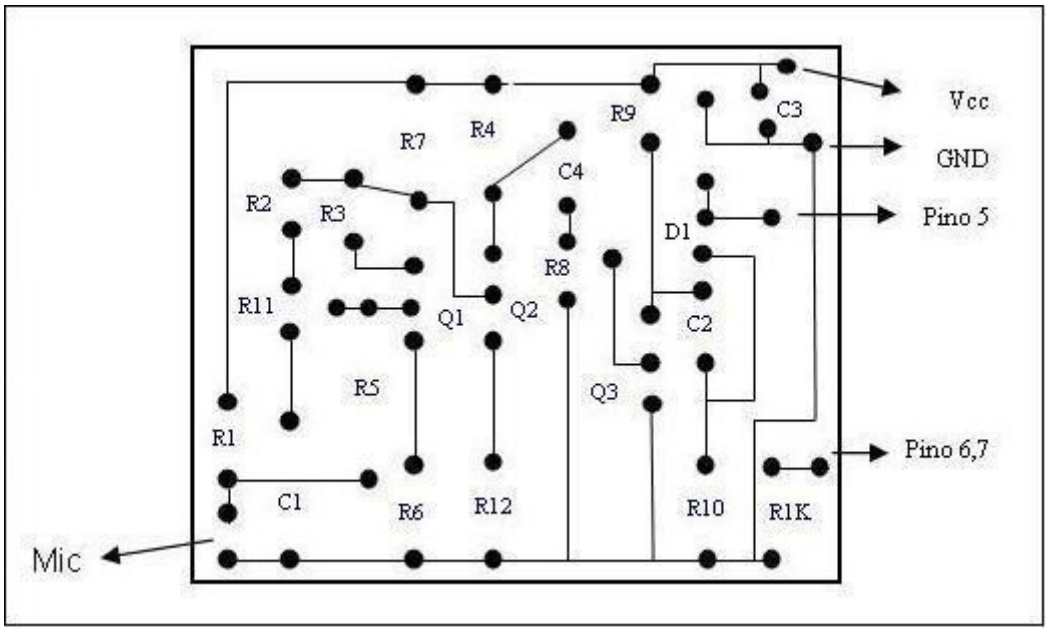


Fig.7 *– Esquema do Circuito Impresso na Placa Eletrônica*

Para montagem deste circuito foi necessário a seguinte lista de componentes:

Resistências 3x10kΩ, 3x1kΩ, 1x100kΩ, 1x4k7Ω, 1x330kΩ, 1x270kΩ, 1x1MΩ
Capacitores 1x470nF, 2x100nF
Transistores 2xBC517, 1xBC549
Trimpots 2x100K
1x CI - LM 3915
1x Soquete de 18 pinos.
1x LED verde
1x LED amarelo
1x LED vermelho
Pilhas 6x1,5V(pequenas)
Microfone de eletreto
Placa de Circuito Impresso.
Fios coloridos

Com essa lista e circuito foi possível montar o circuito conforme fig.8 abaixo:

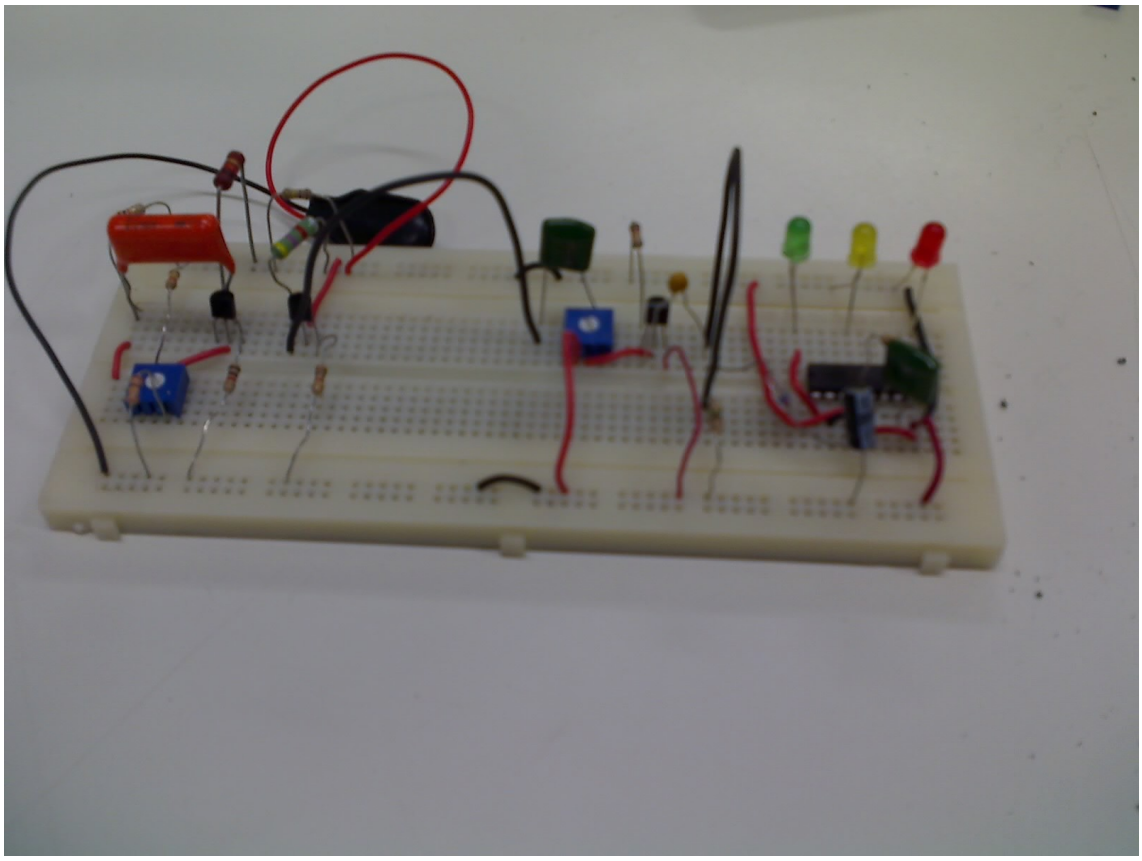


Fig.8 *– Foto do Prototipo do Decibelímetro*

Primeiramente, foi realizado um teste com a saída do circuito com um VUmeter conforme fig.3, no entanto, como cada LED necessita de no mínimo 20mA para acender, se fosse colocar os 10 LEDs, teriamos um projeto com um elevado valor de consumo, e isto não é interessante pelo fato de que, como se trata de um projeto portátil, com a utilização de pilhas, é fundamental que o consumo seja o mínimo possível. Desta forma, foi utilizado somente, 3 LEDs, sendo o verde sinalizando que o som está dentro do permitido, o amarelo, sinalizando que o som está proximo do limite permitido, e o vermelho informando que o mesmo está acima do permitido conforme tabela.1.

8 – ANALISE DOS DADOS

Com este projeto, foi possível conseguir um ganho de sinal suficiente para acionar os LED do VUmeter, da seguinte forma:

Como o microfone de eletreto gera sinais com um range de 30mV a 100mV, foi realizado testes com o gerador de sinais a 50mV e conseguido um sinal de saída de 5V, isto significa uma amplificação de 100 vezes, sem deformar o sinal.

Segue as fotos da imagem gerada pelo osciloscópio utilizado:

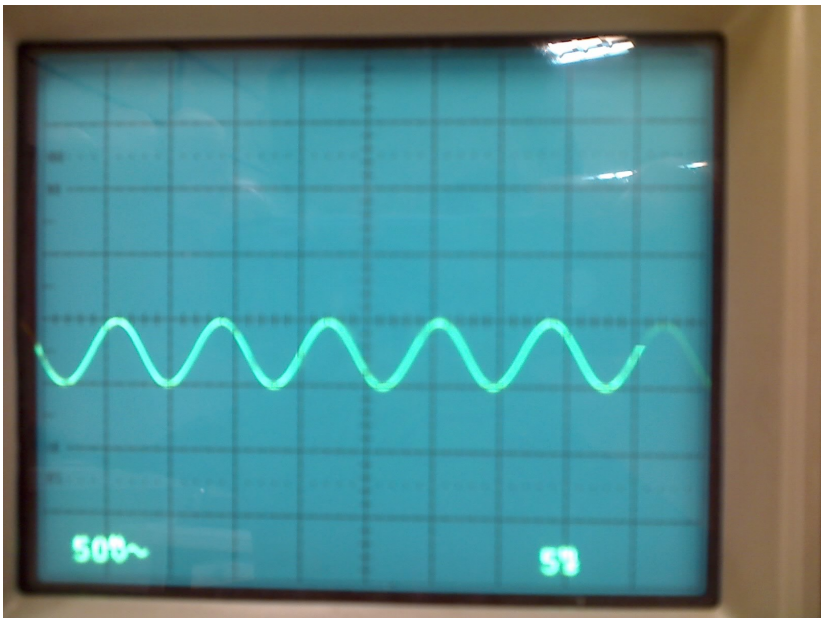


Fig.9 *– Sinal de Entrada do Circuito*

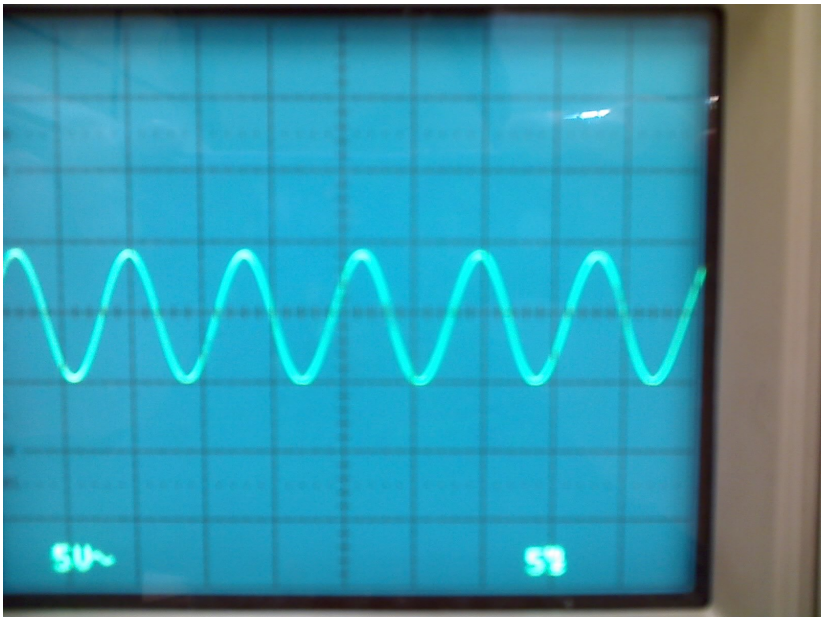


Fig.10 *– Sinal de Saida Amplificado do Circuito*

É possivel notar que o sinal se mantém no circuito e que a assim obtemos um sinal de saida com maior fidelidade.

Além disso, foi realizado um teste de linearização do circuito, na qual primeiramente foi colocado o gerador de sinal no lugar do microfone e estabelecido um nivel de tensão fixo e variado a frequencia de 50Hz até 30.000Hz, desta forma, foi possivel verificar se o nivel de tensão final do circuito variava com a mudança da frequência. Com esta análise, verificou se que o circuito é linear dentro de uma tolerancia de ±1dB entre 50Hz a 30.000Hz, e para freqüências superiores a esta última o

nivel de sinal cai abruptamente em relaçao a nivel de tensao e aumento da distorção do formato da onda.

Como o circuito atingiu a expectativa inicial do projeto, foi passado para a segunda etapa, a da montagem final do decibelimetro.

Para isso, foi elaborado uma placa de circuito impresso com a soldagem dos componentes eletrônicos, conforme fig.11

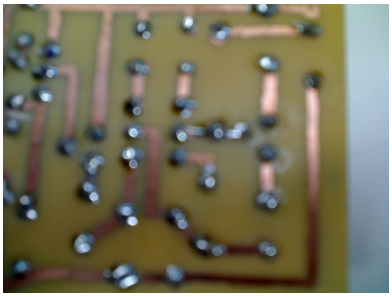


Fig.11 *– Placa de Circuito Impresso*

Para a caixa de armazenamento do projeto, foi realizado desenho tecnico, fig12 e 13, e solicitado a Oficina Mecanica a fazer uma caixa da seguinte forma:

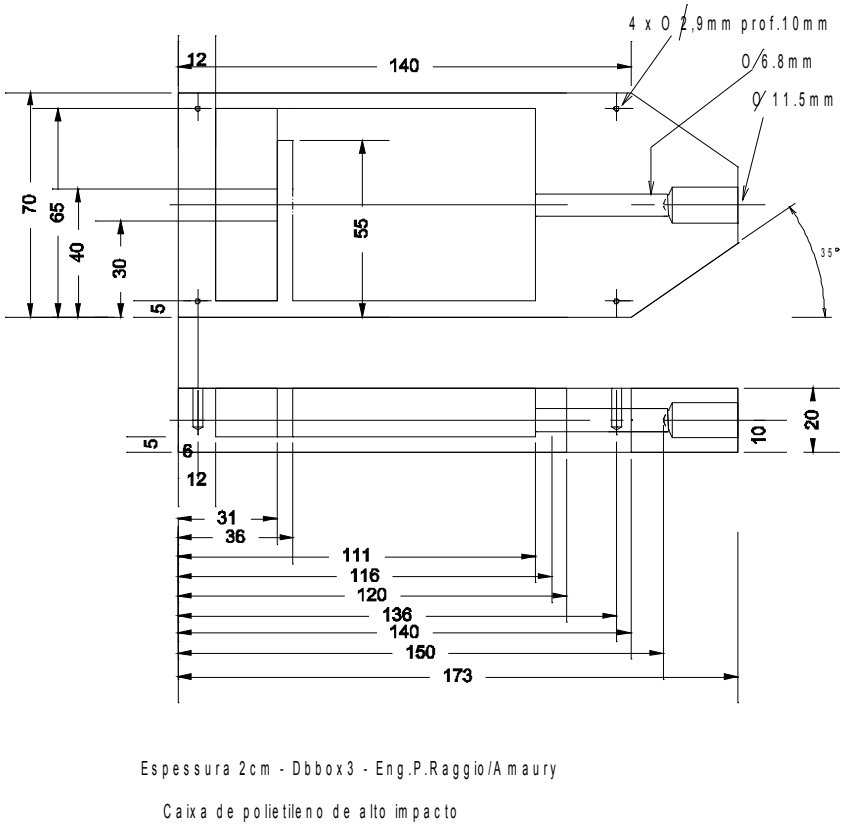


Fig.12 *– Caixa do Decibelímetro*

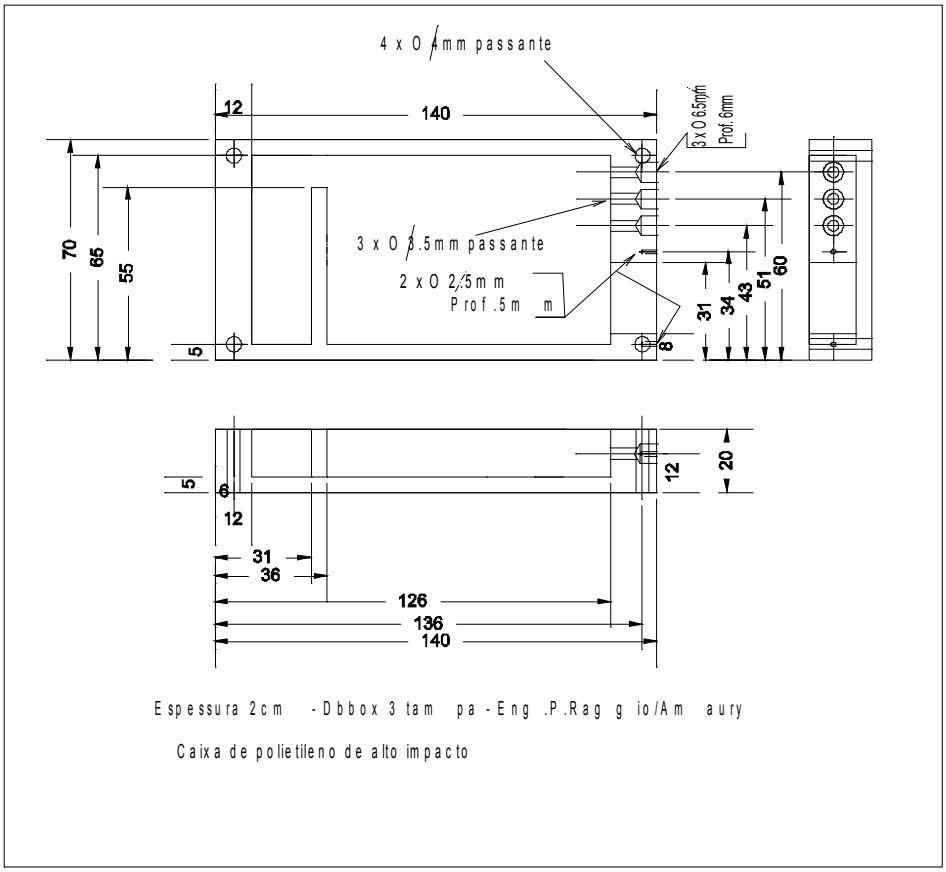


Fig.13 *– Tampa do Decibelímetro*

Finalmente soldando todos os componentes na placa e agrupando as pilhas em série e armazenando-os na caixa descrita acima, foi possivel chegar ao seguinte projeto final:

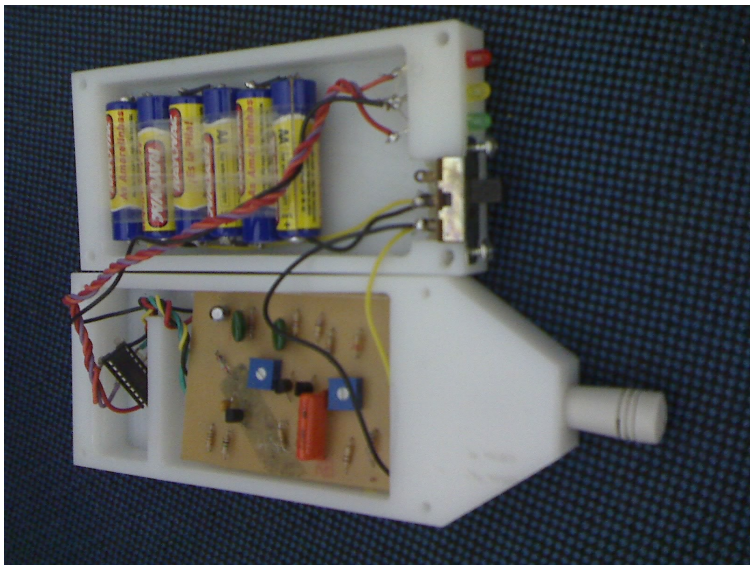


Fig.14 *– Decibelímetro Aberto com todos os Componentes*

Fig.15 *– Instrumento de Medida Acabado*

9 – CONCLUSÃO

Conforme descrição deste relatorio, verifica-se que o instrumento foi realizado com sucesso e sua funcionabilidade está conforme esperado, o mesmo está calibrado para que o LED verde acenda até 75dB, o amarelo de 75 dB até 85dB e o Vermelho acima de 85 dB, esta calibração foi realizada com o projeto de decibelimetro do semestre anterior, colocando os dois instrumentos lado a lado, na mesma distancia da fonte de som e ajustando os trimpots do circuito conforme era atingido o valor desejado em decibel do decibelimetro calibrador, para cada LED aceso.

Este instrumento apresentou as seguintes especificações:

Alimentação: Pilhas em serie obtendo 9V
Potencia: 217,8mW
Corrente: 24,2mA
Linearidade de 50Hz a 30kHz ± 1dB

10 – COMENTÁRIOS DO ORIENTADOR

O meu orientado teve muita disposição e interesse no trabalho que foi dado. O trabalho que ele aceitou fazer é de média alta, para muito alta complexidade técnica, envolvendo busca de soluções, construção de protótipo custeado por ele, levantamento de resultados, que exigiu tempo de pesquisa que não tivemos pois ficamos pressionados por este semestre curto que não deu espaço para muitas tentativas e pouco espaço para erros. Em contrapartida, tive que ter um grande envolvimento para orienta-lo e determinar soluções junto com ele. Por isto, pela dedicação dele, e considerando que ele atingiu plenamente os resultados esperados, atribuo-o nota máxima, ou seja 10,0.

5 – BIBLIOGRAFIA

http://my.ece.ucsb.edu/bobsclass/2C/Simulation/circuit_maker.htm (Acesso em 04/09/2009)

http://www.brothersoft.com/sweepgen-162469.html (Acesso em 26/08/2009)

http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/passa1e.html (Acesso em 01/09/2009)

http://www.circuitstoday.com/audio-level-meter-circuit (Acesso em 26/08/2009)

http://www.mspc.eng.br/eletrn/topDiv120.shtml (Acesso em 25/08/2009)

http://www.abel-acustica.com.br/Acustica/CurvCompen.htm (Acesso em 25/08/2009)

http://2.bp.blogspot.com/_X24H1VcMK-8/StkDEmzU-I/AAAAAAAAAa8/LgGj4jrIID0/s400/Imagem54.jpg (Acesso em 02/12/2009)

ANEXO I

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 cada decimal dessa ordem de grandeza e *para procurar evitar o uso da virgula* 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 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):

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

de modo que:

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

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 construçãô 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 [(saída em mw) / (1 mw)]
dBu	tensão elétrica de 0.775 volts	20 log [(tensão em volts) / (0.775 volts)]
dBVU	campo magnético de 250 nano webers/m	10 log [(campo em nw/m) / (250 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 nw/m

exemplo
Explique a lógica do seguinte cálculo de um engenheiro de telefonia:
44 dBm - 6 dBm = 25 118 - 3.98 = 25 114.02 mw = 43.99 dBm

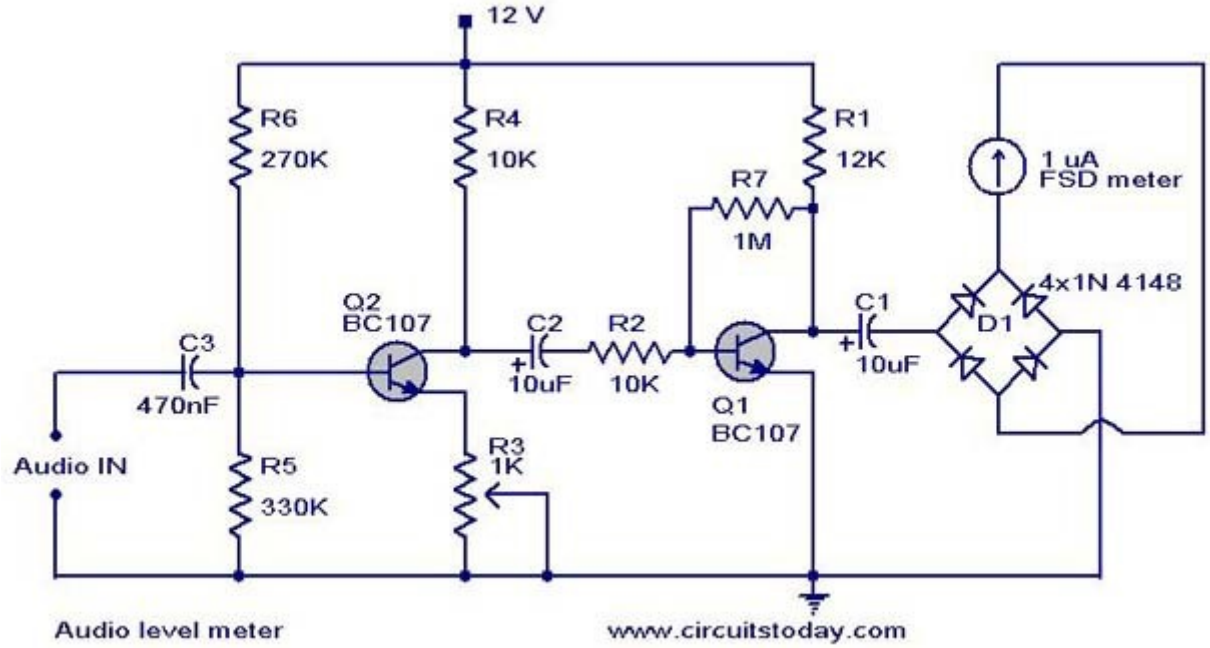
ANEXO II

Description

A simple and low cost audio level meter circuit that can be used to measure the audio level of your sound source. This circuit is a valuable tool for those who are interested in audio circuits.

The circuit is designed with a flat frequency response in the range of 20Hz to 50Khz. Input sensitivity is 100mV for a FSD on a 100uA ammeter. The circuit is build based on two common emitter amplifiers, the first stage has a preset resistor R3 (1K) which may be adjusted for a FSD. The last stage is biased to operate at about 1/2 the supply voltage for maximum AC voltage deflection. C2&C2 (10 uF) acts as a filters through which audio frequencies are passed. The full wave bridge rectifier converts the signal to a varying dc voltage. The meter will show this voltage as the output reading which is proportional to the input voltage level.

Circuit diagram with parts list .



Notes.

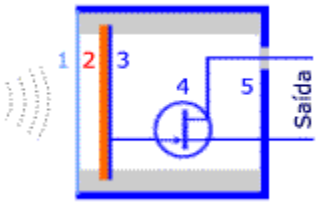
- The meter reading is instantaneous and it will not provide you with a peak to peak reading.
- To calibrate the meter, provide a 1Khz 100mV sine wave at the input and adjust R3 to get a full scale reading on the meter.
- Use a well regulated & filtered 12 V supply for powering the circuit.

ANEXO III

Microfones de eletreto

São aqueles pequenos microfones, bastante usados em telefones e em muitos outros aparelhos. O princípio de funcionamento é basicamente o de um microfone capacitivo.

Na figura, **1** é uma membrana condutora elástica, que faz contato elétrico com a carcaça **5**. **3** é uma membrana condutora rígida isolada da carcaça e **2** é um dielétrico entre as duas, ou seja, o conjunto forma um capacitor. Entre **1** e **2** há uma fina camada de ar (exagerada na figura), de forma que as vibrações sonoras incidentes sobre o diafragma o deformam e, por conseqüência, a capacitância do conjunto varia. Desde que o nível do sinal é muito baixo, há um transistor tipo FET para amplificar.



Mas por que o nome eletreto? Para quem não conhece, eletreto é designação para os materiais isolantes (ou dielétricos) que têm a capacidade de adquirir e manter cargas elétricas.

Notar que o arranjo da figura **não funcionaria** se fosse usado um dielétrico comum. Seria necessária uma fonte de tensão para manter o capacitor carregado e, assim, ter um sinal na porta do FET. Com um dielétrico de eletreto, o capacitor fica permanentemente carregado, dispensando fonte externa.

Eletretos são produzidos pelo aquecimento de certos dielétricos e posterior resfriamento em um campo elétrico de alta intensidade.

Pode-se fazer uma comparação com um microfone indutivo: um diafragma acoplado a uma bobina que fica parcialmente introduzida em um núcleo de ferro. Se fosse apenas isso, a bobina seria um indutor variável, necessitando de uma corrente externa para produzir um sinal. Se o núcleo de ferro fosse um ímã permanente, o sinal seria produzido sem auxílio externo. Portanto, eletretos podem ser considerados equivalentes elétricos aos ímãs permanentes do magnetismo.