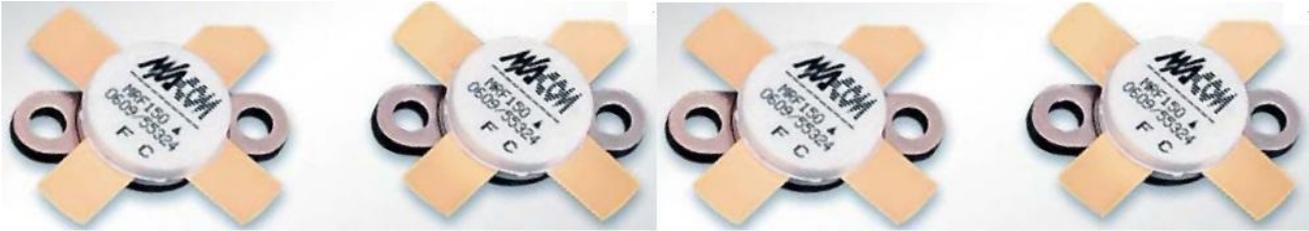


PY2NFE - Ron**HOME PAGE**

QTH: São Bernardo do Campo - SP

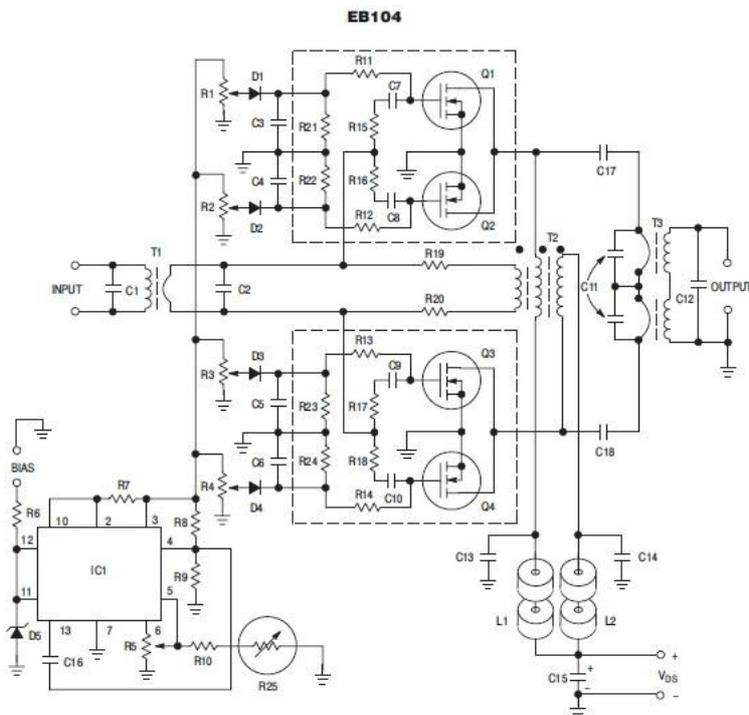
Linear para HF utilizando Mosfet MRF150 - Motorola EB-104

O projeto da Motorola EB-104 é datado de 1993 e baseia-se no uso de 4 transistores Mosfet MRF150 para a construção de um módulo Amplificador

Linear de RF para a faixa de HF, indo de 2 a 30 Mhz, sendo que a potência prevista é de 600W, com alimentação de 48V .

Antes um aviso: Não é uma montagem simples, nem barata !!! Sigam por sua conta e risco .

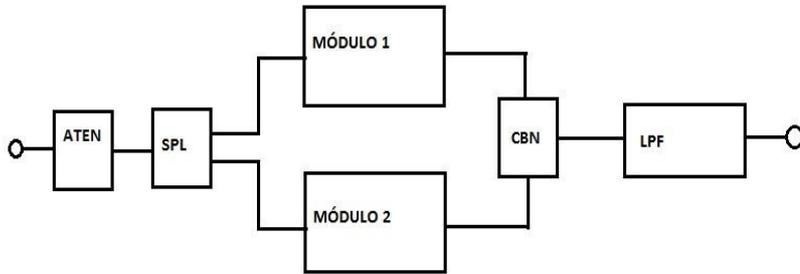
O projeto completo em PDF pode ser [baixado aqui](#) ou apenas o esquema pode ser visto abaixo:



Foram realizadas várias pesquisas na internet sobre montagens similares e ao longo do processo de descrição da montagem vou fazendo as devidas citações de informação

Minha idéia inicial é a montagem de dois lineares. Um - simples - com 600W e outro que forneça 1200W, utilizando dois módulos, ligando-os de forma a obter um linear com aproximadamente 1KW de saída.

Um diagrama de blocos simplificado do linear de 1,2KW está aqui:



Aonde temos:

Módulos 1 e 2 - módulos de 600W (EB104)

ATEN - atenuador de entrada

SPL - Divisor (splitter) de entrada

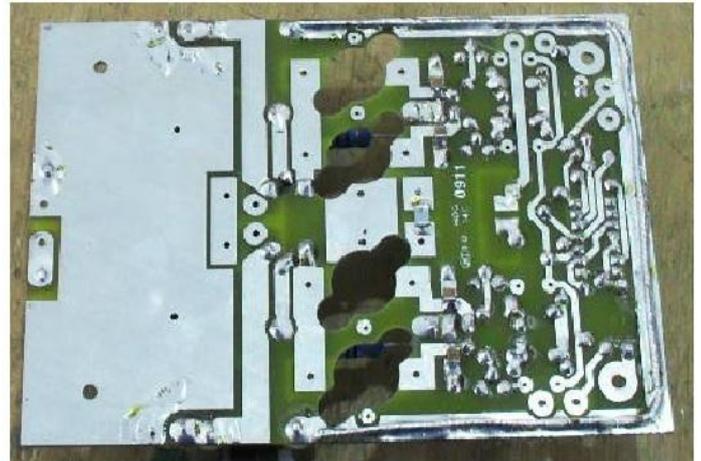
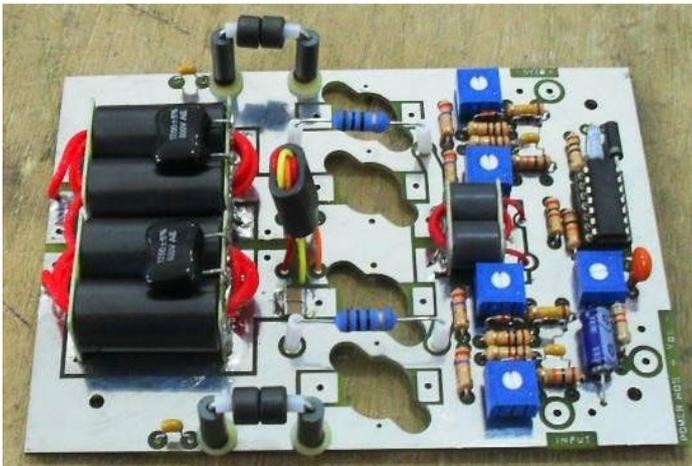
CBN - Combinador de saída

LPF - Low Pass Filter

Este é um diagrama simplificado pois faltam as fontes (48 e 24 V), sistema de comutação, sistemas de controle, etc . Todos esses circuitos serão visto ao longo da descrição do processo de montagem do linear.

Começando pelo módulo EB104

Inicialmente foi adquirido o KIT do conjunto (placa, capacitores, indutores, resistores, splitter , combiner, etc) da empresa [Communications Concepts](#) , sendo que os transistores foram adquiridos na [RFparts](#) . A placa é fácil de ser montada sem grandes trabalhos, sendo poucos os componentes SMD. A foto abaixo á da montagem inicial, sendo que foram feitas mudanças durante o processo de testes. A placa está sendo mostrada antes da solda dos transistores, que deve ser feita somente depois que a placa for fixada no dissipador.



Detalhes:

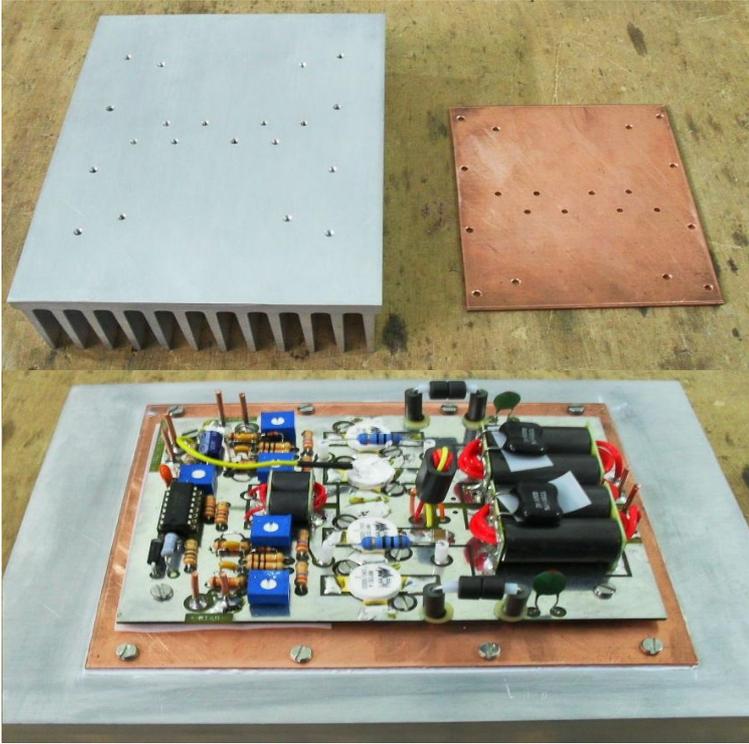
1 - Observem que na foto da direita - face da solda - foi feito um reforço na trilha que contorna o lado direito da placa. Essa é a trilha de alimentação (+48Vdc) sendo que fiz esse reforço para evitar rompimento da trilha em caso de algum curto. O reforço foi feito com fio flexível 1 mm e devido a esse reforço foi colocada uma isolação entre a placa e o dissipador , sendo essa isolação feita com um pedaço de uma folha de teflon de 0,1 mm.

2 - É altamente recomendável que os contornos dos transistores sejam aumentados, utilizando para isso uma lima redonda. Isso é necessário pois as trilhas de alimentação ficam muito rentes ao dissipador do transistor e isso pode causar um curto entre a linha do +48V e o terra.

3 - Um erro grave foi cometido pela Motorola no projeto e esse erro foi seguido pela CCI : os capacitores de desacoplamento da alimentação ! No projeto original são capacitores multicamadas de 0,1 uF x 50V . Qualquer resquício de RF que passe por ele irá provocar uma bela explosão. Um dos casos informados - na internet - por quem montou esse linear, e comigo também , foi exatamente a queima desses capacitores pela presença de RF na linha de +48V . Outro problema é que a tensão de alimentação é muito próxima da tensão de isolação do capacitor. Por esses motivos eles foram substituídos por capacitores cerâmicos com uma isolação bem maior (600V).

Colocando no dissipador

Aqui começa outra fase, onde é necessária um pouco de habilidade mecânica e paciência. Como é um módulo amplificador de 600W é necessário um bom dissipador de calor. Utilizei um dissipador de alumínio com xxxx xxxx xxxx . Mas para melhorar a dissipação foi efetuada a colocação de uma placa de cobre entre os transistores e o dissipador de alumínio. Como o cobre tem uma maior capacidade de dissipação que o alumínio o calor dissipado pelos transistores é transferido com maior rapidez para o alumínio. Acabei utilizando uma placa com 3 mm de espessura, apesar de que na internet a recomendação é que ela seja de 10 mm. Observem na foto abaixo que foram feitos todos os furos de fixação , sendo que na placa de cobre todos são passantes (diâmetro 3,2 mm) e no dissipador de alumínio são furos com rosca M3. Todos os parafusos são M3x 20 de aço inox. Todas as roscas foram feitas com macho manual. CUIDADO para não quebrar o macho e perder um baita tempo para retira-lo do furo.



É então passada uma boa camada de pasta térmica entre as duas peças e também nos dissipadores dos transistores e com isso já é possível posicionar a placa e soldar os transistores. Não abuse da pasta térmica nos transistores para que não ocorra uma "melecada" na parte de baixo. Observem a folha de teflon do lado esquerdo da placa , entre a trilha do +48V e a placa de cobre (GND).

Ligando Tudo

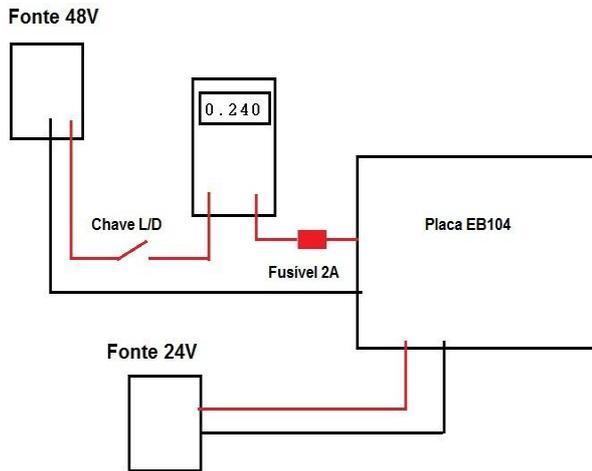
Agora começa a parte mais legal e emocionante que é ligar a placa e começar a fazer os ajustes. Antes porém vão as modificações a serem feitas para se evitar dor de cabeça nesta etapa. Essas modificações podem ser vistas na próxima foto. Tendo o esquema em mãos, veja que:

- 1 - Os resistores R19 e R20 (10 ohms) devem ser substituídos por 22 ohms. Isso evita problemas de auto-oscilação durante o processo de ajuste do Bias dos transistores. Esse problema de auto-oscilação me fez perder alguns fios de cabelo (dos poucos que ainda tenho) . Com isso o ganho será um pouco menor, mas garante-se que não ocorram auto-oscilações que podem queimar os Mosfet\$\$\$\$
- 2 - O resistor R6 e o Diodo Zener D5 foram removidos e a alimentação de bias feita diretamente com 24V. Isso ajuda a diminuir um pouco o aquecimento do regulador LM723
- 3 - Os capacitores de desacoplamento C13 e C14 devem ser substituídos por outros com uma tensão de isolamento maior, como comentado anteriormente
- 4 - Os trimpots de ajuste de bias R1, R2, R3 e R4 devem ser substituídos por outros de mesmo valor mas multivoltas. Isso facilita o ajuste do bias e evita a queima do transistor.

Revise bem todas as soldas e componentes para poder passar para o próximo passo.

Ajustando o Bias

No desenho abaixo é demonstrado como são feitas as ligações para o ajuste do bias dos transistores. O valor recomendável é de 250 mA para cada transistor, sendo que o ajuste é individual. Eu preferi deixar o ajuste de bias com 240 mA.



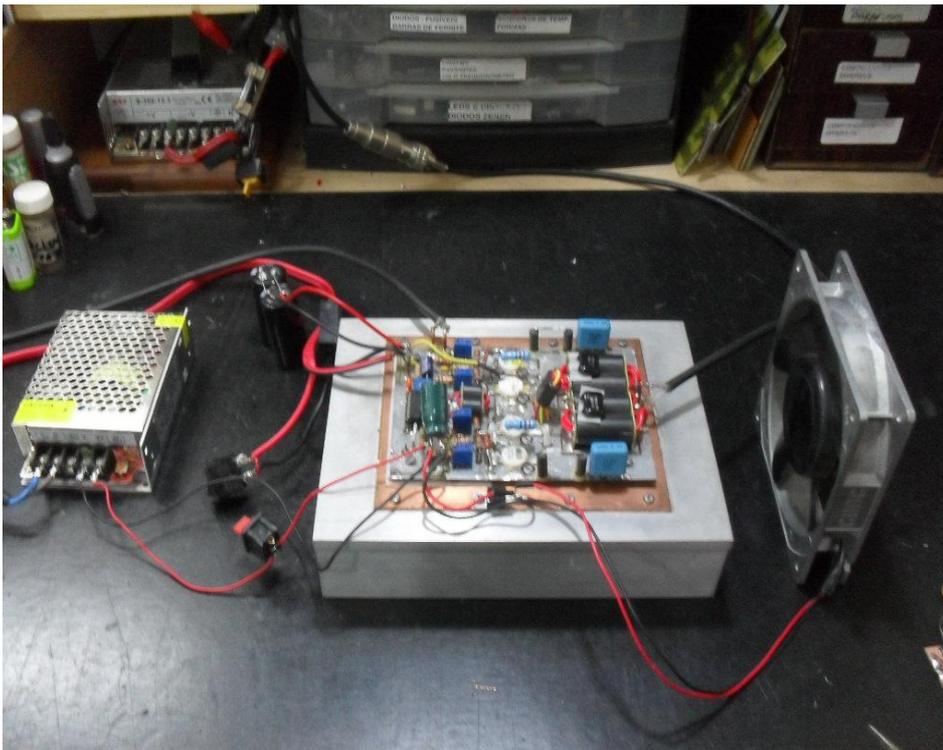
IMPORTANTE:

- 1 - A ajuste deve ser feito com uma ventoinha ligada , de forma a não deixar os transistores aquecerem.
- 2 - Antes de ligar os 48 V dos transistores, ligue os 24V e verifique no gate dos MRF150 se a tensão de bias está em 0V. Deixe todos os trimpots ajustados de forma que não exista nenhuma tensão DC nos gates. Se tudo estiver OK , no pino 3 do LM723 existe uma tensão de aprox. 8V
- 3 - Ligue os 48V e comece o ajuste de bias, que pode ser iniciado por qualquer dos transistores. O aumento da corrente é bem lento no começo. Quando chegar a 200 mA diminua a velocidade de ajuste. Terminado o ajuste do transistor inicialmente escolhido, parta para o próximo. A tensão no gate, para se alcançar os 240 mA, fica em torno de 3,8V a 3,94V variando em função das características de cada transistor.

Colocando RF na entrada

Nesta etapa, devemos ligar a excitação na entrada do linear. Eu utilizei um FT817 com potência de 1W para o início dos testes. Deve-se conectar um wattímetro na saída do Linear e uma carga não irradiante . Com essa potência de entrada é possível termos na saída aprox. 100W. Abaixo a placa do 1o módulo já testada e funcionando. O regulador de tensão fixado no dissipador na parte de baixo alimenta uma ventoinha de 12V . Com uma excitação de 4,5W a potência de saída ficou em torno de 500W ! :-)

Abaixo é possível ver a ventoinha e a fonte de 24V



Páginas da WEB que ajudaram com muitas informações :

<http://www.g4apvweb.pwp.blueyonder.co.uk/>

<http://www.ab4oj.com/quadra/sshfamp.html>

http://www.tomthompson.com/radio/600w_amp/600w_amp.html

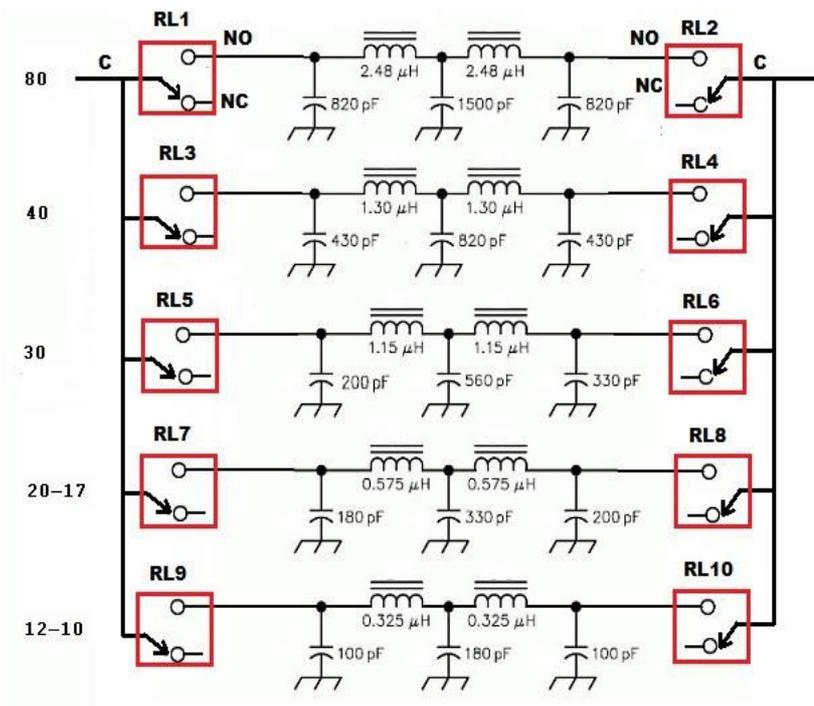
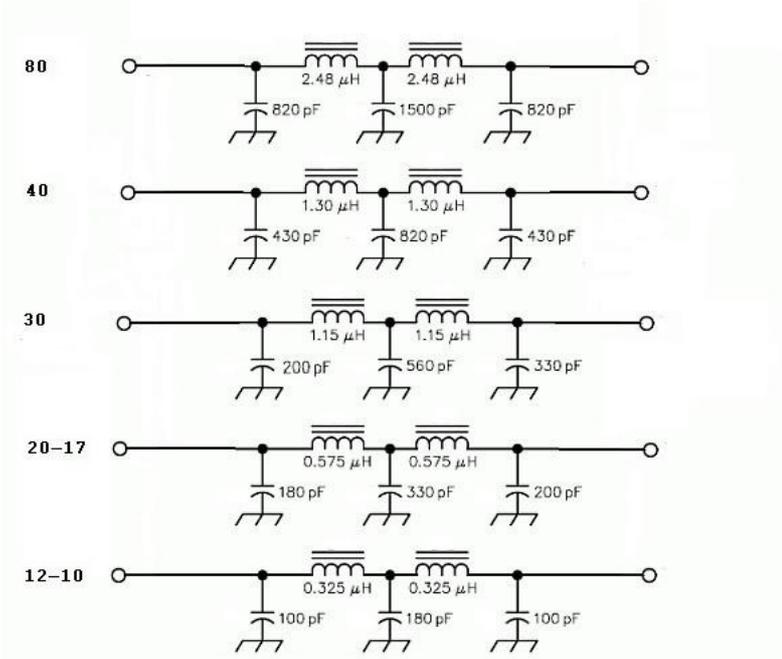
FILTRO LPF

O LPF (Low Passband Filter) é uma parte fundamental em um linear, tendo como função eliminar - ou diminuir - os níveis de espúrios e os harmônicos na saída.

Optei por utilizar o filtro projetado pelo WA2EBY pois o mesmo proporciona uma boa atenuação dos harmônico, utiliza capacitores de valores comerciais e nas bandas mais altas permite o uso de um único filtro para duas bandas, reduzindo assim os custos , tamanho, etc . Optei em construir os indutores com núcleos toroidais , tendo assim baixas perdas e alto Q. Forma tomados os seguintes cuidados:

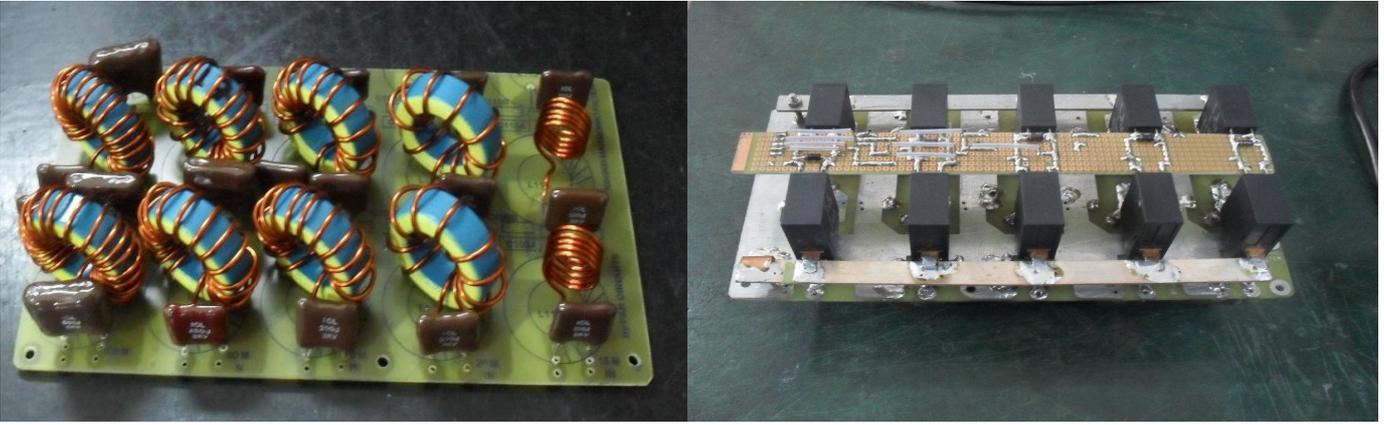
- Os capacitores utilizados são de mica prateada, com isolamento de 3KV.
- Em todas as bobinas foi utilizado fio esmaltado 1,5 mm . Todo o conjnto foi montado em uma placa de fibra de vidro reaproveitada de um velho Kit da FarCircuits que teve serrada a parte excedente.
- Todas as bobinas tiveram seu valor conferido com um indutímetro e o conjunto de cada banda deste filtro foi verificado com o software simulador Elsie
- Após a montagem cada banda foi testada sendo ligada a saída de um rádio comercial - foi utilizado um FT890 - para verificar se a inserção do circuito não causava o aparecimento de ROE na saída do rádio.

Abaixo o filtro utilizado, projeto do WA2EBY. A única modificação do projeto original foi a alteração do valor do capacitor de entrada da banda de 30 mts (330pF) para 200 pF. A esquerda o esquema por banda e a direita a ligação (sem a indicação das bobinas dos reles) com o e reles



Banda	Indutor	Núcleo	Espiras
80 mts	2,48 uH	T130-6	20
40 mts	1,30 uH	T130-6	15
30 mts	1,15 uH	T130-6	13
20 - 17 mts	0,57 uH	T130-6	10
15 - 10 mts	0,33 uH	AR 1/2" \emptyset	5

Abaixo é possível ver como ficou a montagem da placa filtro LPF e ao lado já como com os relés:



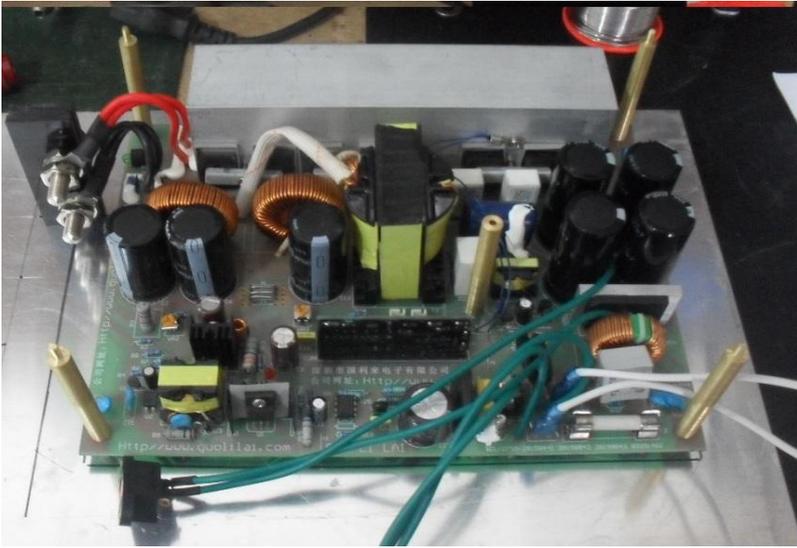
Sobre os reles.. observando os lineares transistorizados modernos é fácil ver que os reles utilizados na comutação dos filtros da unidade LPF não tem nenhuma especificação diferente de um rele convencional, sendo que talvez apenas a capacidade de corrente seja importante. Tendo em vista a possibilidade de uso de um rele fácil de ser encontrado e de preço acessível foi utilizado o mesmo rele que é encontrado em fornos de microondas de praticamente todas as marcas e modelos. Abaixo é possível ver na tabela os valores de tensão e corrente que o rele deve suportar



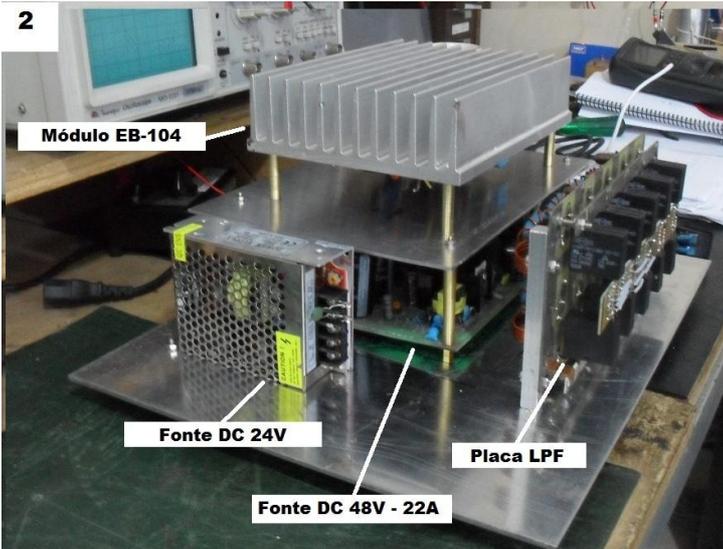
Power Watts	Load Ohms	V rms	V Pk	Amps Pk
1500	50	274	386	5.5
600	50	173	244	3.5
600	100	245	345	2.4
600	25	122	173	4.9

Autor : AC2CZ/VE2

Todos os testes feitos até agora - um único módulo EB104 - 600W- tiveram como fonte de alimentação uma fonte chaveada de 48V x 22Amp, comprada no ebay por 200,00 dólares. Na foto abaixo (1) é possível ver a fonte, já sem a sua caixa original, sendo instalada na base do gabinete do linear. Na foto 2 vemos o módulo amplificador propriamente dito, a Placa LPF com os reles e a fonte de 24V que vai alimentar o circuito de bias , reles, e outros circuitos diversos.



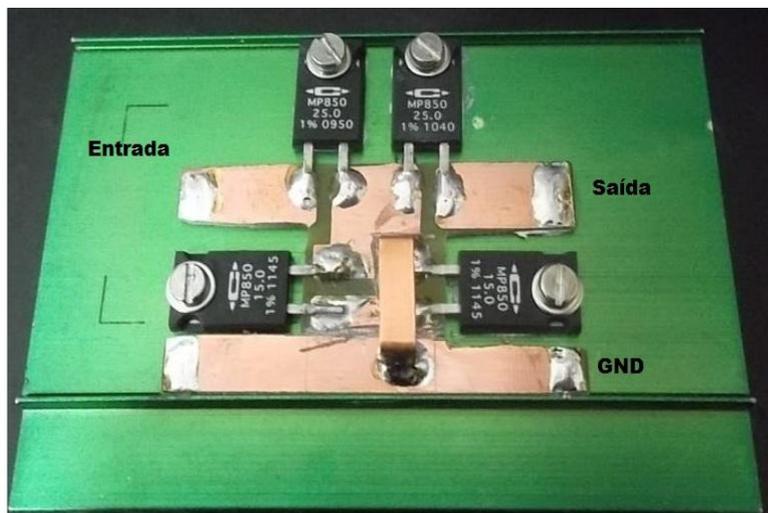
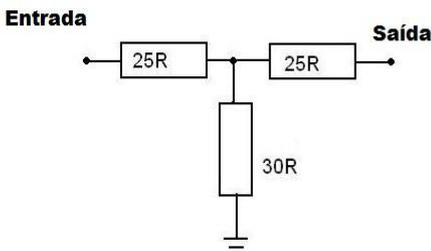
2



Atenuador de Entrada

Um dos maiores problemas em lineares transistorizados (e em muitos com válvulas de cerâmica) é a necessidade de utilizar sempre uma baixa potência de excitação.

Neste linear, como mencionado acima, com 4,5W já é possível obtermos 500W de saída. Dessa forma é muito grande o risco de acabarmos "fritando" os transistores Mosfet com uma potência elevada de entrada, já que na pressa de se usar o linear muitas vezes esquecemos de abaixar a potência de saída do rádio quando vamos operar com o linear. Dessa forma na entrada de RF do linear empregamos um atenuador de 10dB's , diminuindo assim a potência de excitação. Com isso podemos excitar o linear com 50 ou 60 W tranquilamente. O circuito é clássico e pode ser visto abaixo e ao lado como ele foi montado utilizando resistores não indutivos:



A montagem foi efetuada utilizando-se um dissipador de microprocessador de PC (dos antigos) . No caso para o resistor de 30R foram utilizados 2 resistores de 15R em série. Esse tipo de resistor (não indutivo / 85W) não é facilmente encontrado no Brasil , sendo que estes foram comprados na Mouser (www.mouser.com) e tem os seguintes part numbers :

684-MP850-25 (resistor de 25R) e 684-MP850-15 (resistor de 15R)

Existe o resistor de 30R (pn 624-MP85-30) mas o mesmo estava em falta

Módulo de Controle

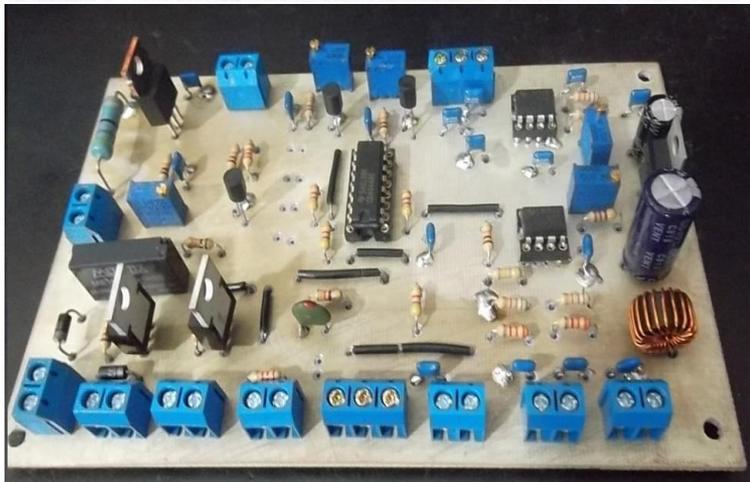
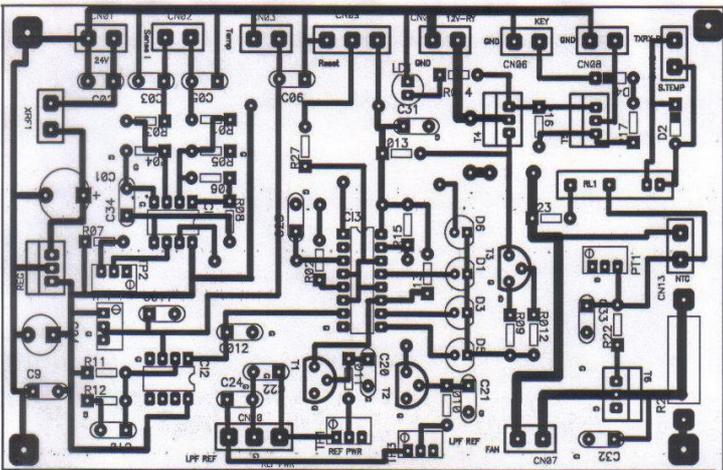
Já dizia uma propaganda, potência não é nada sem controle.

No caso deste linear - e de muitos outros - são necessários vários ponto de controle de forma a garantir o correto funcionamento do linear. Para isso é necessário um sistema de controle que monitore os seguintes parâmetros e tome as seguintes "providências":

Ponto monitorado	Controle efetuado
Temperatura do módulo EB-104	Velocidade da Ventoinha
Temperatura da fonte de alimentação	Velocidade da Ventoinha
ROE entre o módulo EB-104 e a placa LPF	Desligamento das tensões de alimentação do módulo de RF e Bias
ROE entre a placa LPF e a saída para antena	Desligamento das tensões de alimentação do módulo de RF e Bias
Corrente consumida pelo módulo EB-104	Desligamento das tensões de alimentação do módulo de RF e Bias

O circuito do módulo de controle foi desenvolvido pelo canadense Cris Thompson - AC2CZ/VE2 (http://www.g0kla.com/600Wamp/600wAmp.php) , sendo que foram efetuadas algumas alterações no circuito de forma a adapta-la as situações já pré-existentes, como o sistema de controle de temperatura da fonte chaveada e uma mudança sutil no controle da ventoinha pois neste projeto (meu) quando em modo Stand-by (RX) a ventoinha fica em funcionamento mas a uma velocidade mais baixa que o normal e quanto em TX ou na atuação da placa de controle a ventoinha entra em maior velocidade. O esquema pode ser [baixado aqui](#).

O lay-out da placa e a disposição dos componentes podem ser vistos abaixo:



OBS: por favor não me peçam o envio do lay-out da placa pois este foi feito no velho Tango for DOS , e os seus arquivos não são compatíveis com os softwares atuais.

Fonte de Alimentação

[Clique aqui para ver a fonte de alimentação para o linear de 1,2KW](#)

Voltar a página anterior

Voltar a Página Inicial