BRUNO ENGELBERT

AMPLIFICADOR DE ÁUDIO 10W RMS

**FLORIANÓPOLIS, 2010**

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS ELETRÔNICOS

PROJETO INTEGRADOR I

AMPLIFICADOR DE ÁUDIO 10W RMS

Projeto Integrador submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para conclusão do Módulo I do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Eletrônicos.

BRUNO ENGELBERT

**FLORIANÓPOLIS, 2010**

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

[Figura 1 - Diagrama de blocos do Projeto Integrador 1. 6](#_Toc279697848)

[Figura 2 - Foto do projeto no gabinete. 7](#_Toc279697849)

[Figura 3 - Diagrama de blocos do controle de volume digital. 8](#_Toc279697850)

[Figura 4 - Filtro anti-repique. 9](#_Toc279697851)

[Figura 5 - Circuito contador digital. 10](#_Toc279697852)

[Figura 6 - Atenuador de tensão. 11](#_Toc279697853)

[Figura 7 - Diagrama esquemático do bloco de atraso. 13](#_Toc279697854)

[Figura 8 - Diagrama esquemático do circuito de proteção DC. 14](#_Toc279697855)

[Figura 9 - Esquemático do circuito *standby.* 15](#_Toc279697856)

[Figura 10 - Circuito elétrico do equalizador de 5 bandas. 17](#_Toc279697857)

[Figura 11 - Estrutura amplificadora. 18](#_Toc279697858)

[Figura 12 - Simulação do ganho do amplificador. 20](#_Toc279697859)

[Figura 13 - Esquemático da fonte de alimentação. 22](#_Toc279697860)

SUMÁRIO

[LISTA DE ILUSTRAÇÕES iii](#_Toc279698017)

[1. INTRODUÇÃO 5](#_Toc279698018)

[1.1. Objetivo geral 5](#_Toc279698019)

[1.2. Objetivos específicos 5](#_Toc279698020)

[2. ESTRUTURA DO PROJETO 6](#_Toc279698021)

[2.1. Diagrama de Blocos 6](#_Toc279698022)

[3. CONTROLE DIGITAL DE VOLUME 8](#_Toc279698023)

[3.1. Filtro Anti-Repique 8](#_Toc279698024)

[3.2. Circuito Contador Digital 9](#_Toc279698025)

[3.3. Atenuador de Tensão 10](#_Toc279698026)

[4. CIRCUITO DE PROTEÇÃO 12](#_Toc279698027)

[4.1. Bloco de Atraso 12](#_Toc279698028)

[4.2. Bloco de Proteção DC 13](#_Toc279698029)

[*5.* CIRCUITO *STANDBY* 15](#_Toc279698030)

[6. CIRCUITO EQUALIZADOR 16](#_Toc279698031)

[7. SISTEMA AMPLIFICADOR 18](#_Toc279698032)

[7.1. Resultados Práticos 19](#_Toc279698033)

[8. FONTE DE ALIMENTAÇÃO 22](#_Toc279698034)

[9. CONSIDERAÇÕES FINAIS 23](#_Toc279698035)

[10. REFERÊNCIAS 24](#_Toc279698036)

# INTRODUÇÃO

Desde os primeiros amplificadores de áudio produzidos, ainda valvulados, até os mais atuais, já transistorizados, a demanda por estes produtos aumentam durante cada ano e devido ao nível de exigência de cada usuário, junto com as inovações tecnológicas, essas estruturas vêm ganhando características cada vez melhores, como a diminuição do nível de ruído, entre outras.

O presente trabalho apresenta um amplificador de potência de 10W à carga de 8Ohms. Juntamente com a estrutura, outros circuitos foram integrados para formar todo o sistema de amplificação de áudio, como o circuito de controle de volume digital, sistema de equalização, proteção DC e *Stand-By*.

## Objetivo geral

Aplicar os conhecimentos adquiridos nas disciplinas dos semestres iniciais do curso superior de tecnologia em sistemas eletrônicos, na forma de um sistema amplificador de áudio.

## Objetivos específicos

* Desenvolver um circuito digital de volume.
* Desenvolver um circuito de equalização de 5 bandas.
* Desenvolver um circuito de *Standby*
* Projetar um circuito de proteção para os alto-falantes.
* Implementar um circuito amplificador de áudio de 10 *Watts* RMS.

# ESTRUTURA DO PROJETO

Nesta seção será abordada como o projeto é estruturado.

## Diagrama de Blocos

A Figura 1 abaixo ilustra o diagrama de blocos do projeto integrador 1.

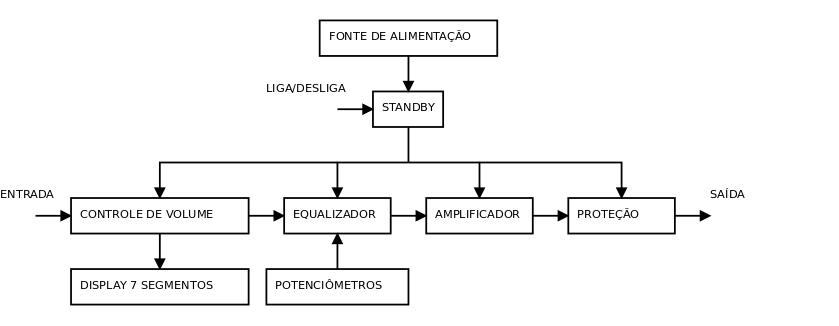


Figura - Diagrama de blocos do Projeto Integrador 1.

Onde a fonte de alimentação fornece as tensões para o circuito *standby*, que este alimenta o restante do circuito. O sinal de entrada de áudio primeiramente passa pelo controle de volume e depois segue para o circuito equalizador, que faz o ajuste das frequências. Em seguida é dado um ganho no sinal com a etapa amplificadora e por fim, o sinal passa por um circuito de proteção antes de chegar aos auto falantes.

Em seguida, na Figura 2, é ilustrado como as placas de cada etapa da estrutura amplificadora foi distribuída no gabinete.

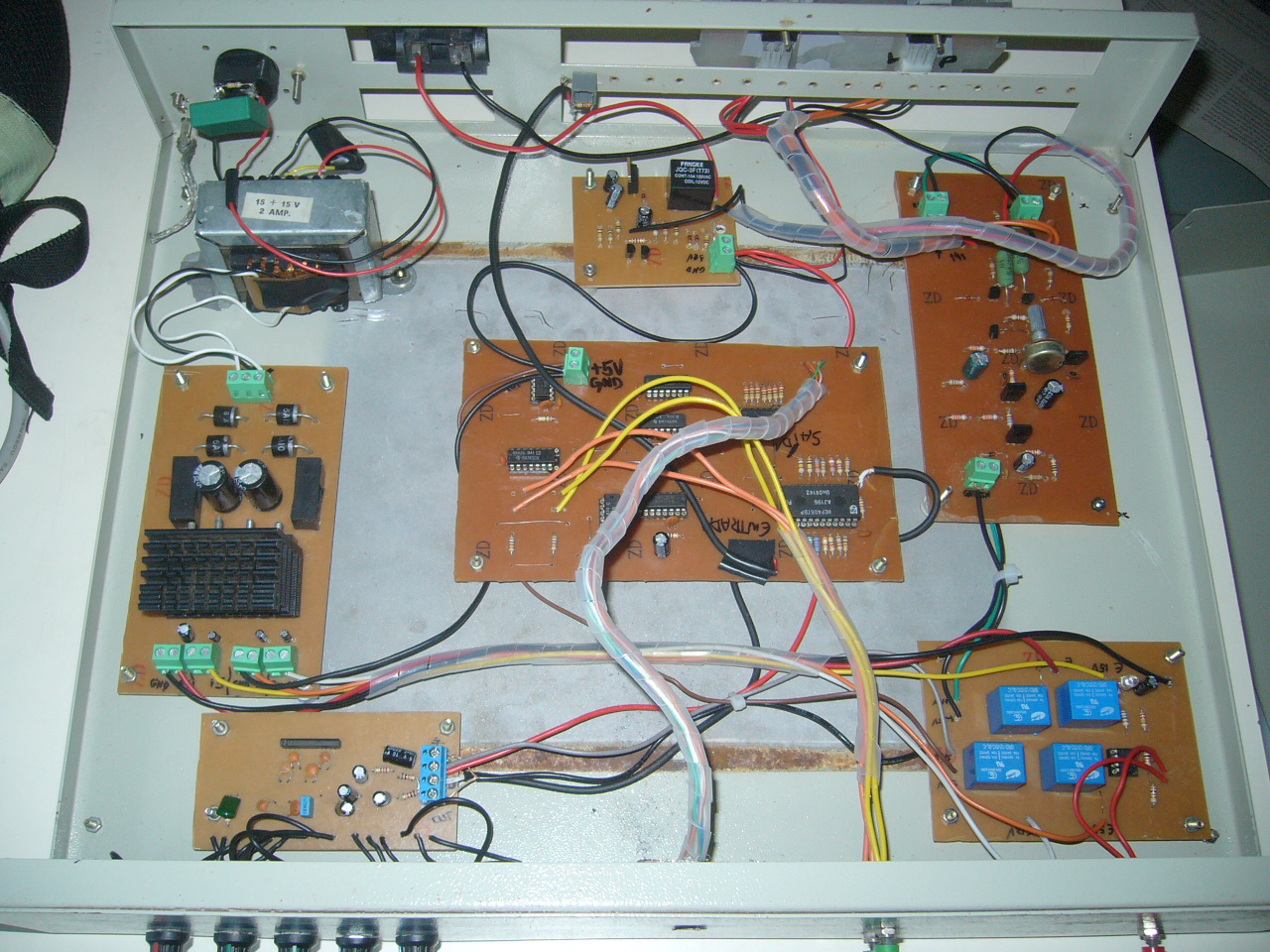


Figura - Foto do projeto no gabinete.

# CONTROLE DIGITAL DE VOLUME

É comum os amplificadores possuírem um sistema que faz o controle de todo o sinal de áudio recebido, podendo atenuar ou pré-amplificar este sinal de acordo com a necessidade de cada usuário. No Projeto Integrador 1 esse estágio é caracterizado pelo controle de volume na forma digital, utilizando conceitos e técnicas de lógica binária juntamente com os circuitos integrados disponíveis no mercado atual.

O diagrama de blocos funcional do controle de volume á apresentado na Figura 3 e está dividido em três partes:

* Filtro anti-repique.
* Circuito contador.
* Atenuador de tensão.

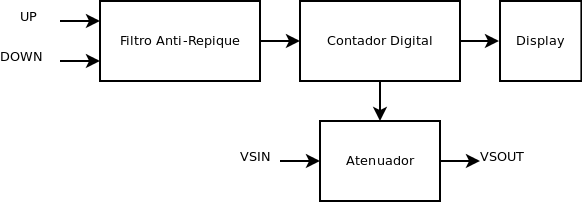


Figura 3 - Diagrama de blocos do controle de volume digital.

## Filtro Anti-Repique

Toda vez que pressionamos um botão tipo *push button* geramos um ruído de chaveamento que são indesejáveis, principalmente para um circuito digital. Neste projeto foi desenvolvido um filtro anti-repique (Figura 4) para eliminar esse efeito. O filtro é constituído de dois *flip-flop* tipo “D” junto com um contador 555 configurado no modo astável com frequência aproximadamente de . Com isso, ao pressionarmos o botão a saída do *flip-flop* só será atualizada na próxima borda de subida do *clock*, prevenindo então os ruídos indesejáveis.

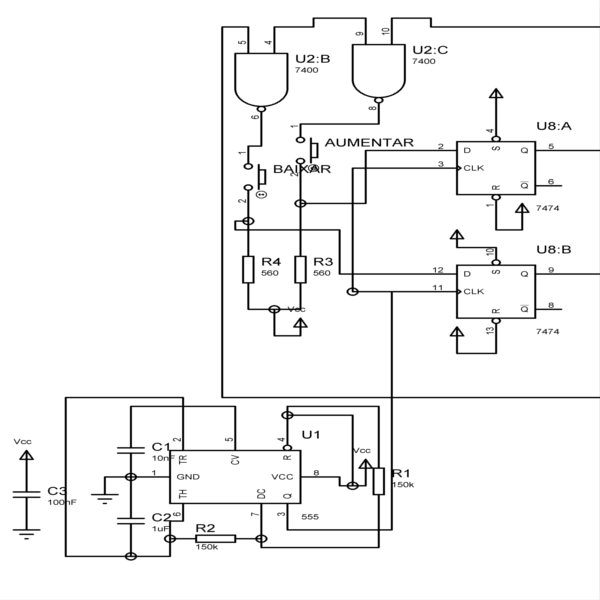


Figura - Filtro anti-repique.

## Circuito Contador Digital

Após o filtro anti-repique vem o contador digital, composto de um componente integrado 74193 responsável pela contagem de 0 a 15, um CI 7420 usado para bloquear os pulsos de *clock* no contador caso a contagem chegue no valor 15 e o CI 7432 que funciona igual ao anterior, porém, bloqueia o *clock* quando o valor de saída BCD do contador for zero.

A Figura 5 apresenta o circuito contador e seus componentes.

.

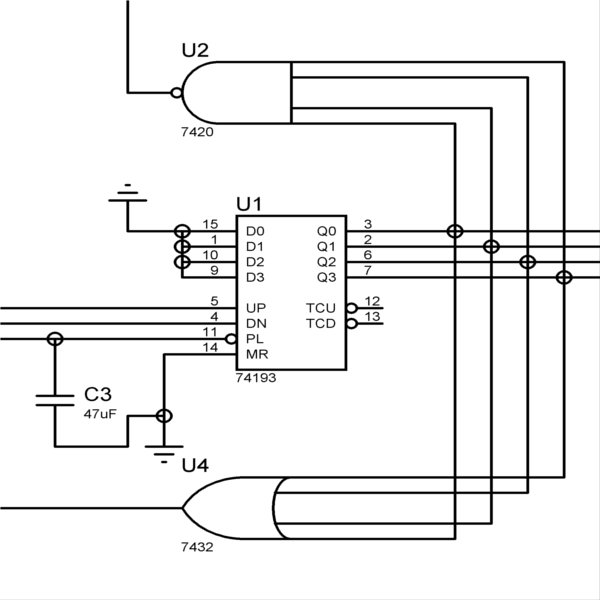


Figura - Circuito contador digital.

## Atenuador de Tensão

Esta etapa do controle de volume digital é caracterizada por toda sinalização analógica, fazendo a atenuação ou o ganho do sinal de entrada. O chaveamento digital/analógico é efetuado pelo CI 4067 que associa os resistores de acordo com a contagem BCD do contador digital, alterando o ganho do amplificador através de uma rede resistiva logarítmica. A Figura 6 apresenta o bloco de chaveamento analógico.

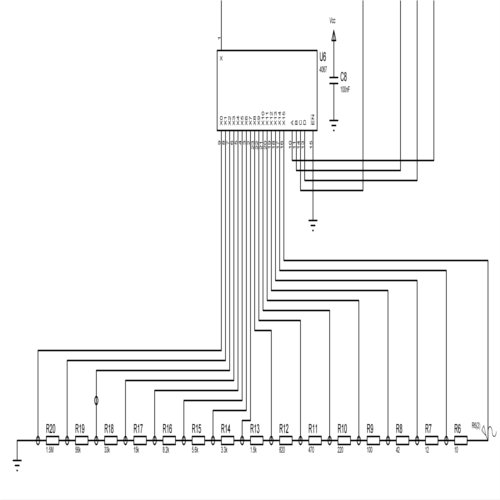


Figura - Atenuador de tensão.

# CIRCUITO DE PROTEÇÃO

O circuito de proteção permite que o alto falante não seja danificado por corrente continua. Além disso, o circuito também aciona um temporizador para conexão da saída, evitando, assim, ruídos indesejáveis e protegendo o alto falante dos transitórios que podem ocorrer quando o circuito é ligado.

## Bloco de Atraso

O MOSFET Q1, na Figura 7, começa a conduzir, alimentando a bobina, quando a tensão no GATE for de aproximadamente 2,5V. O GATE está ligado à tensão de alimentação através da divisão de tensão nos resistores R2, R3 e R4. O diodo D2 evita que C1 mantenha Q1 conduzindo quando a tensão de alimentação cair. Para evitar uma diminuição excessiva no atraso quando o amplificador for desligado e religado rapidamente, o diodo D3 garante a descarga de C1 quando a tensão de alimentação for metade do valor nominal. SPK é a saída para o alto falante e SGN2 é o sinal de áudio amplificador.



Figura - Diagrama esquemático do bloco de atraso.

## Bloco de Proteção DC

O circuito de proteção que a Figura 8 apresenta, desliga o relé quando a tensão DC na saída do amplificador for superior a +1,5V, fazendo com que Q3 entre em condução descarregando C1 através de R5 ou quando for inferior a -3,5 V, fazendo com que Q2 conduza, devido à tensão negativa no seu emissor, descarregando C1 através de R8 e R9. SGN1 é o sinal de áudio do amplificador.

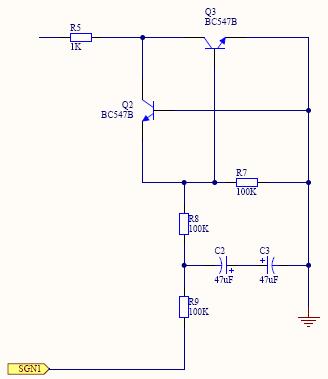


Figura - Diagrama esquemático do circuito de proteção DC.

# CIRCUITO *STANDBY*

A principal função do circuito *standby* é de ligar ou desligar todas as partes do amplificador. A Figura 9 apresenta o circuito esquemático onde o NE555 troca o seu estado de saída a cada vez que o botão (*push button*) é pressionado, com isso ele ativa ou desativa os relés que fornecem a tensão de alimentação para o restante do circuito.



Figura - Esquemático do circuito *standby.*

# CIRCUITO EQUALIZADOR

Em todo, ou qualquer sistema de amplificação de áudio, possui um bloco específico que permite que o usuário altere a curva de resposta em freqüência do sinal de áudio, para corrigir certas deficiências que alguns sistemas de alto-falantes possuem devido a sua não-linearidade. Este sistema é denominado circuito de equalização.

Para este projeto foi escolhido o componente BA3822LS que é um circuito integrado amplamente utilizado no comercio e que possui 2 canais de áudio com até 5 faixas de freqüência para cada canal. A freqüência de corte é dada pelos capacitores acoplados ao sistema juntos a cada amplificador operacional, que o integrado possui internamente, e os potenciômetros. A Tabela 1 abaixo apresenta as frequências de corte:

Tabela - Frequência de corte do BA3822LS.

|  |  |
| --- | --- |
| **Filtro** | **Frequência de corte (Hz)** |
| Grave | 100 |
| Médio Grave | 300 |
| Médio | 1000 |
| Médio Agudo | 3000 |
| Agudo | 10000 |

A Figura 10 apresenta o circuito elétrico do equalizador que foi retirado do *datasheet* do componente BA3822LS.



Figura - Circuito elétrico do equalizador de 5 bandas.

# SISTEMA AMPLIFICADOR

Amplificador é parte do circuito que, com uma pequena quantidade de energia, controla uma quantidade maior. Neste caso, o amplificador aumenta o sinal de uma fonte sonora, disponibilizando na saída 10W RMS para uma carga de 8 Ohms.

A Figura 11 apresenta o esquemático da estrutura amplificadora.

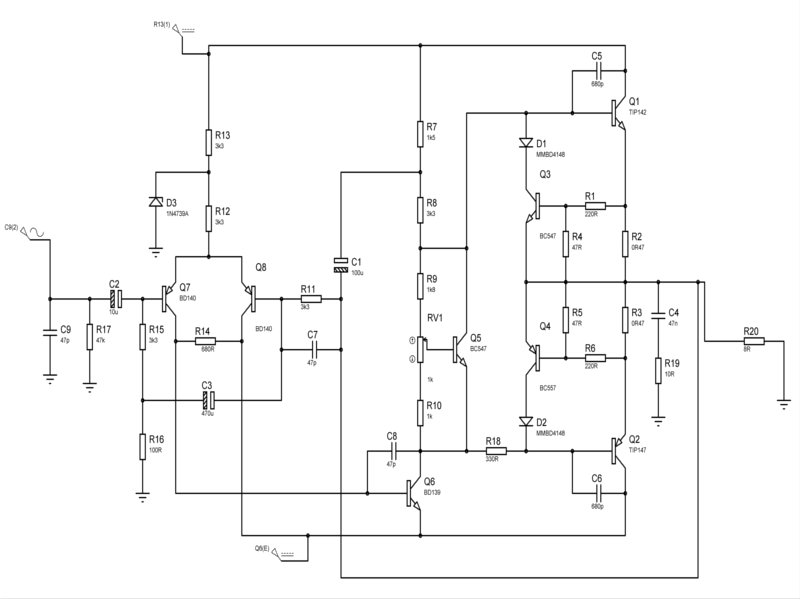


Figura - Estrutura amplificadora.

O amplificador é divido em 5 etapas:

* Amplificador diferencial: Tem a função de amplificar a diferença entre a entrada e a realimentação.
* Amplificador de tensão: Bloco que amplifica a tensão que será usada nos blocos seguintes.
* Balanceamento de Tensão: Sincronizar a onda senoidal para a etapa de potência.
* Realimentação: Define o ganho em malha fechada da estrutura e garante uma estabilidade ao sistema.
* Amplificador de potência: Responsável por manter a corrente necessária para que não ocorra uma baixa tensão na carga.

## Resultados Práticos

Agora serão apresentados os resultados práticos adquirido com medidas realizadas no amplificador.

A Tabela 2 apresenta o teste de temperatura por carga durante um período de tempo. Na primeira medição não foi utilizado carga, na segunda medição foi adicionado uma carga de . Na seguinte foi usada uma carga de e por fim uma carga de .

Tabela - Teste de Temperatura x Carga.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tempo (minutos)** | **Elemento** | **Carga** | **Temperatura (ºC)** |
| 0 – 5 | MOSFET1 | Sem carga | 25 |
| MOSFET2 | 25,5 |
| 6 – 10 | MOSFET1 | 27Ω | 28 |
| MOSFET2 | 27 |
| 11 – 15 | MOSFET1 | 13,5Ω | 36 |
| MOSFET2 | 36,5 |
| 16 – 20 | MOSFET1 | 6,75Ω | 43 |
| MOSFET2 | 44 |

Como todo amplificador sonoro trabalha em uma faixa de frequência audível ( a ) deve-se então garantir uma linearidade de ganho durante toda essa faixa. Para obter resposta em frequência do amplificador foram executadas duas etapas: simulação e análise prática. A Figura 12 abaixo apresenta a resposta em frequência do circuito amplificador simulado no *software* Proteus. É possível verificar que dentro da faixa de áudio o ganho permaneceu praticamente linear e o mesmo aconteceu na parte prática, como é apresentado na Tabela 3.

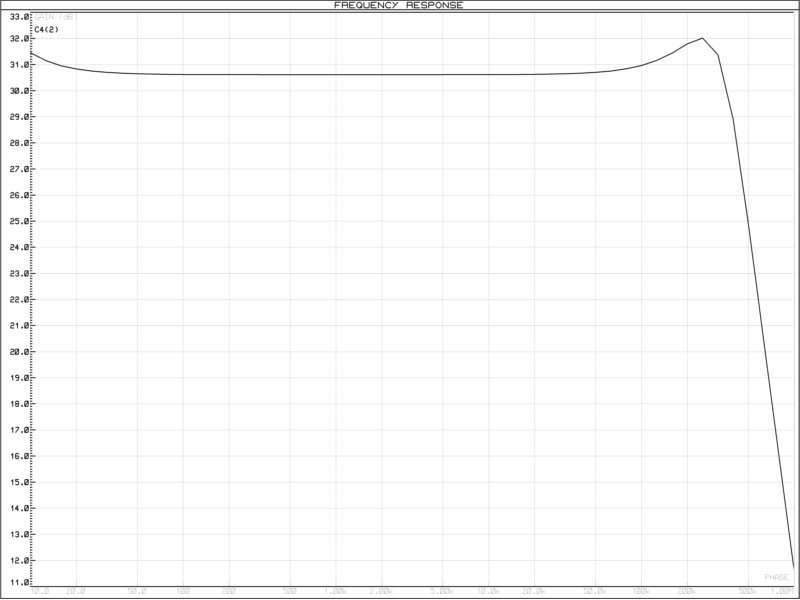


Figura - Simulação do ganho do amplificador.

Tabela - Levantamento da curva Ganho X Frequência.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Frequência (Hz)** | **Vi (mV)** | **Vo (V)** | **Av (dB)** |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 400 | 13 | 30,24 |
| 20 | 400 | 13 | 30,24 |
| 100 | 400 | 13 | 30,24 |
| 500 | 400 | 13 | 30,24 |
| 1000 | 400 | 13 | 30,24 |
| 3000 | 400 | 13 | 30,24 |
| 5000 | 400 | 13 | 30,24 |
| 7000 | 400 | 13 | 30,24 |
| 10000 | 400 | 13 | 30,24 |
| 13000 | 400 | 13 | 30,24 |
| 15000 | 400 | 13 | 30,24 |
| 20000 | 400 | 13 | 30,24 |
| 23000 | 400 | 13 | 30,24 |
| 25000 | 400 | 13 | 30,24 |
| 30000 | 400 | 13 | 30,24 |

# FONTE DE ALIMENTAÇÃO

Uma das partes mais importantes de qualquer sistema eletrônico é a fonte de alimentação, onde a tensão disponibilizada pelas centrais elétricas na forma de tensão alternada pode ser processada, alterando seu nível energético.

No PI - 1 foi utilizada a tensão da rede elétrica de RMS e depois convertemos, para as tensões ( e ), e .

Na Figura 13 é apresentado o esquema elétrico da fonte de alimentação. A tensão de entrada passa por um transformador que faz a relação de conversão de 220:15 para o circuito, logo depois essa tensão é retificada pelos diodos e filtrada pelos capacitores para gerar um *ripple* desprezível. Depois de filtrar foram usados reguladores 7815, 7915, 7812 e 78-5 que fornecem respectivamente e .

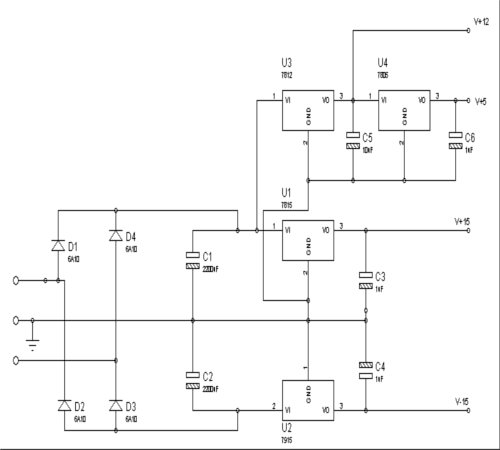


Figura - Esquemático da fonte de alimentação.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto integrador é uma ferramenta que proporciona aos alunos a aplicação prática do conteúdo apresentado em sala de aula, trabalho em grupo, organização e metodologia.

Foi estipulado um cronograma próprio com divisão de tarefas, o que garantiu a apresentação dos trabalhos nas datas previstas, mesmo que com alguma dificuldade, devido a pouca disponibilidade de tempo para o PI e concorrência com as matérias do semestre.

A maior dificuldade encontrada foi na confecção das placas e do gabinete O objetivo desde o inicio foi projetar bem os circuitos, simulá-los e efetuar a verificação para garantir o funcionamento antes da montagem, desta forma, eventuais problemas que aparecessem seriam primeiramente considerados erro na montagem ou algum componente danificado. Assim, garantimos a qualidade e confiabilidade do produto.

# REFERÊNCIAS

BOGART JR., T. F. **Dispositivos e circuitos eletrônicos.** São Paulo: Makron Books, v. II, 2001.

BOYLESTAD, R. L.; NASHELSKY, L. **Introdução a análises de circuitos**. 6ª Edição. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 1999.

SELF, D. ***Audio power amplifier design handbook***. 3ª Edição. ed. [S.l.]: Newnes, 2002.

SLONE, R. G. ***High-power audio amplifier construction manual – 50 to 500***. [S.l.]: McGraw-Hill, 1999.