



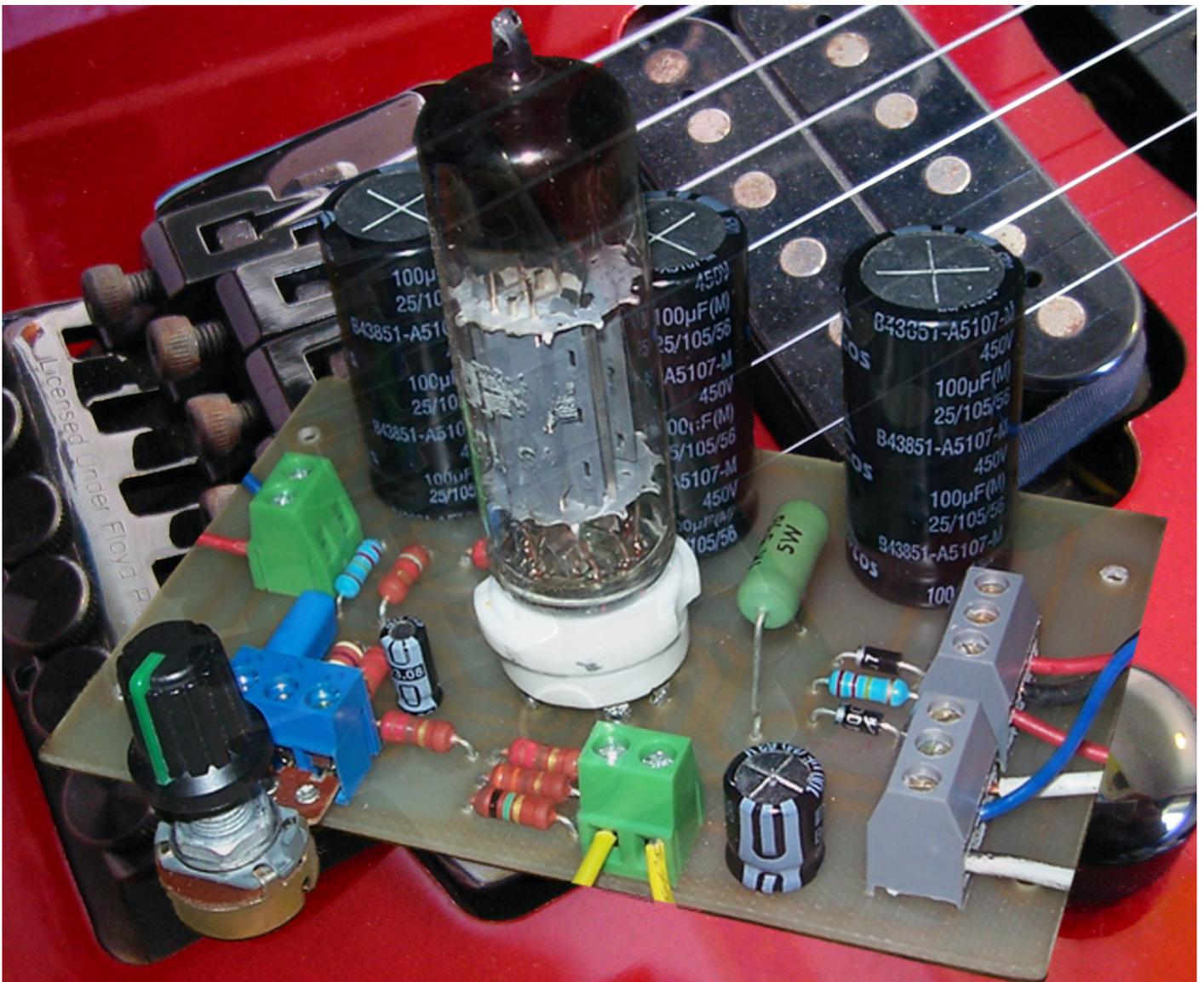
# HANDMADES

[www.handmades.com.br](http://www.handmades.com.br)

Tecnologia a favor da música

## IALL 3.5

### THE ONE TUBE GUITAR AMP



**Versão 1.3**

## Introdução

*“I went down to the crossroads, fell down on my knees.”*

Sempre persegui a idéia de construir um amplificador valvulado pequeno e simples. O principal intuito era usá-lo nos estudos, onde geralmente o volume não se faz necessário, mas um som mais morno favorece os sentimentos e torna a árdua tarefa de treinar bem mais aprazível.

Os circuitos que se propõem a serem pequenos nunca me agradaram muito: ou são muito complexos para serem chamados “pequenos”, ou são pouco práticos. Um exemplo bem conhecido é aquele que utiliza dois triodos de uma 12AU7 – uma válvula projetada para estágios intermediários de amplificadores de potência - ligadas em classe “B” (push-pull) obtendo perto de 1 Watt de potência. Na minha opinião, a maior desvantagem deste projeto é a necessidade de um estágio de pré-amplificação para que se obtenha algum resultado viável, uma vez que somente o estágio de potência não apresenta ganho suficiente para que, a partir da saída da guitarra, se consiga excitar um alto-falante, mesmo que pequeno.

Outro parâmetro que nunca me agradou era a idéia de um amplificador pequeno em configuração classe “B”. Não que discorde desta configuração, mas porque ela exige pelo menos duas válvulas na saída, contrariando minha proposição de circuito mínimo.

Minhas buscas conduziram-me a uma válvula para aplicações de áudio muito interessante: a ECL-82 (ou 6BM8). Ela encerra em um único invólucro um triodo e um pêntodo. Esta válvula, somada a dois transformadores e alguns componentes, permite a construção de um amplificador muito reduzido, onde o triodo é utilizado como estágio pré amplificador e o pêntodo como estágio de potência em classe “A”.

Adiante descrevo a construção do IALL 3.5, um pequeno amplificador de estudo construído com apenas uma válvula ECL-82, capaz de fornecer por volta de 3 Watts de potência e um som agradavelmente morno e envolvente.

O nome IALL advém da busca pelo sagrado. Pelo som que desejamos e quase nunca conseguimos. Quando começou o projeto quis me inspirar no calor, e quem mais conhece as entranhas do calor do que o próprio demônio e suas castas mais inferiores?

Assim, indo em direção a uma encruzilhada, gritei, conclamei e conjurei as forças mais profundas do calor e da agonia sonora. Eis que, em 3 watts, ele surge, pequeno e invocado, provocando risos e gargalhadas dos presentes. Afinal era um demônio pequeno e sem jeito. Então perguntei: “Quem és tu, oh pequeno guardião das trevas perdido?”

Ele respondeu em alto e bom som, com seus endiabrados 3 Watts, e em inglês (porque em tempos globalizados, demônios falam em inglês):

“I AM LITTLE LUCIFER”

## AVISO

*“Brings out the devil in me”*

**AMPLIFICADORES VALVULADOS, MESMO PEQUENOS, APRESENTAM TENSÕES ELEVADAS E FATAIS. PORTANDO, NECESSITAM DE CUIDADOS ESPECIAIS AO SEREM MONTADOS. TODO CUIDADO É POUCO. O PROJETO AQUI APRESENTADO NÃO IMPLICA EM QUAISQUER GARANTIAS, BEM COMO O(S) AUTOR(ES) / COLABORADOR(ES) SE EXIMEM DE TODAS E QUAISQUER RESPONSABILIDADES E/OU DANOS PROVENIENTES DESTA MONTAGEM. TODOS OS INTERESSADOS EM REALIZAR A MONTAGEM DEVEM TER EM MENTE QUE SERÃO OS ÚNICOS RESPONSÁVEIS CASO ALGO DE ERRADO ACONTEÇA E, AO INICIAR A CONSTRUÇÃO DO AMPLIFICADOR, AUTOMATICAMENTE ACEITAM ESTES TERMOS. LEMBRE-SE: SE VOCÊ NÃO SABE NO QUE ESTÁ SE METENDO, NÃO FAÇA.**

## Descrição do Circuito

*“Please allow me to introduce myself, Im a man of wealth and taste...”*

A página adiante apresenta o esquema completo do IALL 3.5. A partir da entrada, observamos um estágio de pré-amplificação composto por um triodo. As resistências R9 e R6 adequam a entrada de sinal a grade do triodo.

Os resistores R1 e R2, juntamente com o capacitor C5, determinam o ganho deste estágio. O capacitor C6 faz o desacoplamento DC para o sinal que alimentará o estágio seguinte.

Os capacitores C5 e C6 são escolhidos de sorte que este estágio apresente uma boa resposta a graves. Embora um dos fatores mais limitantes a resposta a graves de um amplificador valvulado seja o transformador de saída, foram feitos, neste projeto, muitos esforços para atribuir ao amplificador boa resposta a baixas frequências.

Os conectores denominados “VOL-1”, “VOL-2” e “VOL-3”, representam os pontos onde um potenciômetro para controle de volume de saída do circuito possa ser inserido. Caso não se deseje este controle, o potenciômetro pode ser suprimido, e os pontos “VOL1” e “VOL-2” devem ser curto-circuitados.

Os pontos “VOL-\*”, descritos acima, permitem também a inserção de um controle de tonalidade (“tone stack”). Optei por usar apenas um potenciômetro de volume, isto diante das duas aplicações onde eu pretendo usá-lo: como “power” de um pré ou ligando diretamente a guitarra sem pedais. Na primeira aplicação, o pré fornece “tone stack”. Na segunda, utiliza-se o controle de tom da guitarra.

Um cuidado adicional quanto a colocação de “tone stack”, neste ponto, diz respeito a atenuação de sinal inferida pelo circuito de tom a ser inserido. Como alguns controles de tonalidade apresentam atenuação de sinal, o projetista que desejar inserir um “tone stack” deverá levar em conta as características de atenuação do circuito.

Seguindo o circuito encontramos o estágio de potência. O pêntodo V1A, as resistências R3, R4, R7, R8, o capacitor C4 e o transformador de acoplamento OT (terminais “OT-1” e “OT-2”) compõem este estágio.

O resistor R7 (220 Ohms) é conhecido como “grid stopper”. Suas funções principais são formar, juntamente com a capacitância de grade do pêntodo, um circuito passa baixas para altíssimas frequências, prevenir auto-oscilação e limitar a corrente de grade em situações de alimentação positiva da grade.

O resistor R8 destina-se a manter uma impedância alta na entrada do circuito, porém menor que a impedância de entrada da válvula. Esta resistência pode ser eliminada em alguns casos.

O resistor R3 é responsável pela polarização correta do pêntodo. Os que conhecem circuitos deste tipo logo notarão a ausência de um capacitor de valor elevado entre a segunda grade do pêntodo e o terra. Este capacitor, nos circuitos que o usam, necessário para a garantia de uma tensão estabilizada na segunda grade. Ele incrementa muito a linearidade e aproveitamento de potência do circuito. Em circuitos de alta fidelidade, ele torna-se mandatório, mas no IALL?!? Quem precisa de linearidade em um amplificador de guitarras? Assim sendo, escolhi não fazer uso deste capacitor nesta posição.

O conjunto R4 e C4 determina o ganho do estágio de potência; o valor de C4 é escolhido com alta capacitância de modo a obter ganhos maiores nas baixas frequências. R4 é responsável, também, pela polarização deste estágio e irá determinar a dissipação de placa do pêntodo. A dissipação de placa pode ser calculada pela fórmula:

$$W_o = (I_c - I_{g2}) * (V_p - V_c)$$

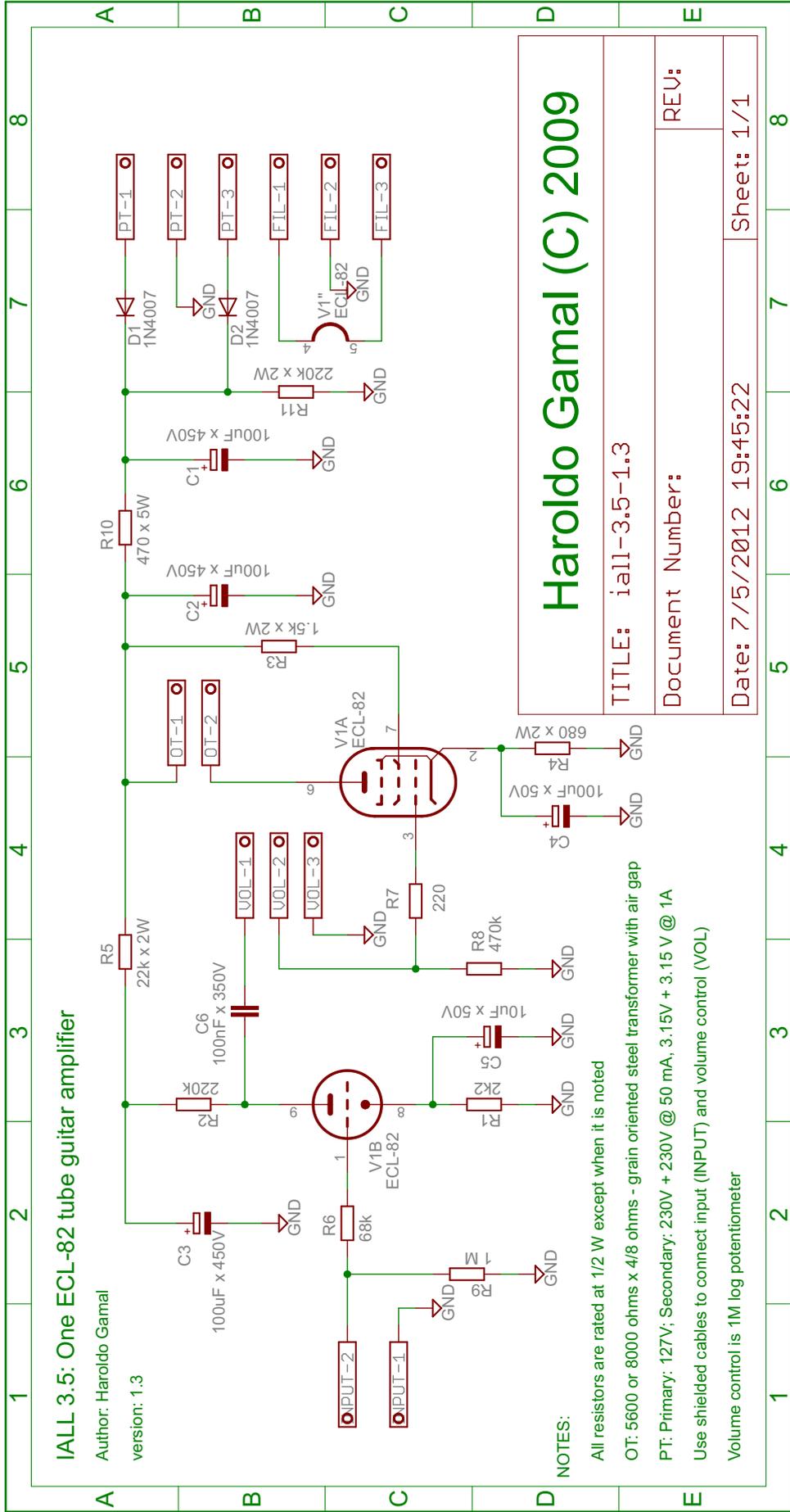
Onde,  $I_c$  corresponde a corrente total no catodo;  $I_{g2}$  a corrente da segunda grade;  $V_p$  é a tensão de placa e  $V_c$  a tensão no catodo.  $V_p$  e  $V_c$  podem ser medidas diretamente, mas as correntes  $I_c$  e  $I_{g2}$  podem ser medidas indiretamente medindo-se as quedas de tensão observadas nos resistores R4 e R3, respectivamente.

As ECL-82 admitem uma dissipação de placa máxima de 7 Watts. Amplificadores de potência em configuração classe “A” apresentam sua máxima dissipação de placa quando em repouso, ou seja, quando não demandados.

Os demais componentes, resistores R5 e R10, capacitores C1, C2 e C3, diodos D1 e D2 e o transformador de alimentação, representado pelos conectores “PT-1”, “PT-2”, “PT-3”, “FIL-1”, “FIL-2” e “FIL-3”, constituem a fonte de alimentação do circuito. Mais precisamente, “PT-1”, “PT-2” e “PT-3” fornecem a alta-tensão do circuito e “FIL-1”, “FIL-2” e “FIL-3” alimentam os filamentos da ECL-82. Em alguns transformadores que não possuem derivação central de terra, o conector FIL-2 não é utilizado.

Não aparecem, no circuito, a ligação da saída do transformador de acoplamento que aciona o alto-falante. Dependendo do transformador escolhido, a carga de saída poderá ser de 4, 8 ou 16 Ohms.

# Esquema



## Montagem do Circuito

*"I'm a rolling thunder, pouring rain, I'm comin' on like a hurricane..."*

As figuras mostram o "layout" do IALL com a placa pronta para transferência térmica, em duas versões: com e sem plano de terra.

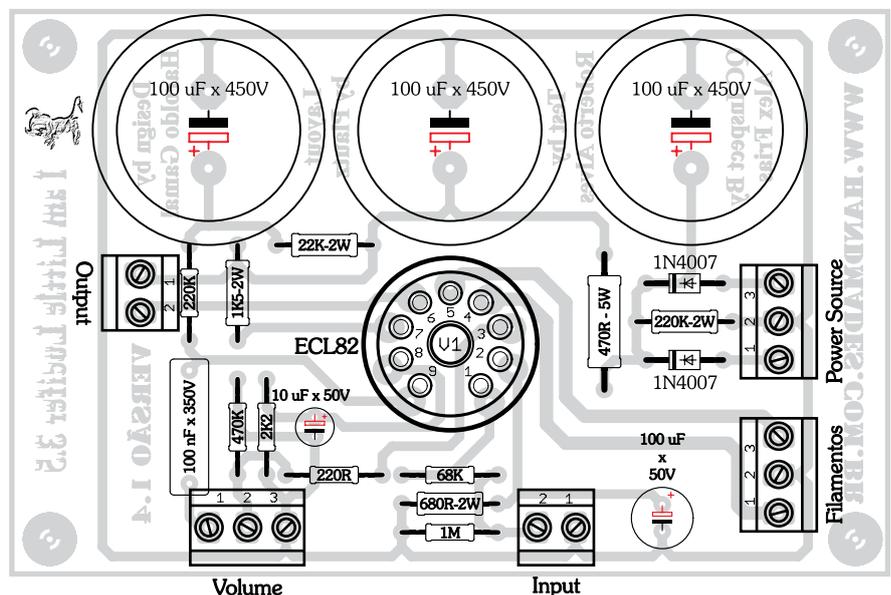
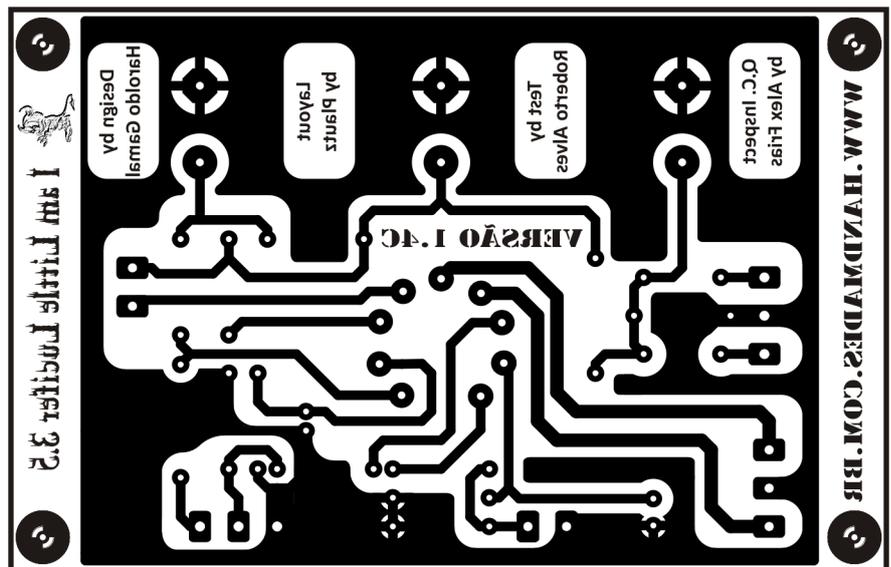
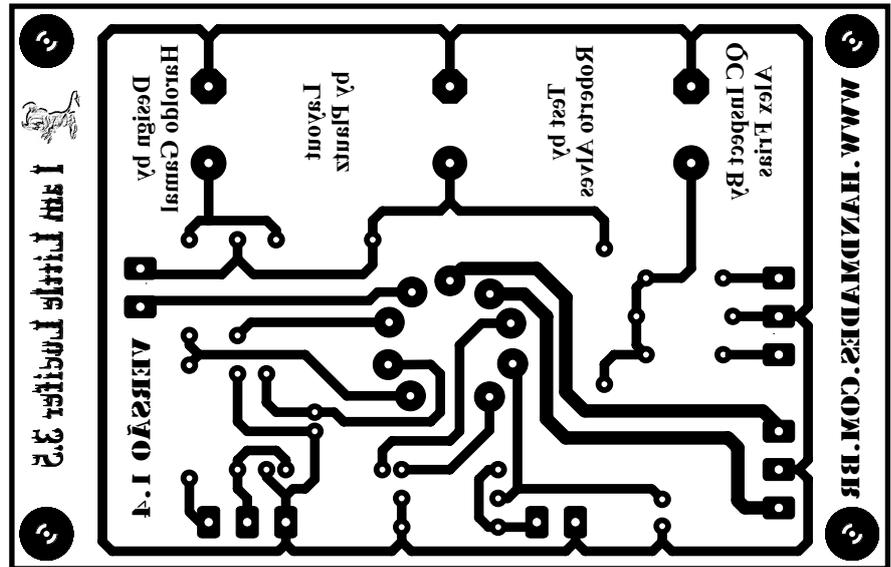
Não há diferença de funcionamento ou disposição de componentes entre elas, estando aqui apresentadas para os que desejam escolher entre as duas.

As medidas da placa são 11,52 cm X 7,46 cm.

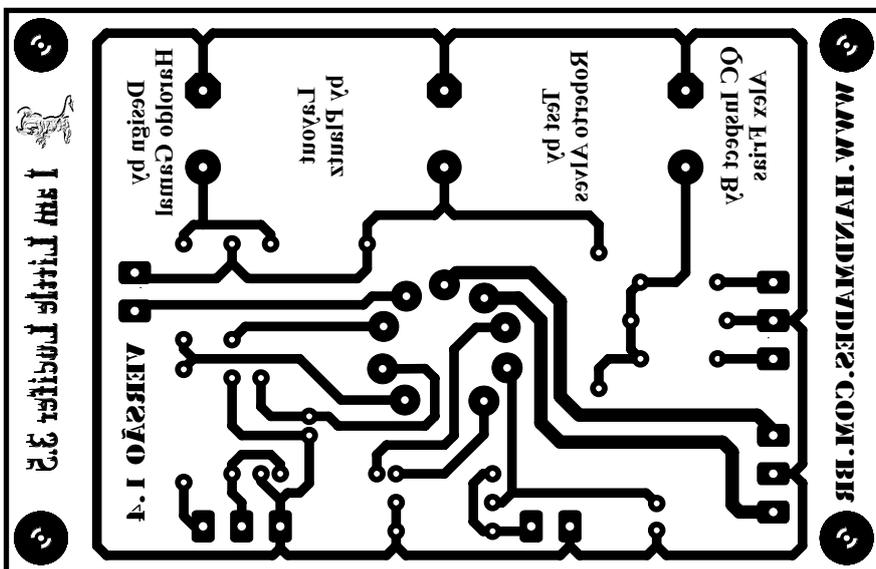
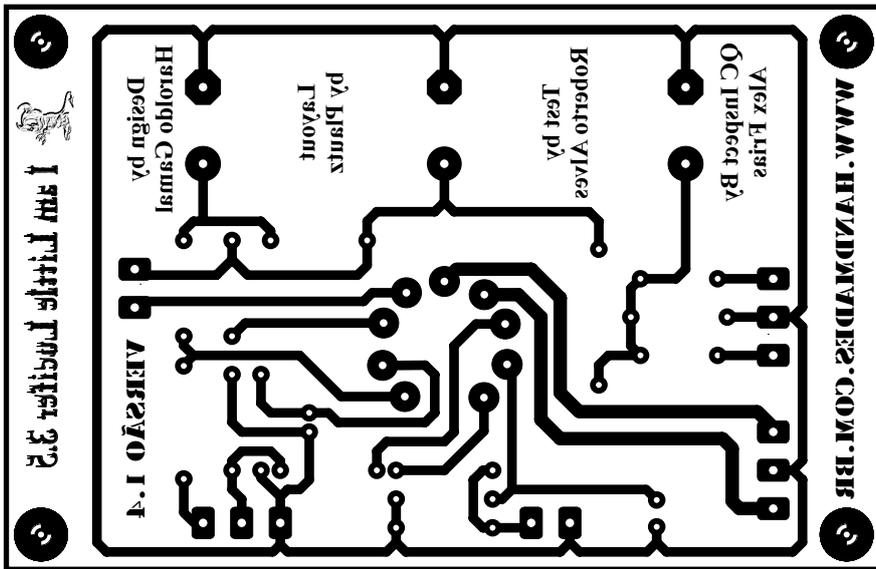
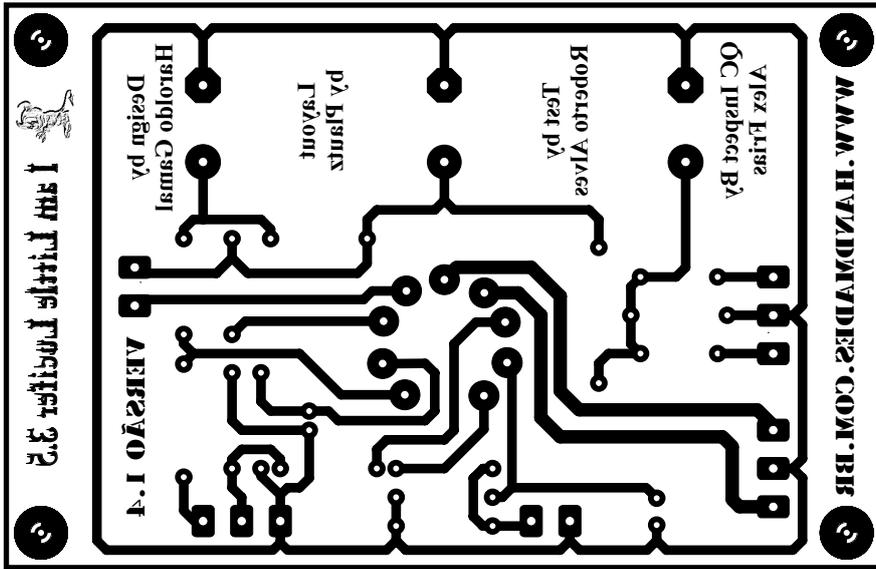
Nas páginas seguintes estão apenas as placas prontas para impressão.

Cabe lembrar que os layouts apresentados são para serem realizados com transferência térmica, ou seja, impresso com uma impressora laser em seu papel preferido (couché, glossy, transparência, etc) e depois transferido para a placa virgem com o ferro de passar roupas ou prensa térmica.

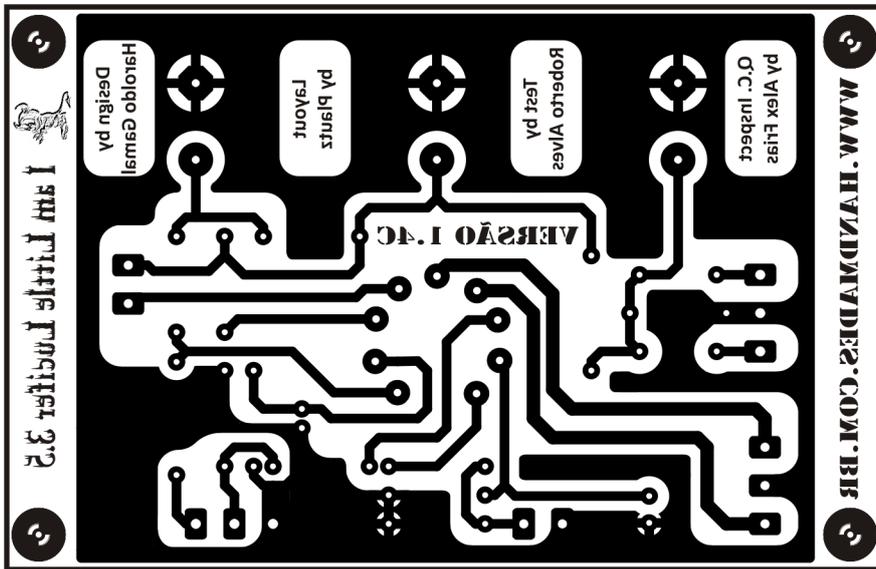
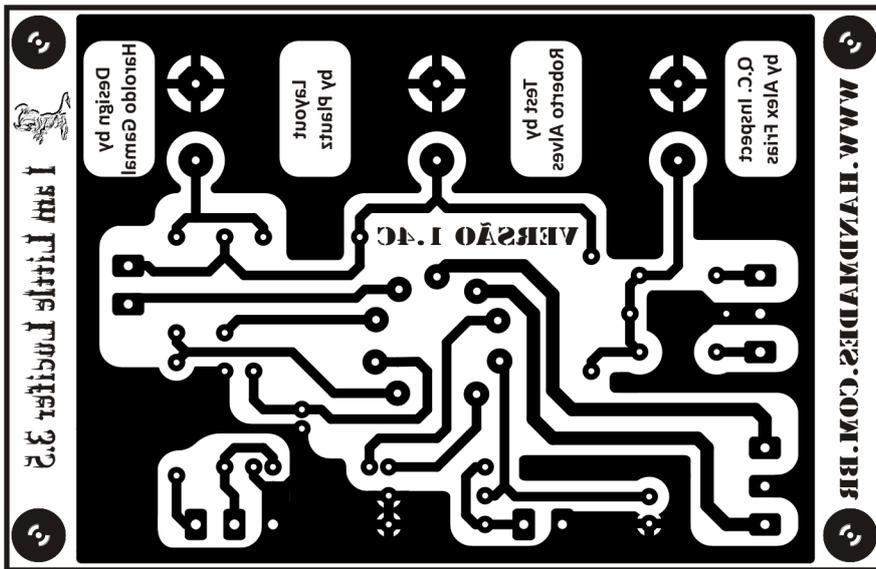
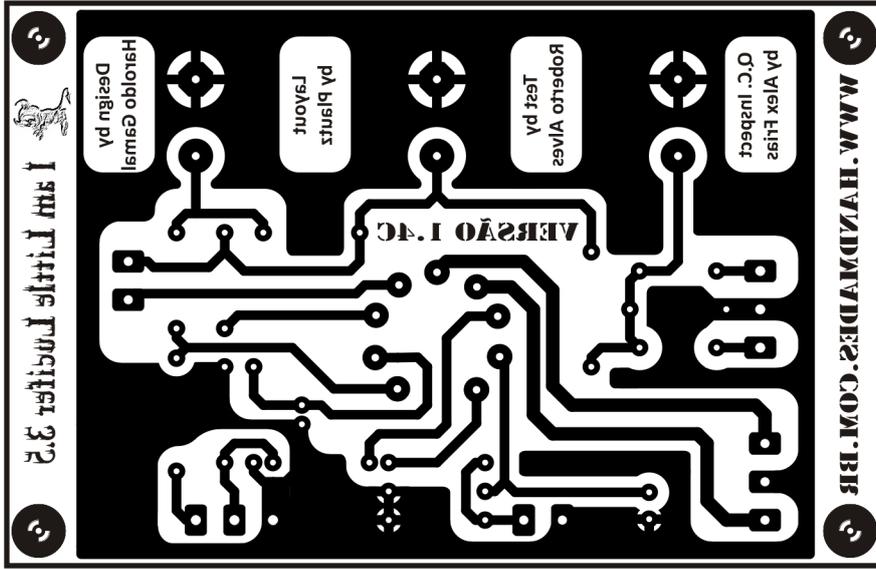
Para maiores informações sobre o processo, visite o site [www.handmades.com.br](http://www.handmades.com.br) e procure no fórum de placas de circuito impresso.



# Montagem do Circuito - Placas sem Plano de Terra



# Montagem do Circuito - Placas com Plano de Terra



## Montagem do Circuito - Lista de Componentes

### Resistores

R1 - 2K2 x ½ W  
 R2 - 220K x ½ W  
 R3 - 1K5 x 2W  
 R4 - 680R x 2W  
 R5 - 22K x 2W  
 R6 - 68K x ½ W  
 R7 - 220R x ½ W  
 R8 - 470K x ½ W  
 R9 - 1M x ½ W  
 R10 - 470R x 5W (Montar afastado da placa)  
 R11 - 220K x 2W

### Potenciômetro

VOL - 1M Log

### Capacitores

C1 - 100uF x 450V  
 C2 - 100uF x 450V  
 C3 - 100uF x 450V  
 C4 - 100uF x 50V  
 C5 - 10uF x 50V  
 C6 - 100nF x 350V

### Diodos

D1 - 1N4007  
 D2 - 1N4007

### Válvula

V1 - ECL-82 (6BM8)

### Transformadores

OT - Transformador de Saída  
 Primário: 5600 ou 8000 ohms  
 Secundário: 4/8 ohms  
 Núcleo GO / Gap de Ar

PT - Transformador de Força  
 Primário: 110/220V  
 Secundário 1: 3.15+3.15V x 1A  
 Secundário 2: 230V+230V x 50 mA

Uma questão interessante diz respeito aos transformadores de saída. Os utilizados no protótipo foram encomendados na Transformadores Lider. Eu particularmente sou cliente assíduo da Lynx Audio, mas como nunca havia usado nenhum da Lider resolvi experimentar. Para este projeto o resultado do trabalho da Lider foi bem satisfatório.

Foi realizada uma montagem do IALL utilizando os transformadores da Lynx Audio, projetados para o "high-octane". Como o high-octane apresenta uma potência superior, o transformador de força apresenta-se superdimensionado para o IALL. Considero o resultado sonoro equivalente, mas tenho preferência para os transformadores da Lynx Audio.

Outros testes com trafos de 8000 ohms, apresentaram excelentes resultados. A folha de dados da ECL82 apresenta como um dos trafos recomendados os trafos de 8000 ohms, para uma tensão de placa de 272 volts.

Ao final, ainda foram realizados testes com os trafos Sanyo de 5500 ohms e o TSS-23. Neste último recomenda-se o uso de carga de 4 ohms. Cabe ressaltar as limitações de banda passante do TSS-23, principalmente no que tange a sua baixa performance na resposta grave. Em compensação, ele apresenta uma resposta nada linear, provocando distorções bem interessantes.

Algumas observações importantes:

- 1 - Transformador de força: O protótipo foi construído utilizando-se um transformador de 250+250V. Por esta razão, este valor aparece no esquema. Como esta tensão mostrou-se um tanto elevada, recomendo a redução do valor para 230V+230 V;
- 2 - Transformador de saída: A impedância do primário pode ser algo entre 5000 e 8000 ohms, o valor não é crítico. Assim, pode-se utilizar alguns trafos ainda encontrados no mercado. Cabe ressaltar que os trafos de saída para PCL-82 são adequados ao IALL;
- 3 - Usando o que se tem em casa: É possível usar diversos valores de transformador de saída e alimentação. As ferramentas de adequação dos transformadores são os ajustes de R4 e R10, sempre na linha de manter a dissipação de placa dentro dos valores admissíveis pela ECL-82 – R10 altera a tensão final entregue ao circuito. O uso de capacitores grandes na fonte (100 uF), permite um amplo ajuste de valor de R10 – não esqueça de checar a dissipação em R10. R4 pode ser ajustado em seguida, de acordo com o texto acima;

## *Montagem do Circuito*

- 4 - Alimentação dos filamentos 1: É perfeitamente possível usar uma PCL-82 no lugar de uma ECL-82. Para tanto, é necessário alterar o valor da tensão de alimentação dos filamentos de 6.3V para 16V. Tome cuidado para não usar a alimentação de filamento da PCL-82 para alimentar outras válvulas com alimentação de filamento diferente;
- 5 - Alimentação dos filamentos 2: Se o trafo de alimentação dos filamentos não for simétrico (3.15+3.15 Volts), não há problema, pode ser que haja a necessidade de forçar o balanceamento dos mesmos, usando dois resistores de 100 ohms, ligados cada um entre os braços de alimentação e o terra. Em vários circuitos que eu montei isto não se fez necessário;
- 6 - A resistência de catodo do pênodo R4: Ela deve ser escolhida de modo a manter a dissipação de placa inferior a 7 Watts. Uma vez que há grandes variações no valor de tensão da rede domiciliar no Brasil, recomendo fortemente medir as tensões finais no amplificador e adequar a resistência de catodo;
- 7 - A resistência da fonte R10: Em alguns casos, R10 pode aquecer muito, portanto, é recomendado sua soldagem a uma certa distância da placa de circuito impresso;
- 8 - Como alguns componentes do IALL aquecem, recomenda-se a confecção da placa em fibra de vidro;
- 9 - Alguns podem achar que os valores de capacitores usados no circuito são um tanto exagerados (100 uF). Realmente eles são um pouco grandes. Talvez uma pequena redução seja possível. Deixo isso como uma possível modificação do projeto. Pelo menos, eu garanto que usando o pequeno diabo a noite, o único ruído que se escuta vem da captação do instrumento, pedais ou pré.

## Resultados Práticos

*“Cause down here in hell everybody loves me..”*

Os resultados sonoros obtidos com o IALL, levando apenas em consideração as medidas subjetivas de ouvido, foram surpreendentes. A potência sonora obtida, bem como seu timbre, excederam todas as minhas expectativas. O volume é alto e o som é quente.

Apenas com a guitarra, atuando sobre os controles de volume e tonalidade, obtém-se uma gama muito interessante de timbres, todos limpos. É bem difícil saturar o IALL nestas condições, pois a guitarra não fornece volume suficiente para tal. Para saturá-lo, necessita-se de um captador bem forte, como um “Dual-Sound” da “Dimarzio”, porém o “crunch” obtido é muito leve.

Ligando o IALL ao pré do site ou ao Marshallizer, já se consegue uma gama maior de resultados sonoros. O pequeno demônio arredonda o som, dando uma perspectiva de um amplificador grande, porém com baixo volume.

Abaixo apresentamos os resultados para alguns transformadores de força / saída.

Resultados para Diversos Transformadores					
Transformador de Saída		Lider	Lider	Lynx Audio	Sanyo
Transformador de Força		Lider	Transforline	Lynx Audio	Transforline
Ponto	Unidade	Valores			
Alimentação	Vac	250 + 250	230 + 230	190 + 190	230 + 230
Impedância Primário	Ohms	5500	8000	5000	5500
Resistor de Placa (R4)	Ohms	560	560	680	680
Capacitor C1	Vdc	320	279,5	235	279,5
Capacitor C2	Vdc	305,5	264,6	221	265,6
Capacitor C3	Vdc	221	248	177	248
Placa Pêntodo	Vdc	298,3	251,8	216	251,8
Grade 2º Pêntodo	Vdc	295	255,1	216	255,1
Catodo Pêntodo	Vdc	25,35	21,6	16,22	21,6
Placa Triodo	Vdc	78	104,4	72	104,4
Catodo Triodo	Vdc	1,29	1,41	1,01	1,41
Dissipação de Placa	Watts	6,53	5,9	5,12	5,9

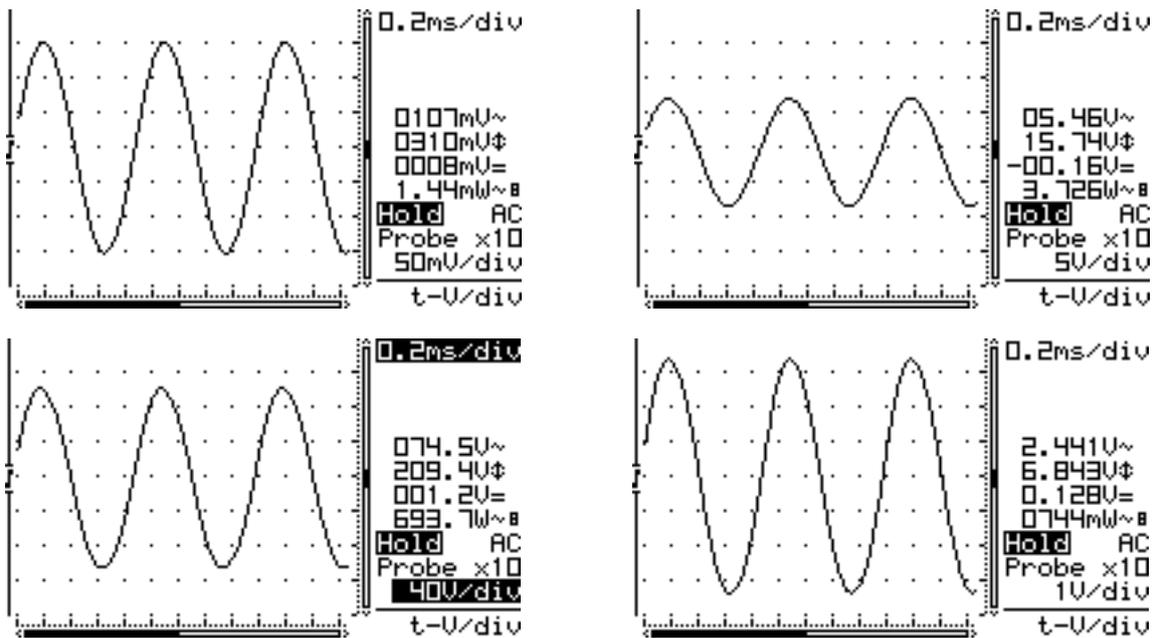
Os resultados iniciais, mostrados na primeira coluna da tabela acima, evidencia que o IALL trabalha com a dissipação de placa muito próximo do limiar da válvula, ou seja, 7 Watts. Ajustando os valores de alimentação para valores mais corretos (mostrados nas medidas subsequentes) foi possível diminuir a dissipação de placa para valores mais adequados (próximos aos 75% comumente usados para amplificadores classe A).

Nota-se um volume levemente menor usando-se os transformadores da Lynx Audio. Isto pode ser facilmente corrigido diminuindo-se o valor da resistência R10, de sorte que a tensão de placa do pêntodo suba. Outra ação neste sentido, é o ajuste do valor da resistência R4, que controla a corrente de catodo do pêntodo.

Vale lembrar novamente que, usando-se a ECL-82, nunca se deve ultrapassar a região de dissipação superior a 7 Watts.

As figuras abaixo mostram as formas de onda obtidas em duas situações particulares do circuito. As primeiras exibem o amplificador sendo excitado pelo máximo sinal sem que a saída distorça de forma agressiva. Como o meu emissor de sinais é bem limitado, não é possível afirmar que o circuito não está distorcendo, mas é bem razoável admitir que a distorção é bem baixa.

## Resultados Práticos



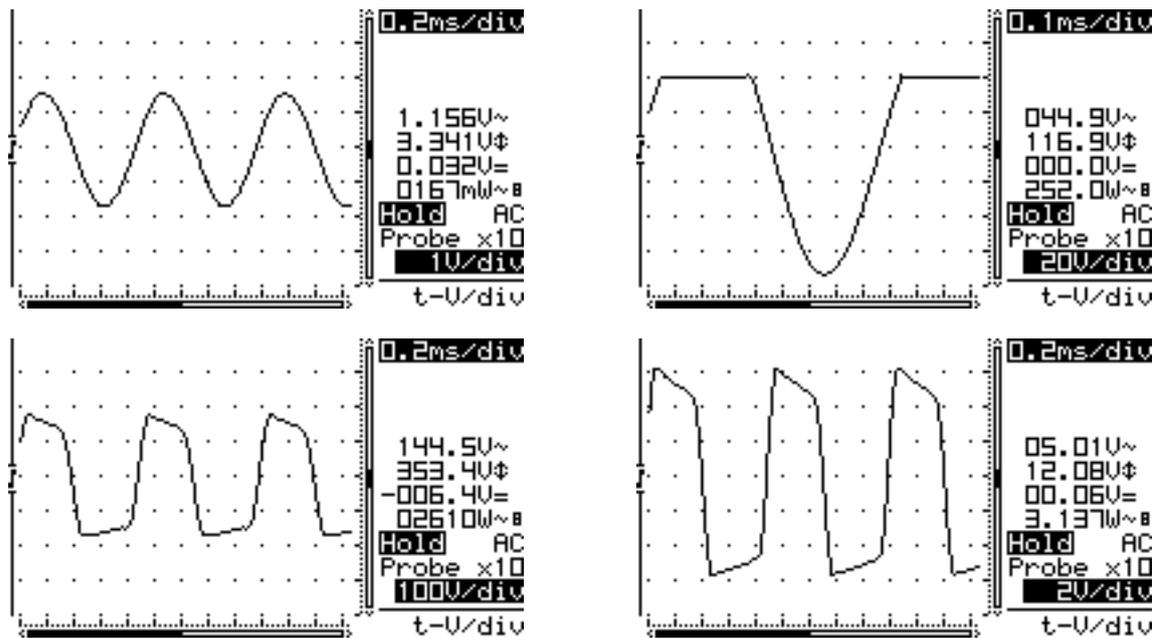
A figura no alto a esquerda mostra o sinal de entrada que alimenta a grade do triodo. Logo a direita é mostrada a saída do capacitor C6. Como as medidas foram efetuadas nas condições de volume máximo, este sinal é que alimenta a grade do pênodo. A figura abaixo, à esquerda, representa a saída da placa do pênodo. A figura imediatamente à direita, mostra a saída para o alto-falante.

Das figuras pode-se notar:

- 1 - Baixa distorção do sinal nestas condições;
- 2 - O ganho total de sinal, da grade do triodo, 107 mVolts RMS (310 mVolts pico a pico) e a placa do pênodo, 74,5 Volts RMS (209 V pico a pico), ou seja, um belo ganho de sinal; e
- 3 - Os 750 mW de potência nestas condições.

Note-se que somente a última figura apresenta a potência correta, uma vez que somente ela está ligada a carga de 8 Ohms.

## Resultados Práticos



As figuras acima representam medidas nos mesmos pontos do primeiro grupo de figuras. Desta vez, o pequeno demônio é forçado a sua condição de potência máxima. Das figuras podemos notar:

- 1 - O sinal de entrada de 1.156 Volts RMS que poucos, ou nenhum, captadores conseguem fornecer;
- 2 - O sinal na saída do triodo “clipado” fortemente, gerando uma componente de 2º harmônico fortíssima;
- 3 - O “swing” de tensão na placa do pêntodo: 353 Volts pico a pico. Neste ponto é claro a acumulação de energia do indutor que forma o transformador de saída;
- 4 - A forte distorção do estágio saída;
- 5 - A potência entregue de 3 Watts, lindamente distorcida.

## Conclusões

*“In the night, Please set me free. I can’t resist a Touch of Evil”*

Como comentado anteriormente, os resultados finais me foram muito agradáveis. Os níveis de volume sonoro e timbre obtidos foram muito bons. As premissas de um projeto pequeno e com poucos componentes foram realizadas.

Podemos dizer que este é o menor amplificador de potência valvulado que se pode construir no tocante ao número de válvulas.

Uma idéia muito interessante foi sugerida pelo Sr. Alexandre Frias, que consiste em usar dois IALLs em configuração “stereo”, na saída de um multi-efeito com saída também “stereo”, permitindo o treino com grande nível de conforto.

No tocante a custos talvez este projeto não seja o mais indicado para quem tem um orçamento apertado, uma vez que os transformadores são caros e totalmente indispensáveis. Claro que estas questões financeiras caem após os primeiros cinco minutos tocando neste pequeno demônio. Talvez a influência maléfica deste diabinho comece justamente aqui: no egoísmo e ganância gerados pelo calor das notas soadas e aquecidas pelo pequeno demo.

## Agradecimentos e Créditos

*“Drive on down to lonely street, He’s always waiting there for me”*

É necessário dar crédito as seguintes pessoas pela participação neste projeto:

*Haroldo Gamal:* Idealização do projeto, protótipo, montagem do layout final e elaboração deste documento;

*Leonardo Plautz Chocron:* Layout das placas e paciência em refazê-las todas as vezes que algum problema aparecia. Revisão do texto. Pessoas como ele, nos são fundamentais para o alcance de objetivos;

*Roberto Alves:* Revisão do texto, apoio e perseverança nos testes e montagens de protótipos e também por ter nos cedido gentilmente sua casa para nossos encontros e testes;

*Alexandre Frias:* Pelos testes e apoio no decorrer do projeto.

Eduardo Foltran (altana tubes)– Pelo apoio e trafos de teste;

Obrigado, foi um imenso prazer trabalhar com os senhores.

## Propriedade Intelectual

*“The world is full of Kings and Queens, who blind your eyes and steal your dreams..”*

Os detalhes deste projeto estão disponíveis no espírito mais livre. É totalmente permitida a divulgação de todo ou parte deste documento, e uso comercial do projeto, sem qualquer tipo de restrição.

Embora também não haja restrição no uso do nome IALL, gostaria da decência dos que copiam em divulgar o projeto como: “Amplificador IALL do site [handmades.com.br](http://handmades.com.br)”. Claro que isto é apenas uma sugestão que não vai custar nada a ninguém.

