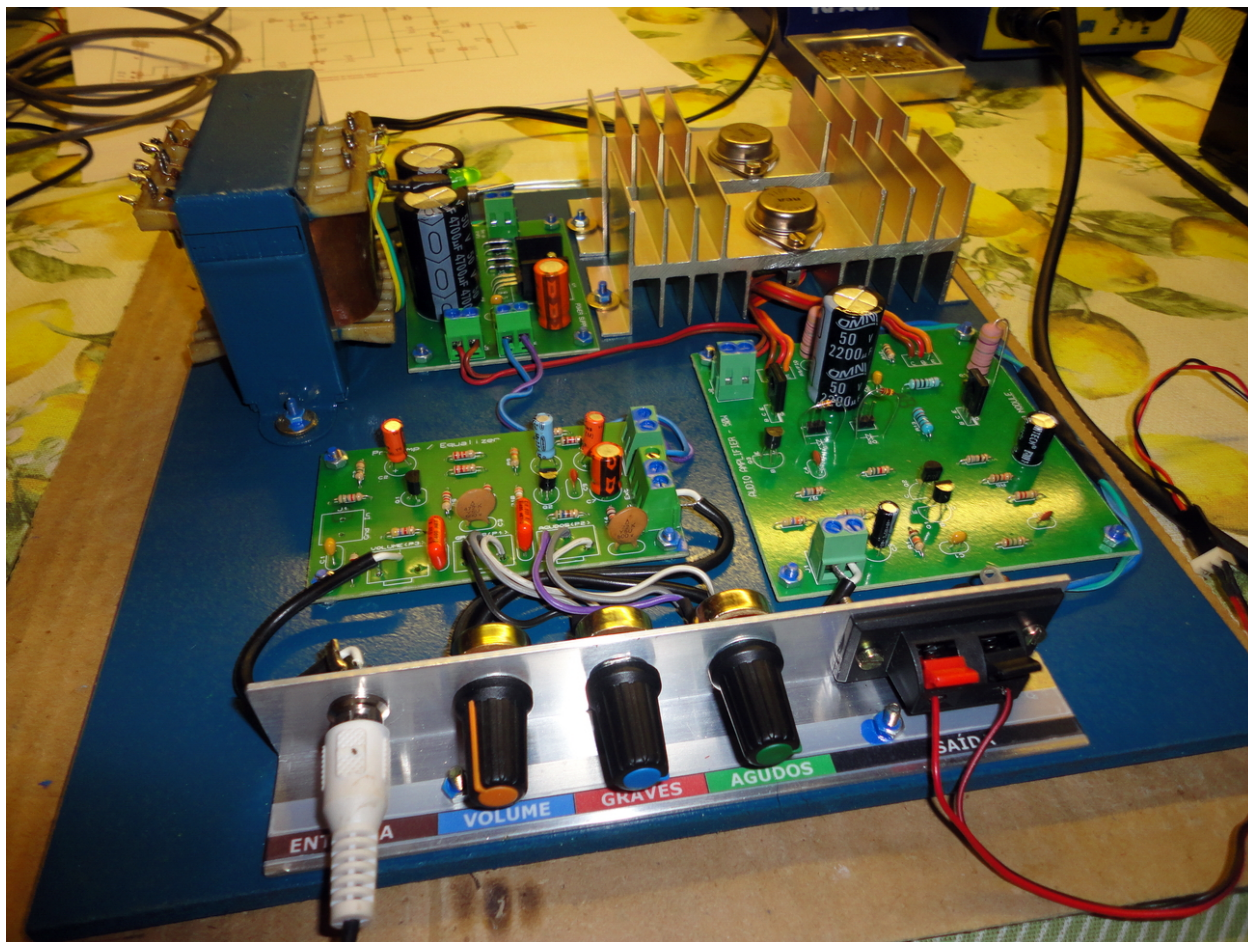


## Amplificador de áudio 50 watts

Projeto de um amplificador de áudio de 50 watts de baixo custo e ótimo desempenho.

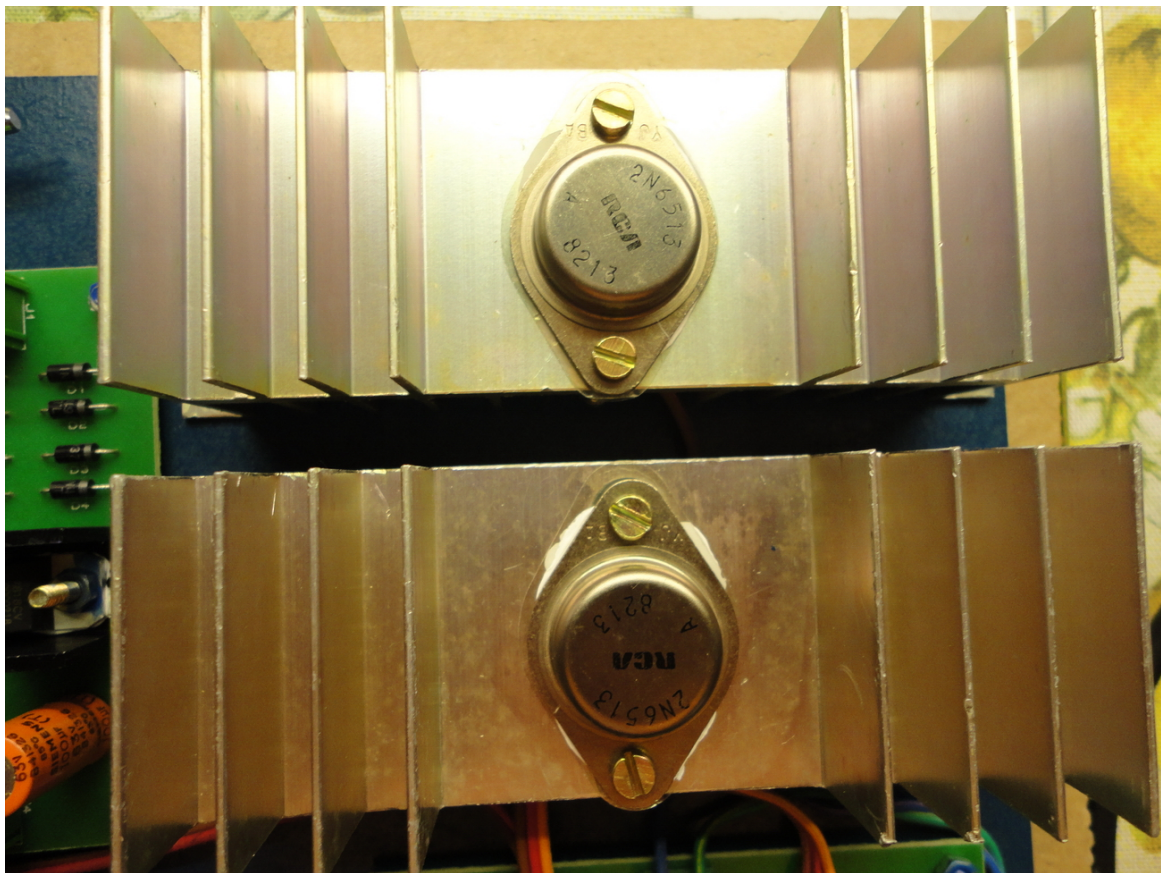
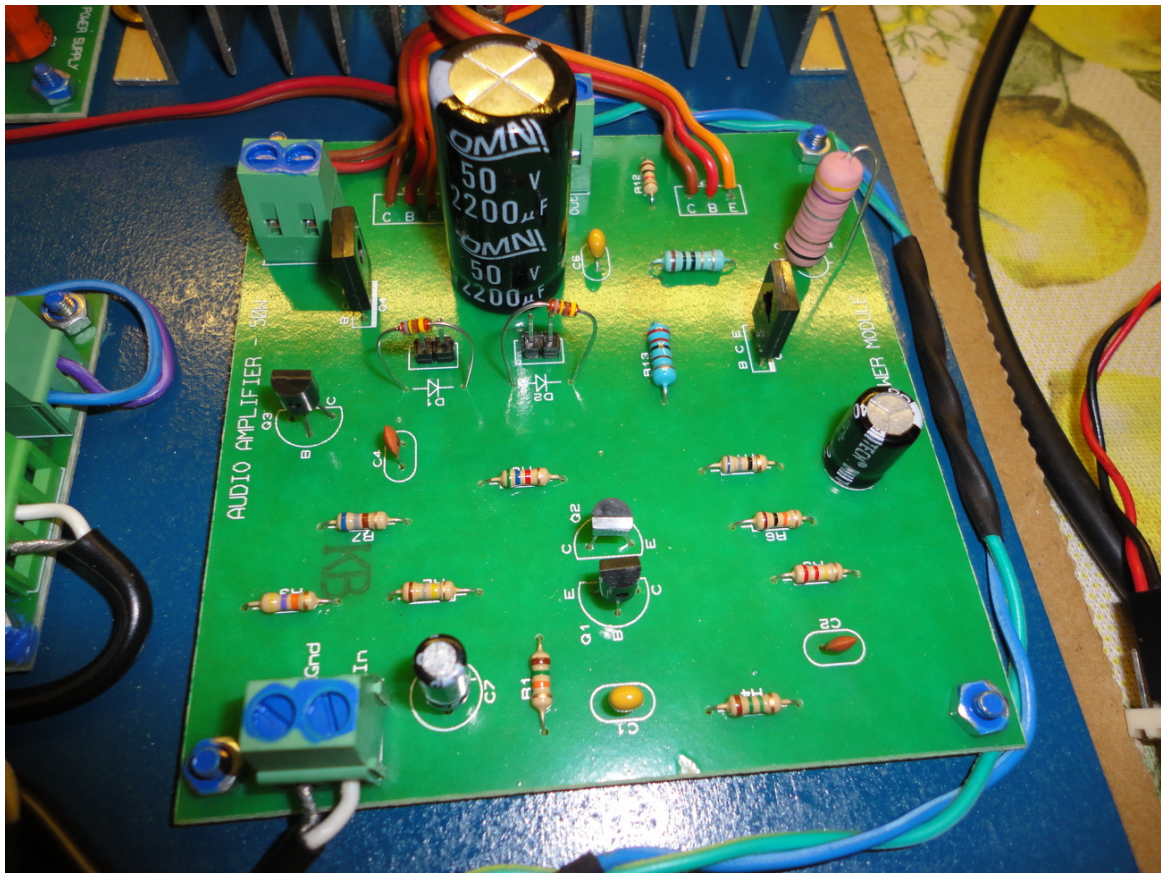
O presente projeto inclui o módulo de potência, módulo de fonte de alimentação e módulo de equalização com controles de graves e agudos.

Veja abaixo a visão geral do amplificador montado, para fins didáticos. O mesmo poderá ser acondicionado em um gabinete adequado para uso doméstico.



### Módulo de potência:

Parâmetros	Carga de 4Ω	Carga de 8Ω
Tensão de alimentação	45V	45V
Impedância de carga	4Ω	8Ω
Potência com 10% de distorção (1kHz)	52W	31W
Potência nominal	50W	30W
Consumo de corrente sem sinal	15mA	15mA
Consumo de corrente com potência nominal	1,68A	0,94A
Sensibilidade (início de ceifamento)	200mV	210mV
Impedância de entrada	100kΩ	100kΩ
Resposta de frequência (- 3dB)	30Hz a 30kHz	30Hz a 30kHz
Relação sinal/ruído	90dB	90dB

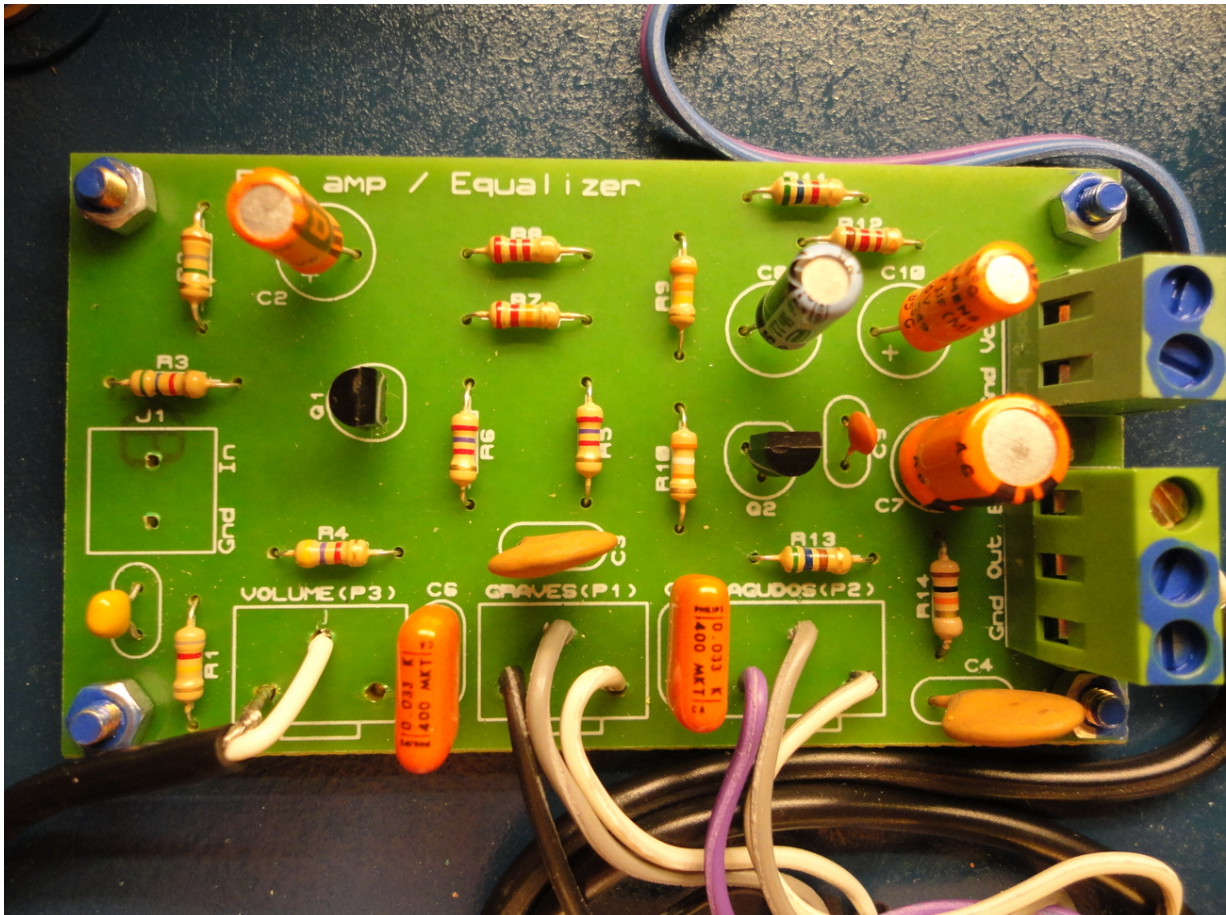


Um bom dissipador de calor é necessário para evitar o sobreaquecimento dos transistores de saída, evitando assim, danos ao módulo de potência.

## Equalizador – pré amplificação:

Trata-se de um amplificador de tensão convencional (do tipo universal) com as seguintes características:

- Impedância de entrada: 50k ohms
- Impedância de saída típica: 100k ohms
- Tensão de alimentação: 9 a 19 volts
- Consumo: 0,8mA (tensão de 9V) e 1,3mA (tensão de 19V)
- Tensão nominal na saída: 250mV
- Tensão máxima na saída: 2 a 3V (2V valor típico)



## Fonte de alimentação:

O ponto mais importante de um amplificador é a fonte de alimentação, que deverá suprir tensão e corrente suficientes para um bom desempenho.

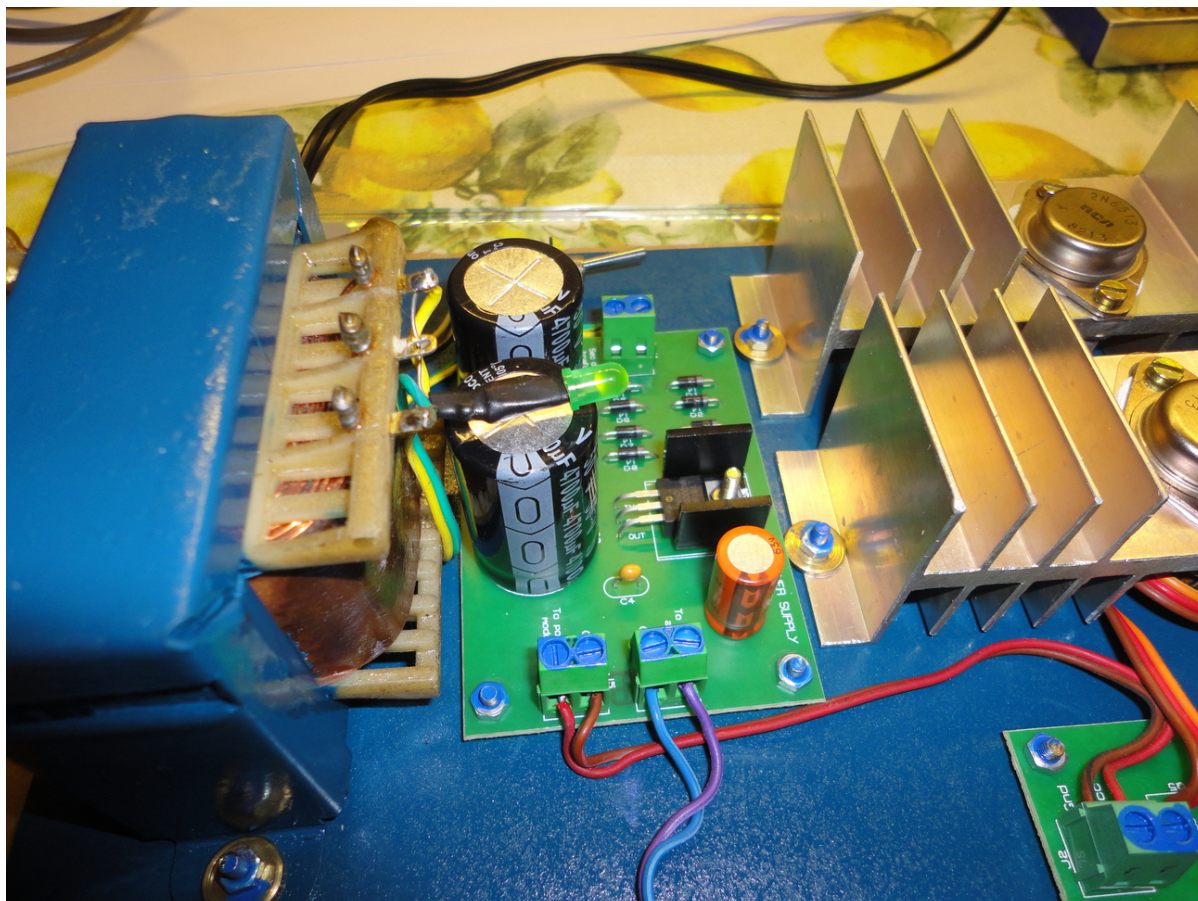
A figura a seguir detalha a fonte de alimentação, cuja retificação é do tipo de onda completa, em ponte. Para o nosso amplificador, a tensão de alimentação é de:

- 45 volts para o módulo de potência
- 18 volts para o pré (equalizador)

Assim, o transformador deverá ter uma tensão de secundário de 33 volts e fornecer uma corrente de 1,8 ampères para a versão monofônica.

Um transformador que forneça 2 ampères (especificação normalmente encontrada no comércio) atende plenamente as exigências do projeto (versão monofônica).

Para a versão de 2 canais (estereofônica) e capacidade de fornecimento de corrente do transformador deve dobrar.

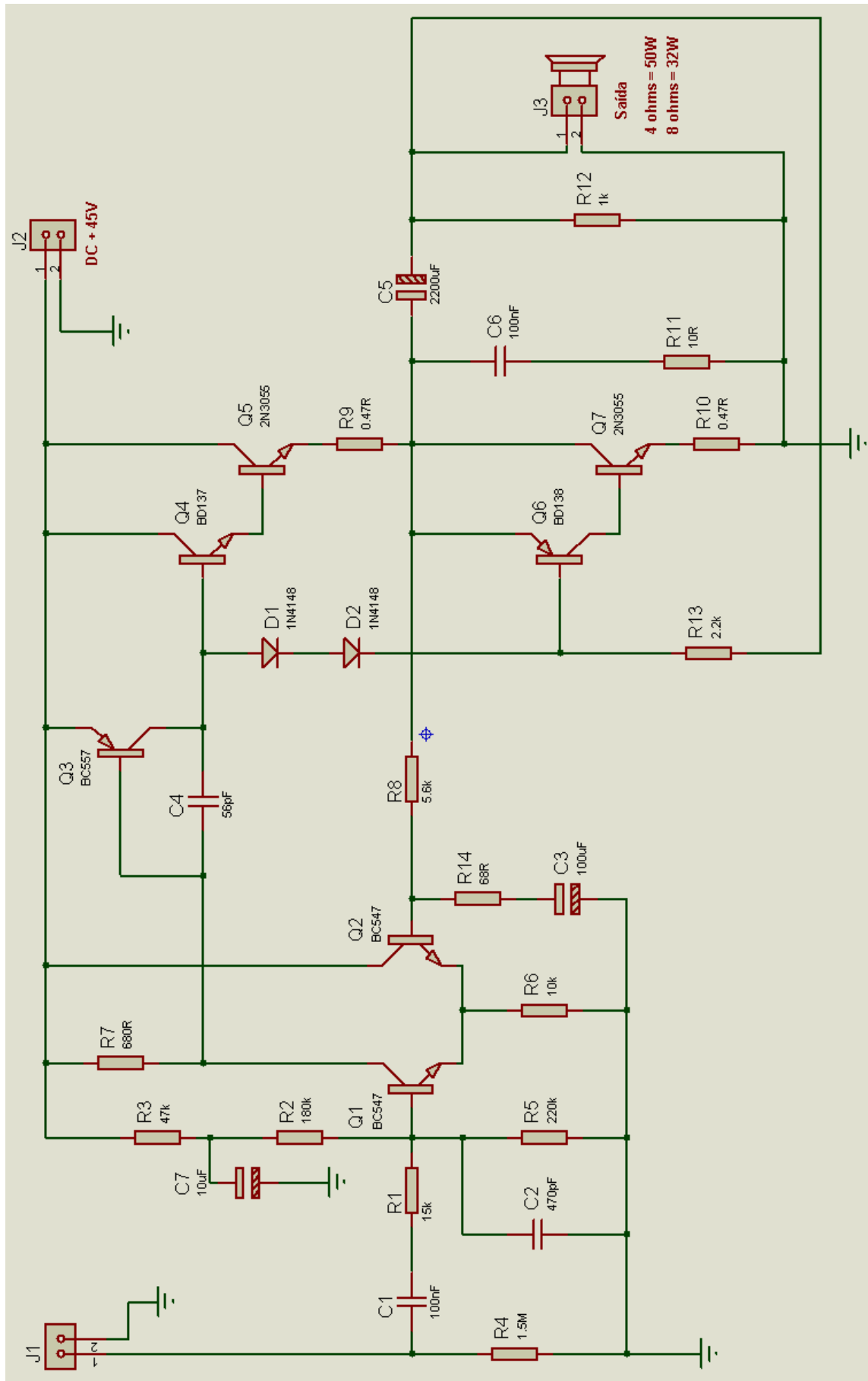


**Detalhes do painel para entrada de sinal, controle de volume e de tonalidade e saída do sinal para alto-falante:**

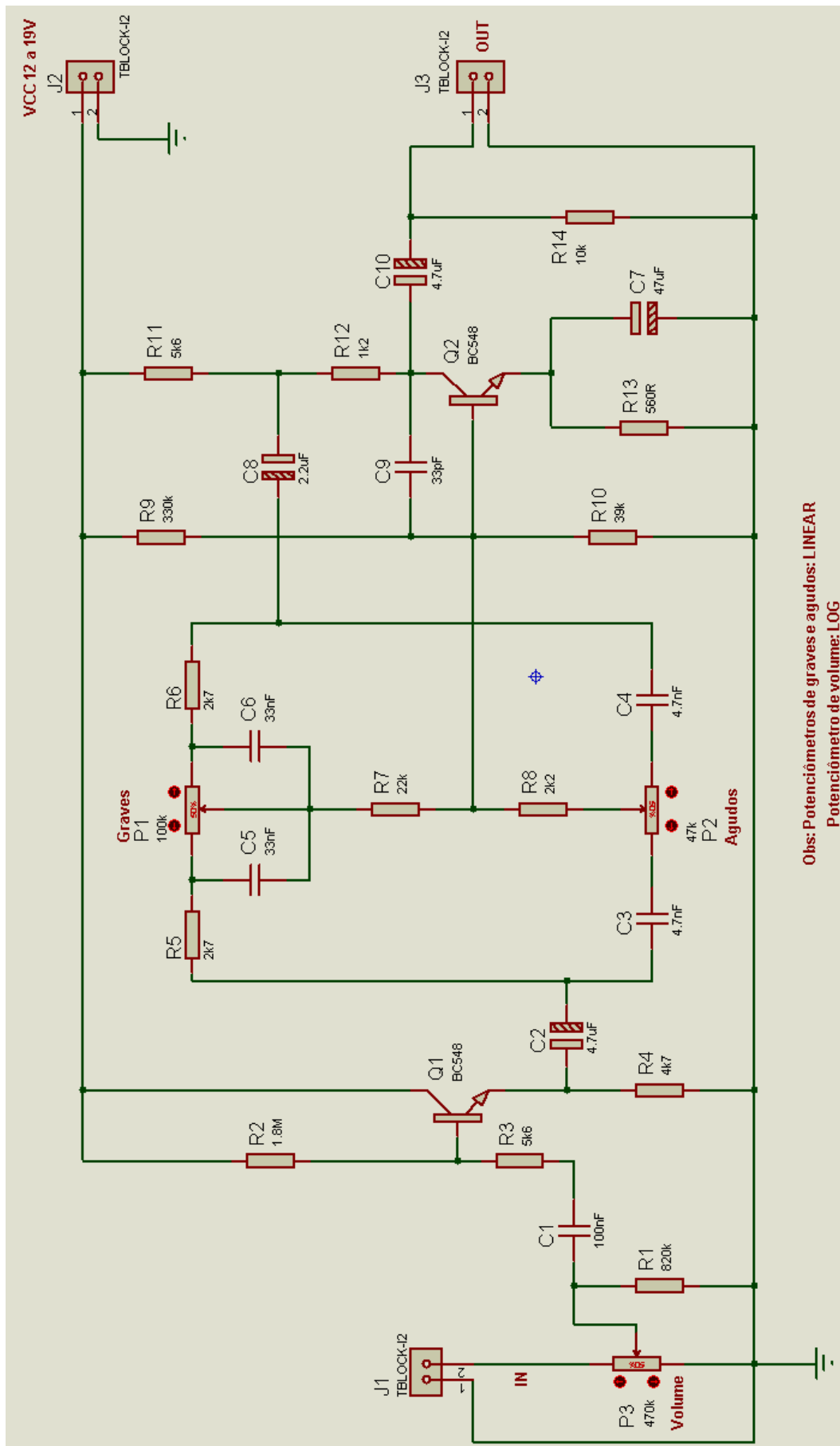


Para evitar ruídos indesejáveis, como por exemplo zumbido da frequência da rede, é recomendável usar sempre fio blindado para a entrada e saída do sinal. A blindagem deve ser ligada preferencialmente em um único ponto, geralmente “ponto de terra” na entrada do sinal.

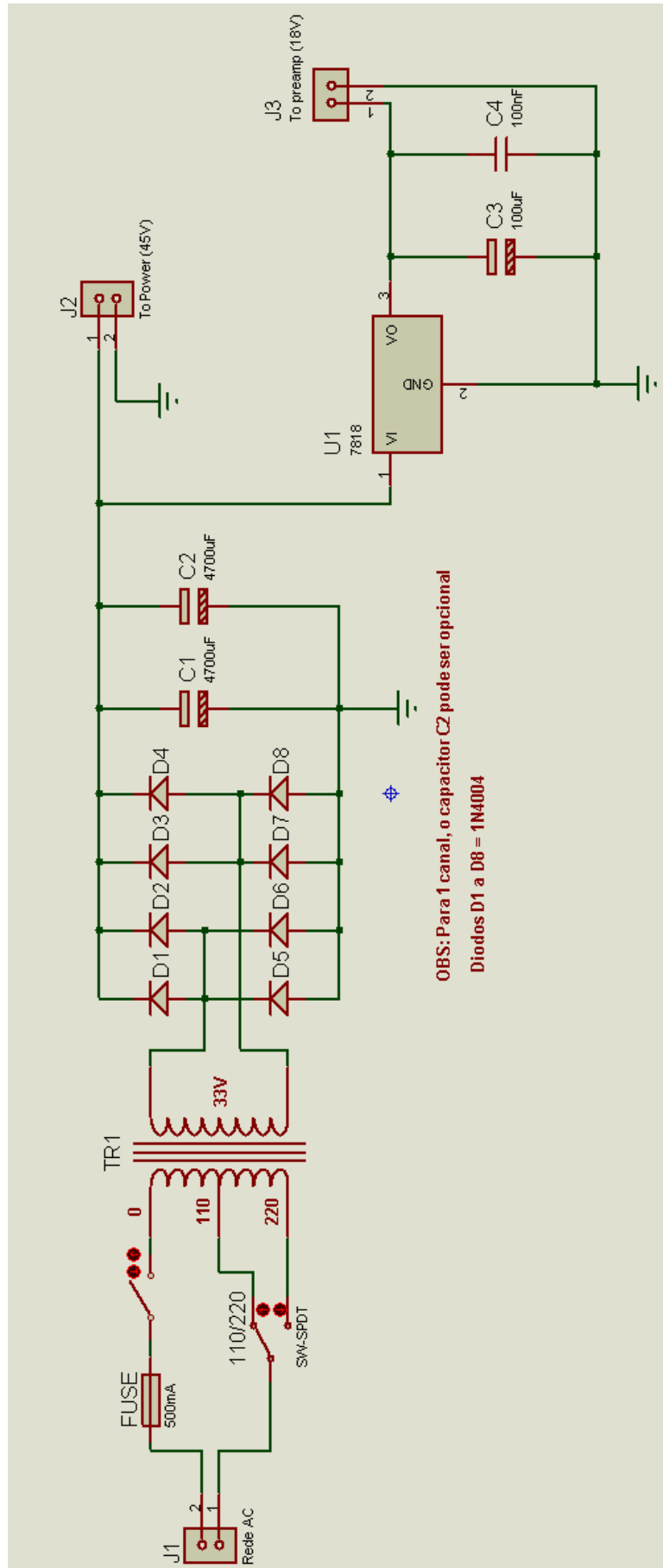
# ESQUEMA DO MÓDULO DE POTÊNCIA:



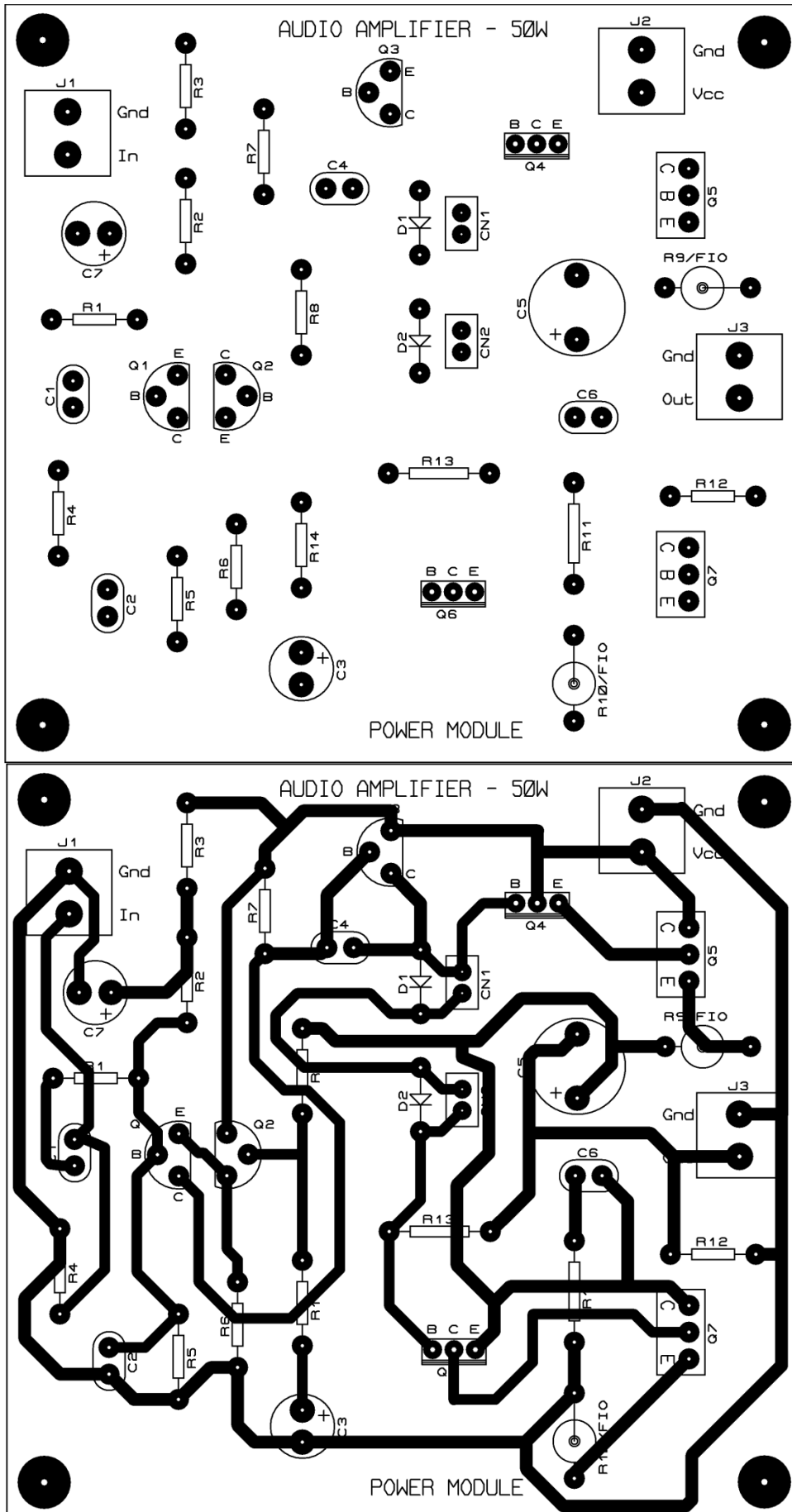
# ESQUEMA DO PRÉ/EQUALIZADOR:



# ESQUEMA DA FONTE DE ALIMENTAÇÃO:



Layout da placa do módulo de potência:





## Breve descrição de funcionamento:

1) Q1 e Q2 formam uma entrada de alta impedância, sendo essa configuração conhecida como entrada diferencial

2) O resistor R3 e o capacitor C7 tem como objetivo desacoplar o estágio de entrada dos demais, além do que, o capacitor C7 tem uma importante função de eliminar possíveis oscilações de baixa frequência, auxiliando na filtragem da tensão de alimentação proveniente da fonte.

3) O transistor Q3 é responsável pela excitação dos transistores Q4 e Q6 que formam um par complementar (NPN e PNP respectivamente). Observe que o coletor de Q3 excita a base de Q4 e Q6.

4) A diferença das tensões nas bases desses transistores fica por conta dos diodos D1 e D2, que são diodos de sinal, sensíveis a temperatura.

Quando o conjunto é montado em um gabinete é aconselhável que esses diodos fiquem colados ao dissipador dos transistores de saída Q5 e Q7.

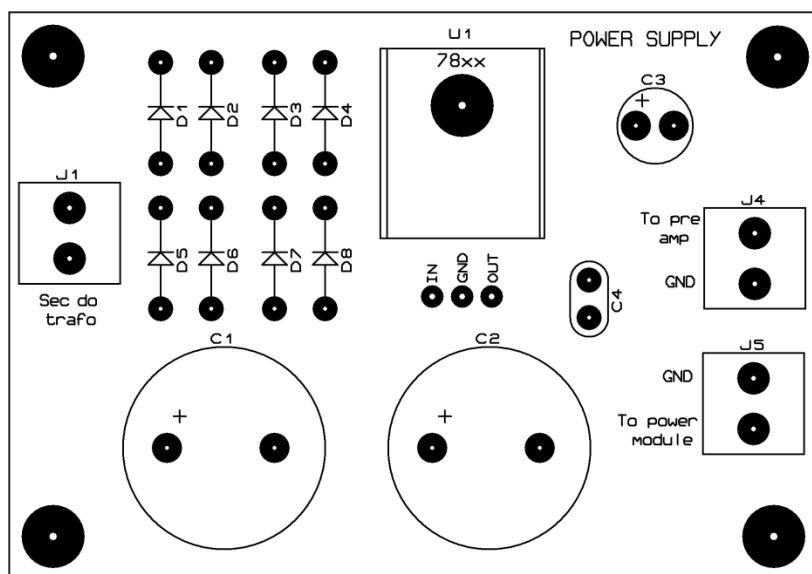
Devido ao aquecimento poderá ocorrer uma instabilidade na polarização de Q5 e Q7, é aí então, que os diodos D1 e D2 tem uma função muito importante que é de "estabilização térmica", a qual reflete diretamente nos transistores de saída Q5 e Q7.

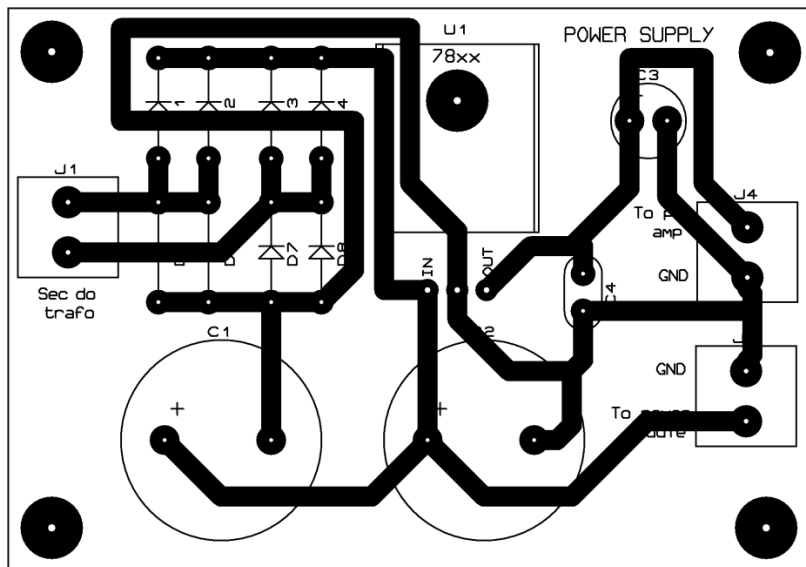
Para isso foram inseridos no circuito os conectores CN1 e CN2 que estão em paralelo com os diodos.

5) O estágio de saída opera em classe B, e utiliza dois transistores de saída de mesma polaridade e idênticos (NPN). Essa característica é denominada "*Operação em classe B em simetria quase complementar*".

6) Uma característica importante desse módulo de potência é a sua resposta de frequência que vai de 30Hz até 30kHz. Para isso, existe um elo de realimentação formado pelos resistores R8 e R14 em conjunto com o capacitor C3.

## Layout da placa da fonte de alimentação:





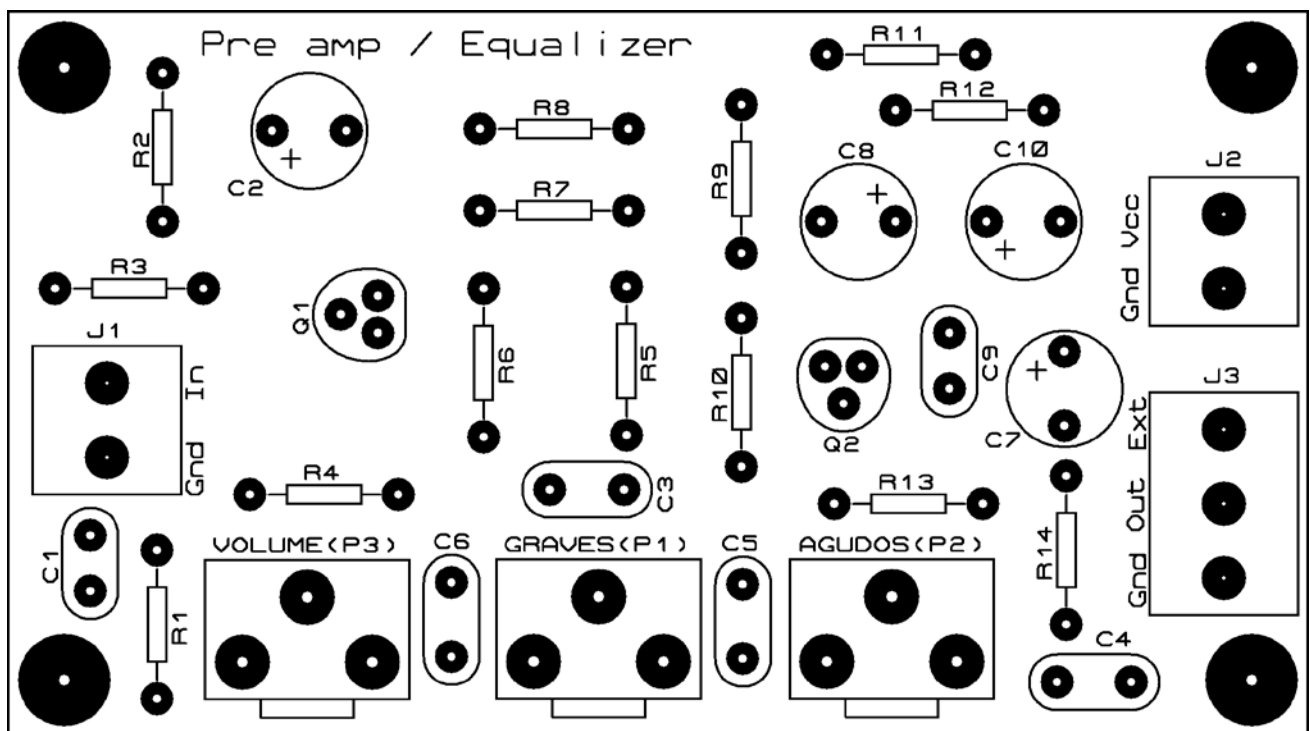
Conforme dito anteriormente, trata-se de uma fonte convencional com retificação de onda completa em ponte.

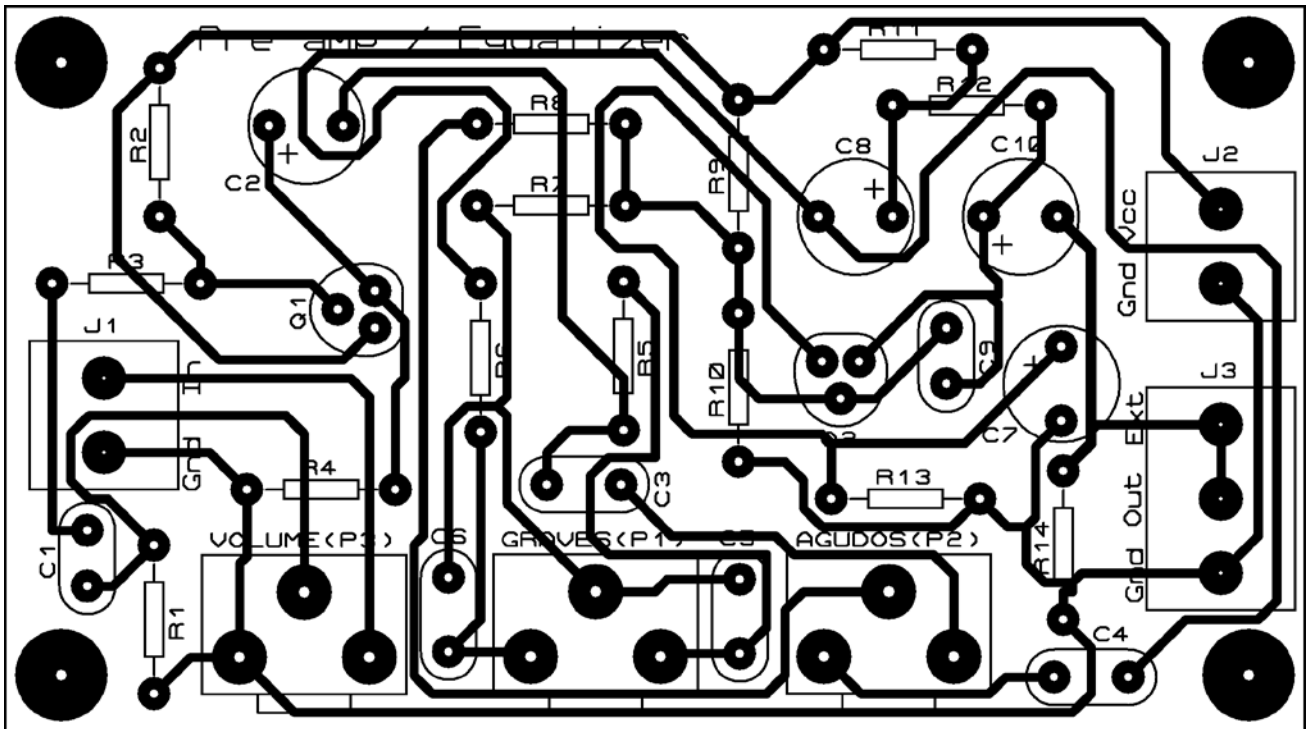
Os capacitores C1 e C2 são de 4.700uF cada, porém no caso da montagem monofônica, um dos capacitores pode ser dispensado.

A fonte prevê também um regulador de tensão de 18 volts (LM7818), que fornece corrente suficiente para o módulo equalizador, seja em montagem em 1 ou 2 canais.

O fusível de proteção para entrada AC, pode ser da ordem de 500mA para versão monofônica e da ordem de 1A para versão dois canais.

### Layout do equalizador/pré:

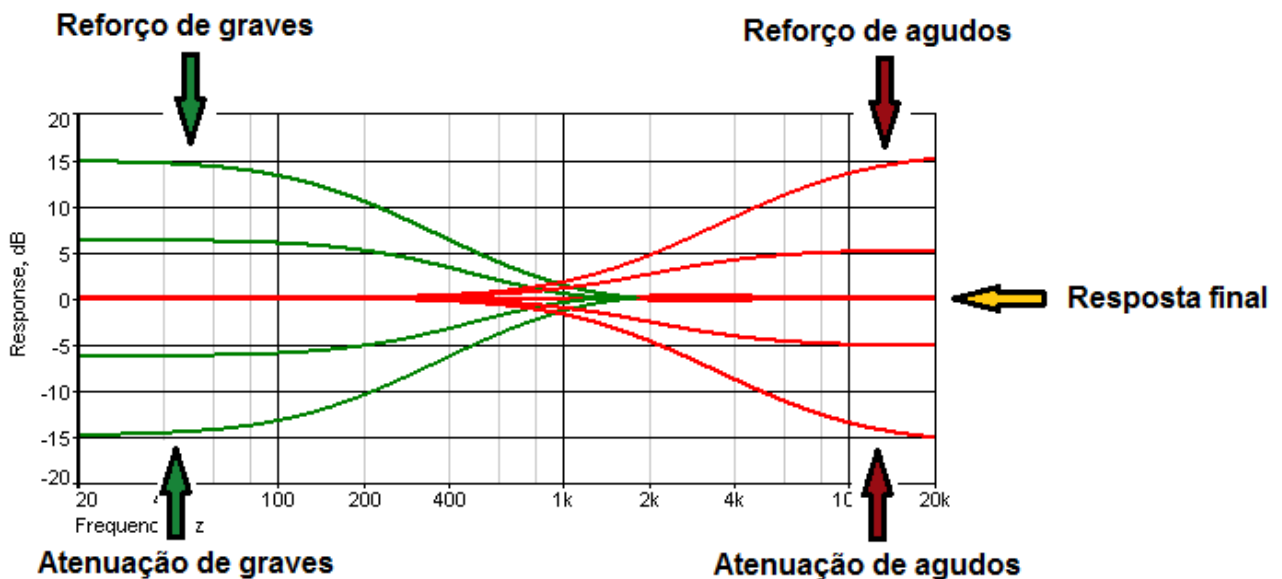




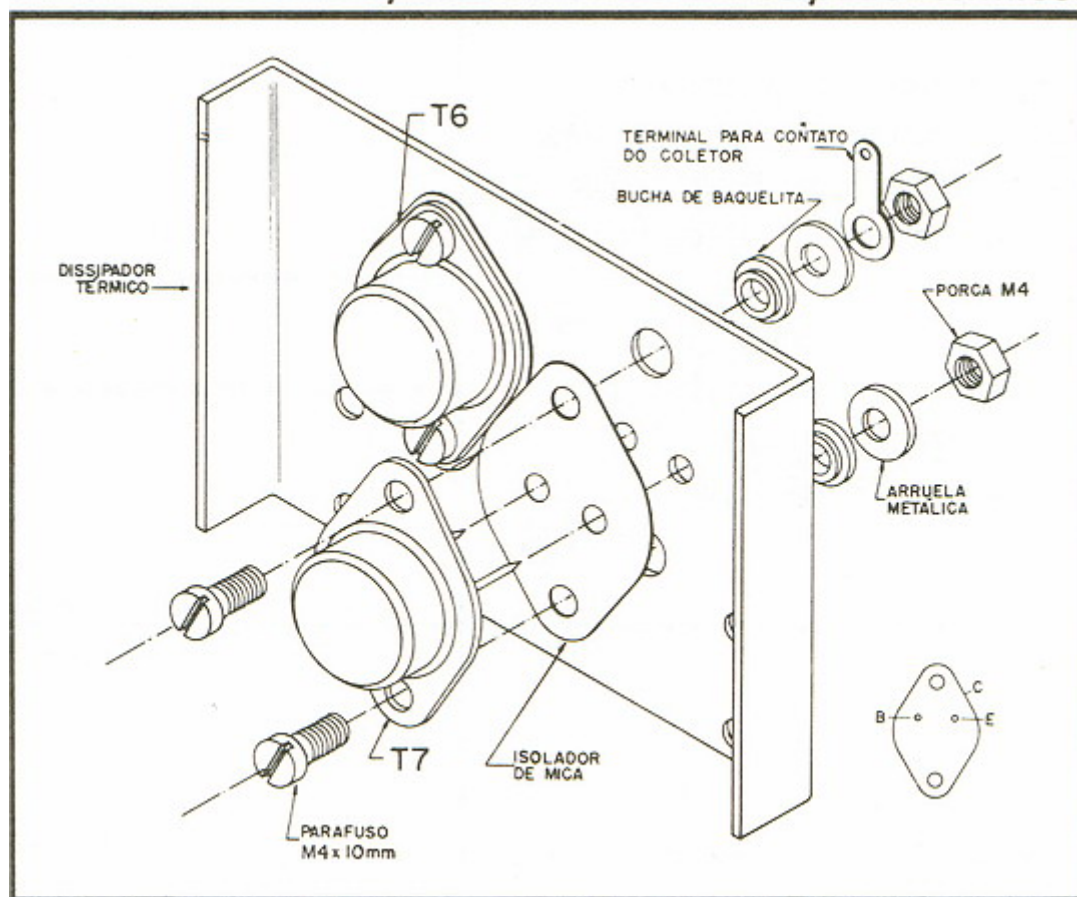
A característica importante desse pré-amplificador é o seu circuito de controle de tom do tipo "baxandall". O criador desse tipo de controle de tonalidade foi Peter J. Baxandall, que em 1952 realizou vários testes com circuitos valvulados. Observa-se que se trata de controle através de "rede RC" que o caracteriza como "circuito passivo".

Esse circuito permite um controle de tonalidade independente para graves e agudos, que podem ser atenuados ou realçados, fornecendo na saída uma resposta linear bastante aceitável.

Embora esse controle de tom seja do tipo passivo, os transistores Q1 e Q2 garantem que não haja perda de amplitude de sinal, proporcionando na saída (Q2) um pequeno ganho de sinal. A figura abaixo mostra um gráfico característico desse tipo de controle de tonalidade:



## DETALHES DA FIXAÇÃO DOS TRANSISTORES DE SAÍDA DO MÓDULO DE POTÊNCIA NO DISSIPADOR DE CALOR (SOMENTE PARA TRANSISTOR COM CASE TIPO TO-3)



É importante observar a boa fixação do transistor de saída no dissipador, para garantir uma ótima transferência térmica.

Para isso é aconselhável usar pasta térmica nas duas faces da mica isolante.

O formato do dissipador não precisa ser exatamente como mostra a figura, mas o importante é que tenha a furação adequada para o case do tipo TO-3.

### SUGESTÃO PARA LIGAÇÃO DE UM LED INDICADOR

A figura a seguir mostra uma sugestão para a ligação de um piloto indicador de ligação.

No secundário do transformador temos a ligação de um diodo led em série com um diodo retificador comum (1N4001) e um resistor de 910 ohms para limitar a corrente no led.

Daí temos:  $33 \times 1,41 \times 0,318 = 14,8$  volts retificados

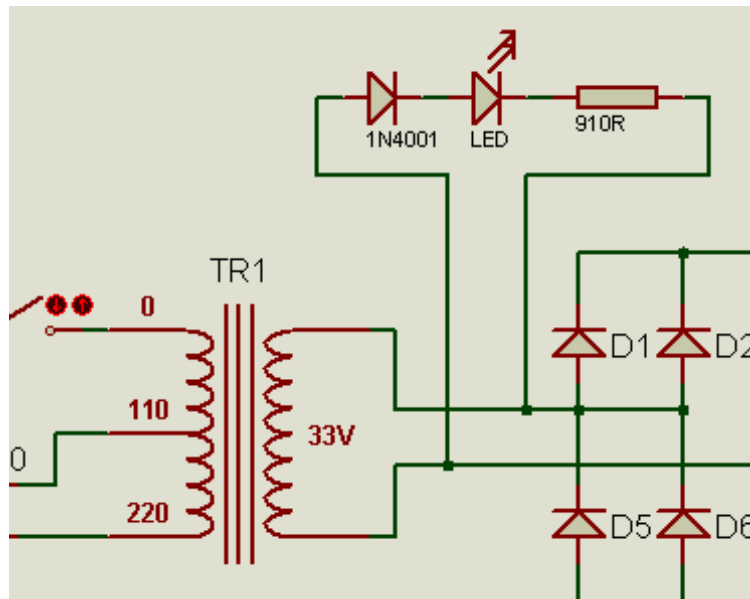
Admitindo uma corrente no led de 15mA sob uma tensão de 1,8 volts (valores típicos para led vermelho de 5mm), podemos calcular o valor do resistor:

$$14,8 - 1,8 = 13 \text{ volts}$$

$$R = 13 \text{ volts}/15\text{mA} = 867 \text{ ohms}$$

$$P = I^2 \cdot R = (15\text{mA})^2 \cdot 867 \text{ ohms} = 195,08\text{mW}$$

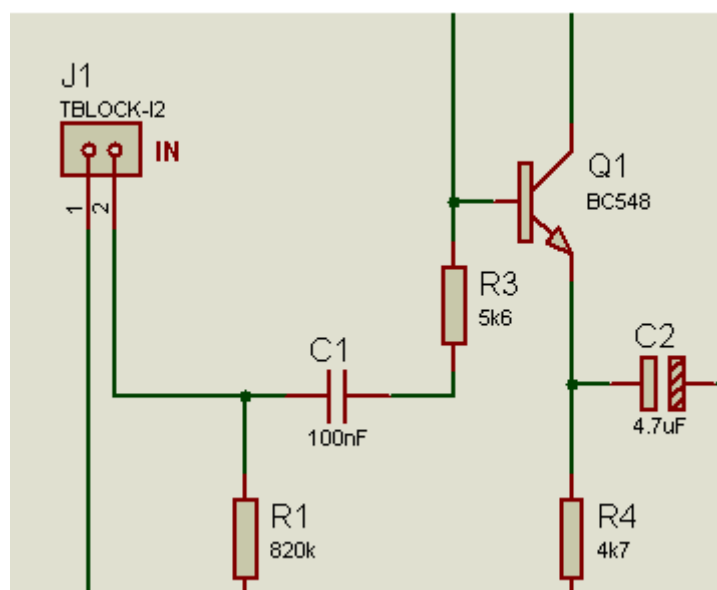
Portanto, um resistor de 910 ohms (valor comercial) de 1/4W atende os requisitos.



### OPÇÃO PARA LIGAÇÃO DO PRÉ-AMPLIFICADOR AO MÓDULO DE POTÊNCIA

Levando-se em conta que o módulo equalizador/pré-amplificador foi desenvolvido para fins didáticos, especificamente para análise gráfica da atuação dos filtros RC, veja uma opção para ligação deste ao módulo de potência de maneira simples e funcional, a qual foi adotada na montagem que objetivou este tutorial.

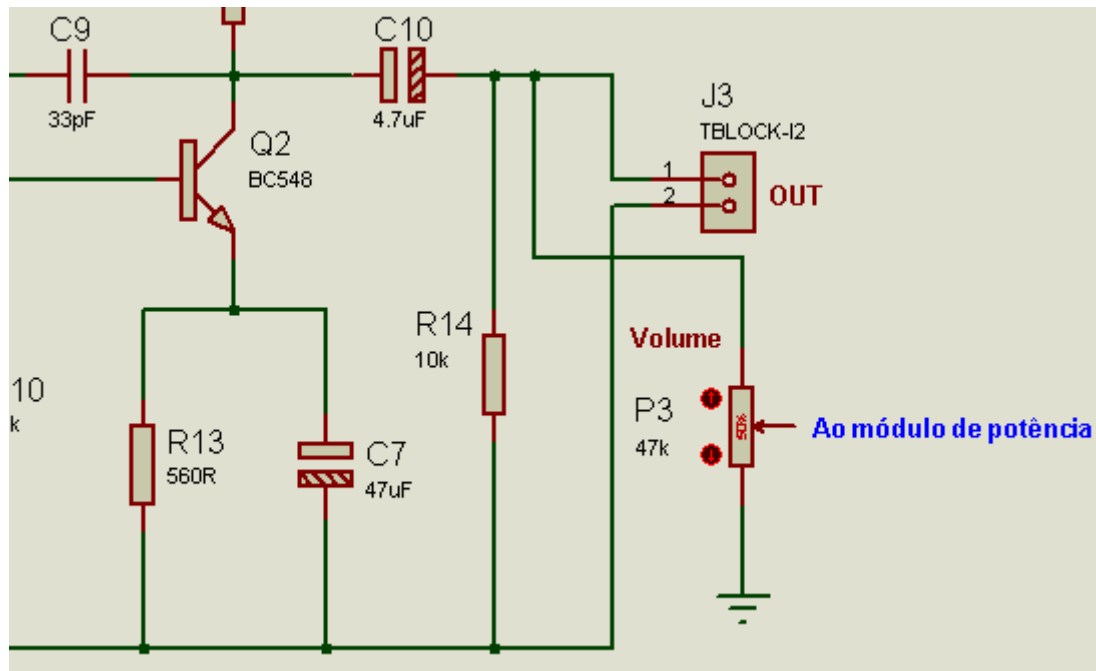
A entrada de sinal é ligada diretamente na junção R1, C1 e assim sendo, elimina-se o potenciômetro de volume R3.



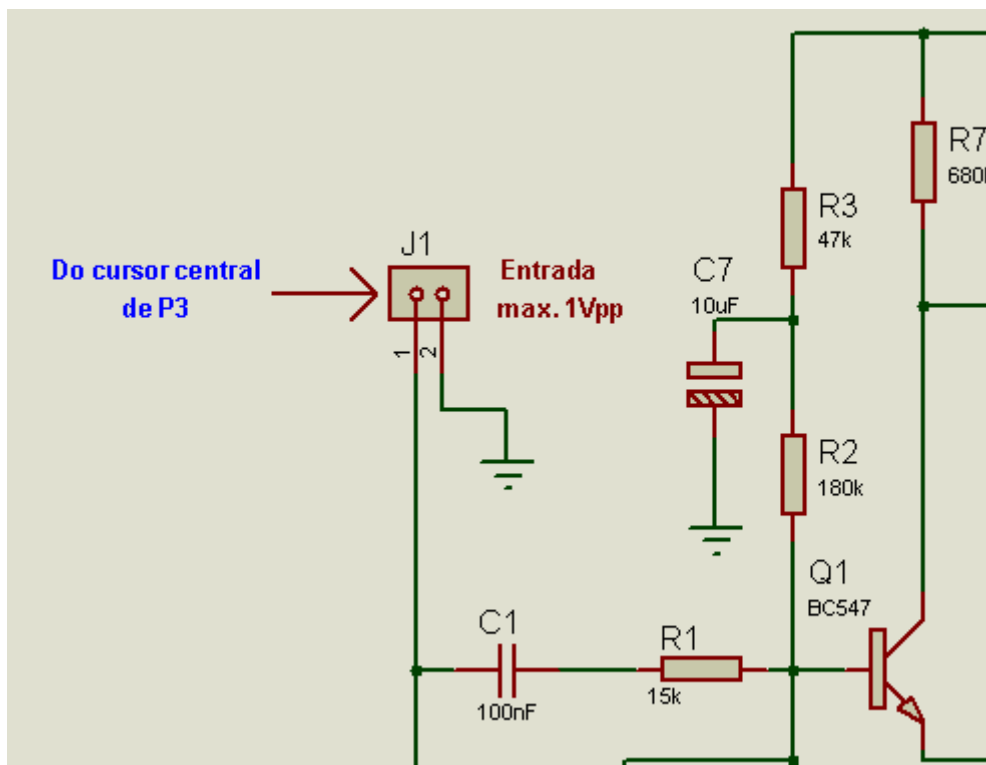
Assim, o potenciômetro de volume P3 é ligado diretamente na saída do pré-amplificador.

Conforme ilustra a figura abaixo, observe que o potenciômetro de 470k foi substituído por um de 47k para um casamento de impedâncias mais eficiente.

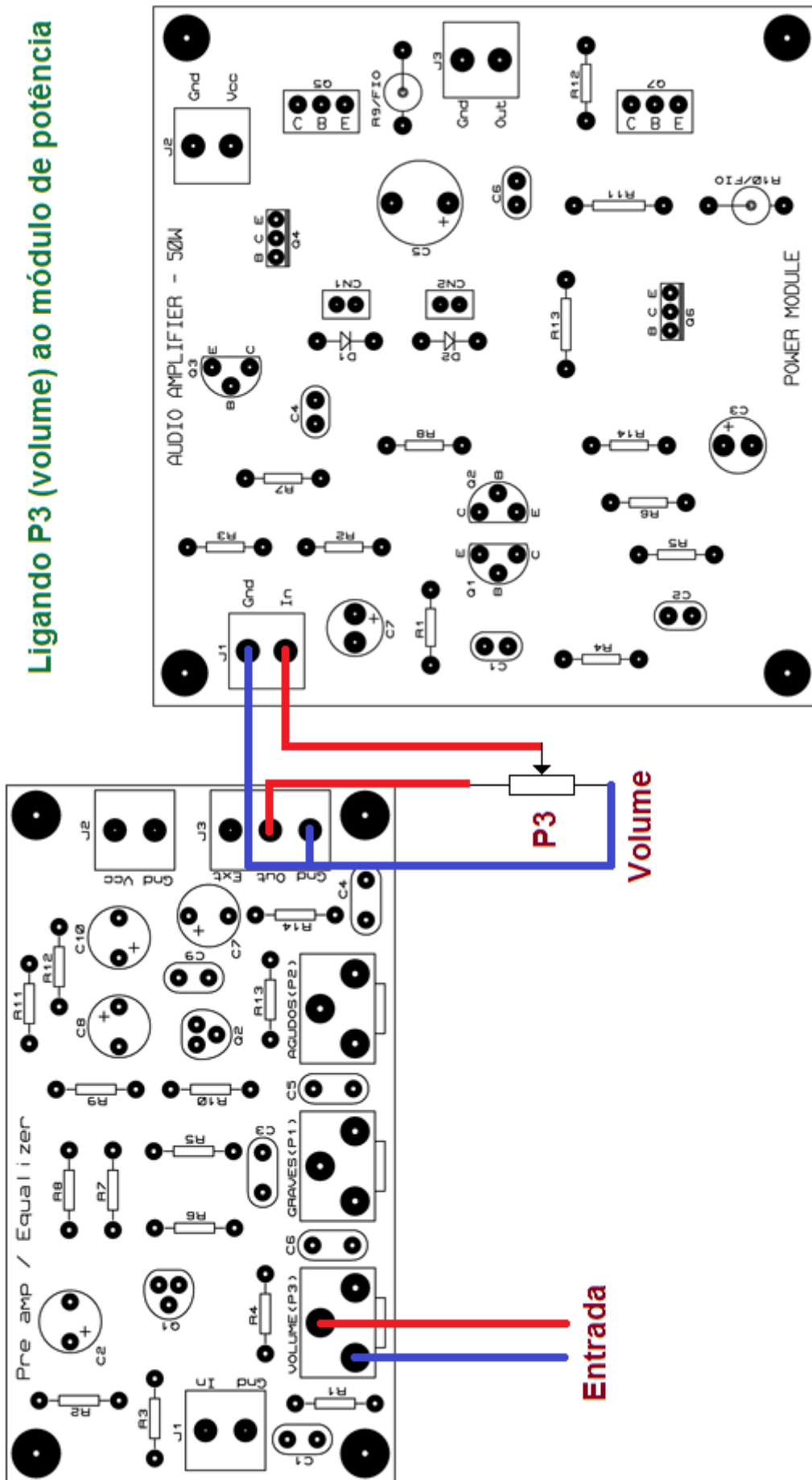
Lembrar que para controle de volume o potenciômetro deve ser do tipo LOG (logarítmico).



Teremos então na entrada do módulo de potência:



## Ligando P3 (volume) ao módulo de potência



Utilizar sempre fio blindado para ligação de entrada e saída de sinal. A malha externa ou blindagem deverá ser conectada à terra (GND).



Para áudio utiliza-se com muita frequência o fio blindado 2x20 tipo Philips, conforme ilustra a figura abaixo.

Trata-se de um fio paralelo com cores distintas, ideal para sistemas estereofônicos, já que a distinção das cores permite separar os canais direito e esquerdo. Por padrão, utiliza-se a cor vermelha para o canal direito.

Como as malhas são individuais é possível então separar as duas secções para aplicação em dispositivos de apenas um canal, conforme ilustra a figura acima.



*Imagem de fio blindado Philips/Tiaflex 2x20 com blindagem individual*



# LISTA DE MATERIAIS

## PRÉ-AMPLIFICADOR

Todos os resistores são de 1/4W, salvo especificação em contrário  
Todos os capacitores com tensão de trabalho mínima de 25 volts

P3 – potenciômetro LOG 470k ou 47k (ver texto)  
P2 – potenciômetro LINEAR 47k  
P1 – potenciômetro LINEAR 100k  
J1 – borne tipo KF 128 180° 2 entradas (opcional – ver texto)  
J2 – borne tipo KF 128 180° 2 entradas  
J3 – borne tipo KF 128 180° 3 entradas  
Q1 = Q2 – transistor BC548  
C1 – capacitor multicamadas 100nF  
C2 – capacitor eletrolítico 4,7uF  
C3 = C4 – capacitor multicamadas 4,7nF  
C5 = C6 – capacitor multicamadas 33nF  
C7 – capacitor eletrolítico 47uF  
C8 – capacitor eletrolítico 2,2uF  
C9 – capacitor de cerâmica 33pF  
C10 – capacitor eletrolítico 4,7uF  
R1 – resistor 100k  
R2 – resistor 1,8M  
R3 – resistor 5k6  
R4 – resistor 4,7k  
R5 = R6 – resistor 2,7k  
R7 – resistor 22k  
R8 – resistor 2,2k  
R9 – resistor 330k  
R10 – resistor 39k  
R11 – resistor 5,6k  
R12 – resistor 1,2k  
R13 – resistor 560R  
R14 – resistor 1k

## FONTE DE ALIMENTAÇÃO

D1 a D8 – diodo 1N4004  
C1 – capacitor de 4.700uF/50 volts (mínimo)  
C2 – capacitor de 4.700uF/50 volts (mínimo) – opcional para versão 1 canal  
U1 – regulador de tensão 7818  
C3 – capacitor eletrolítico 100uF/25 volts  
C4 – capacitor multicamadas 100nF/50 volts  
J1 = J2 = J3 – borne tipo KF 128 180° 2 entradas  
FUSE – fusível de 500mA (1 canal)  
TR1 – transformador de força:  
primário 110/220V  
secundário 33 volts – 1,8<sup>a</sup>

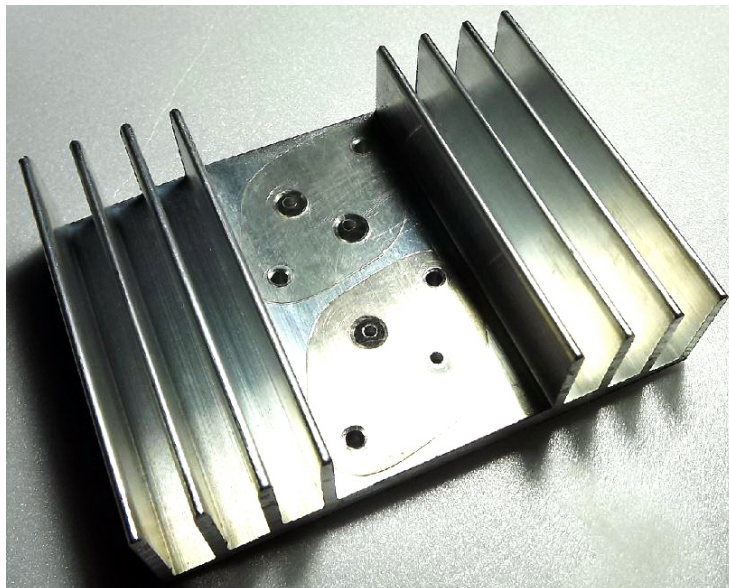
## MÓDULO DE POTÊNCIA

Todos os resistores são de 1/4W salvo especificação contrária  
Todos os capacitores com isolamento mínima de 50 volts

J1 = J2 = J3 – bornes tipo KF 128 180° 2 entradas  
R1 – resistor de 15k  
R2 – resistor de 180k  
R3 – resistor de 47k  
R4 – resistor de 1,5M  
R5 – resistor de 220k  
R6 – resistor de 10k  
R7 – resistor de 680R  
R8 – resistor de 5,6k  
R9 = R10 – resistor de 0,47R – fio – 5W  
R11 – resistor de 10R – 1/2W  
R12 – resistor de 1k  
R13 – resistor de 2,2k – 1/2W  
R14 – resistor de 68R  
Q1 = Q2 – transistor BC547  
Q3 – transistor BC557  
Q4 – transistor BD137  
Q5 – transistor 2N3055  
Q6 – transistor BD138  
Q7 – transistor 2N3055  
D1 = D2 – diodo 1N4148  
C1 – capacitor multicamadas 100nF  
C2 – capacitor disco (cerâmico) 470pF  
C3 – capacitor eletrolítico 100uF  
C4 – capacitor disco (cerâmico) 56pF  
C5 – capacitor eletrolítico 2.200uF  
C6 – capacitor multicamadas 100nF

**Diversos:**

- porta fusível
- dissipador para transistor 2N3055
- chave liga-desliga



*sugestão: dissipador para 2 transistores com case TO-3*