

BURRANGO-II

TRANSMISSOR 130 WATTS – 40m / AM

(Sistema de modulação através da fonte de alimentação)

Primeiramente, quero agradecer aos nossos amigos e colegas, PY2KO (Saulo), PY5VB (Villas Boas) e PY2JPP (Joaquim) pela contribuição que deram ao desenvolvimento do “Burrango-II”, cujo nome originou-se do casamento do amplificador linear “Burrigo-Branco” do Saulo, com o transmissor “Candango” do Villas Boas.

Do “Burrigo-Branco”, foi retirado o conceito de modulação pela fonte chaveada, do “Candango” a parte do estágio final de RF e do “Porvinha”, o oscilador a cristal mais o estágio excitador de RF.

O objetivo deste texto é proporcionar aos colegas radioamadores, licenciados pela Anatel, maiores detalhes sobre o funcionamento do modulador através da fonte chaveada.

A maior complexidade do projeto é verificada no circuito que também fornece a tensão de alimentação do estágio de RF. Supõe-se que os colegas tenham algum conhecimento de eletrônica e também equipamentos de medição como o voltímetro, osciloscópio, “grid-dip meter”, carga fantasma e medidor de ondas estacionárias.

A parte do circuito referente a este sistema de modulação do “Burrango-II” é de minha autoria e sua finalidade é para aplicações em estações de radioamadores, porém, não assumo nenhuma responsabilidade pelo uso indevido dos conceitos aqui detalhados e nem eventuais danos causados a outros instrumentos, equipamentos, interferências, etc.

Trata-se de uma fonte chaveada, que recebe alimentação primária, diretamente da rede de 127VCA, portanto, sem transformador de força na entrada, semelhante à quase todas as fontes de aparelhos eletrônicos atuais.

O circuito é um conversor com isolamento galvânica entre a rede de alimentação e a carga, incluindo a técnica de modulação por deslocamento de fase, muito conhecido por PWM (Modulação por Largura de Pulso), buscando-se alto desempenho e eficiência apesar das perdas de energia por dispersão magnética no trafo de ferrite, nos comutadores, nos diodos, no choque de filtro e no bloqueio dos “spikes”.

Foi escolhido o circuito conversor com ponto médio, também chamado de conversor “push-pull” meia ponte, devido à potência média de saída desejada ficar em torno dos 300W.

A frequência de chaveamento determinada, 90 kHz, é mais que o necessário para compor a largura de banda lateral de áudio, do sistema de amplitude modulada (AM).

O circuito integrado SG3525 integra o oscilador, o limitador de corrente, o “soft-start” (partida suave), a fonte de referência, o controle do “dead-time” para comutação segura e a saída de pulsos defasados em 180 graus, operando cada MOSFET no seu tempo e o “dead-time” foi ajustado no ponto mínimo possível para proporcionar o aproveitamento máximo da razão cíclica (duty cycle).

Os dois transistores IRFP460 funcionam como elementos de comutação da tensão DC, para criar tensão alternada pulsante de alta frequência e razão cíclica variando com o áudio. Esta forma de onda é aplicada no primário do transformador e após a retificação e filtragem no secundário, fazem a composição da tensão variável da modulação.

A excitação dos MOSFETs IRFP460 ficou a cargo de dois pares complementares de transistores (BD139 e BD140), objetivando um futuro aumento na potência do modulador. Para a isolação galvânica foram utilizados dois micro-trafos de ferrite.

O circuito integrado SG3525 determina a frequência de chaveamento, gera as formas de onda para o excitador controlando a razão cíclica e o circuito integrado LM2904 compõe o amplificador do microfone, enviando sinais de áudio para variar proporcionalmente a voltagem ao estágio final de RF.

Esta voltagem é ajustada em torno de 1,8VCC no pino 2 do controlador SG3525, correspondendo a tensão média da alimentação do estágio final, 62VCC (onda portadora).

É neste ponto que é produzida a modulação em amplitude, cuja voltagem de saída (62V) que vai ao estágio final de RF, atinge 124V com os pulsos positivos do áudio e cai a (0V) com os pulsos negativos, originando-se então 100% de modulação (AM). Sem os pulsos de áudio a tensão de alimentação do estágio final de RF volta a se estabelecer nos 62VCC.

No primário do transformador de ferrite a largura dos pulsos é maior quando o pico de áudio é positivo e menor quando o pulso de áudio é negativo.

Conseqüentemente, a maior e menor largura dos pulsos no enrolamento secundário caracteriza a variação da razão cíclica, correspondente ao tempo de condução dos FET's, e que depois de retificados compõem a tensão envoltória moduladora.

Os diodos retificadores HFA08TB60 são especiais para retificação de tensão em alta frequência (neste ponto em 180kHz) e o capacitor de 1uF / 250VCA, juntamente com o choque de filtro de 600uH, fazem a composição da filtragem da tensão, acompanhando a velocidade da envoltória do sinal de áudio.

O gráfico demonstrativo do sinal modulador está exemplificado tomando-se um sinal de mesma frequência, amplitude e forma de onda. Foi colocada uma blindagem eletrostática envolvendo o choque de filtro, porém, sem produzir fechamento do campo eletromagnético.

O capacitor de 3,2 nF / 500V em série com o resistor não indutivo de 130Ω / 9W (Snubber) é necessário para o amortecimento (dumping) dos pulsos “spikes”, oriundos na fase de fechamento dos MOSFETs pela persistência na condução dos diodos logo a seguir (tempo de recuperação reversa).

O circuito trabalha com onda quadrada em alta frequência e logo após o fechamento dos comutadores, os diodos ainda estão conduzindo, mantendo o secundário em curto. A tensão no primário é aplicada sobre a indutância de dispersão entre primário e secundário. Na seqüência o diodo “abre” e aparece um forte pulso oscilatório causado pelo acúmulo de energia na indutância de dispersão, precisando ser dissipada, caso contrário atinge a tensão de ruptura reversa do diodo

O circuito detector de corrente é necessário para proteger os transistores em caso de curto-circuito ou sobrecarga no modulador ou no estágio final de RF, e para isto foi usado um acoplador óptico TIL113 que atua no controlador 3525, forçando a queda progressiva da tensão no secundário do trafo de ferrite, reduzindo o excesso de corrente.

Para a fonte de alimentação primária foi desenvolvido um circuito de retardo, de aproximadamente 3 segundos, permitindo a elevação suave da tensão no banco de capacitores 470 uF / 250V ao acionamento da chave geral.

Ambas as fontes ficam desligadas durante o período de recepção, operando somente no acionamento do oscilador a cristal, para localização da frequência, ou em operação de transmissão.

Resumindo, este arranjo não passa de um amplificador unipolar, o qual transforma o sinal do microfone em voltagem controlada que vai ao estágio de RF.

O circuito da parte de RF é composto por um oscilador a cristal, comandado por um transistor BF494, com chave seletora para determinar a frequência desejada, seguida por um separador BF494 e um BC337 como amplificador sintonizado.

Logo a seguir, um BD139 em circuito aperiódico aciona um SD1446 sintonizado. Para controle da excitação foi usado um transistor TIP120, que atua como amplificador seguidor de tensão por emissor, ajustado por “trim-pot”.

O circuito do tanque final está a cargo de um MOSFET IRFP460, operando em classe E, e a tensão de alimentação de 62V provém diretamente da fonte moduladora através do choque de RF de 1,5mH ao dreno do transistor de RF.

A bobina casadora de impedâncias do estágio final para antena compõe o ajuste da carga para corrente de 2,7A, entregando uma potência líquida à antena entre 130 e 150W de RF.

É necessário um dissipador duplo (frente e costas) com ventoinha para o transistor, cuja temperatura não deverá exceder 85°C durante a modulação, momento em que a potência dissipada poderá ser quatro vezes maior, chegando aos 600W de saída nos picos positivos de áudio.

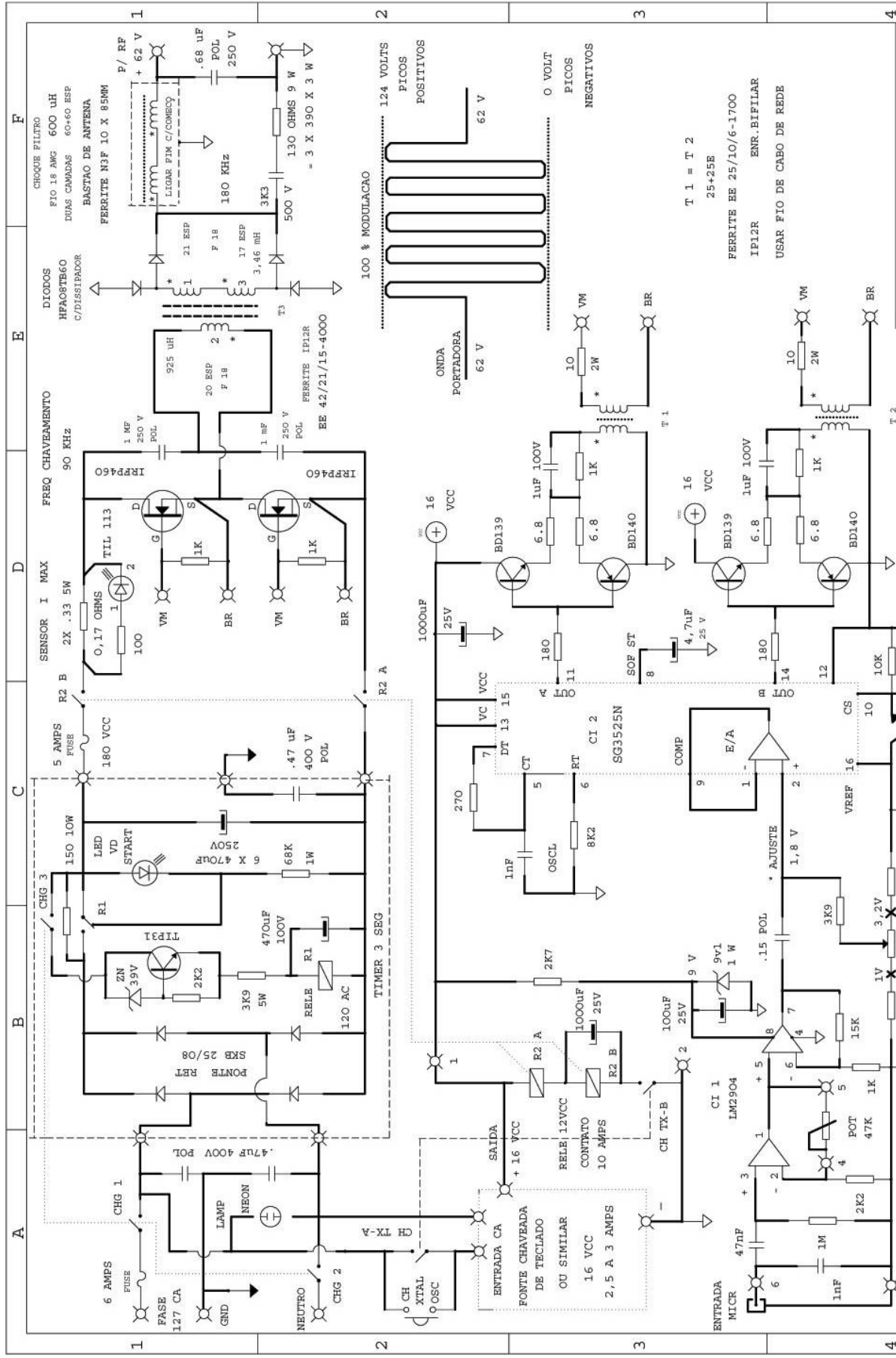
Durante os testes, foi usada uma antena “Double Bazooka”, ajustada em 40 metros, com excelente largura de banda e relação de onda estacionária central de 1,05:1, comportando-se extremamente bem com o circuito do estágio final, acoplada com cabo coaxial RG213.

O “Burrango-II” encontra-se em operação e com boas reportagens, porém ainda em fase de desenvolvimento, motivado pelo uso da nova tecnologia do sistema de alimentação com modulação sem transformadores. O peso do “macanudo” está em torno dos 3,7 quilos, estando incluídos o cabo de força e o microfone.

O seu sucessor, o “Burrango-III” terá como complemento no circuito de áudio, um (compressor / simetrizador / limitador) e vai entregar para a antena 500W de portadora e 2000W nos picos de áudio e a meta é não ultrapassar o peso do “Burrango-II”.

Carlos / PY2EAS / Campinas / 15-JAN-2010

Publicado na 813AM com autorização do autor em 11/2/2010 – www.813am.qsl.br



Title			
Size	Number	Fonte MODULADORA	Rev
C	600	W PEP	N
Date	15 / 03 / 2010	Drawn by	PY2EAS
Filename	BURRANGO.S01	Sheet	1 of 2

REGISTORES 1/8 W
SALVO ESPECIFICADO

SENSOR DE CORRENTE
TIL113

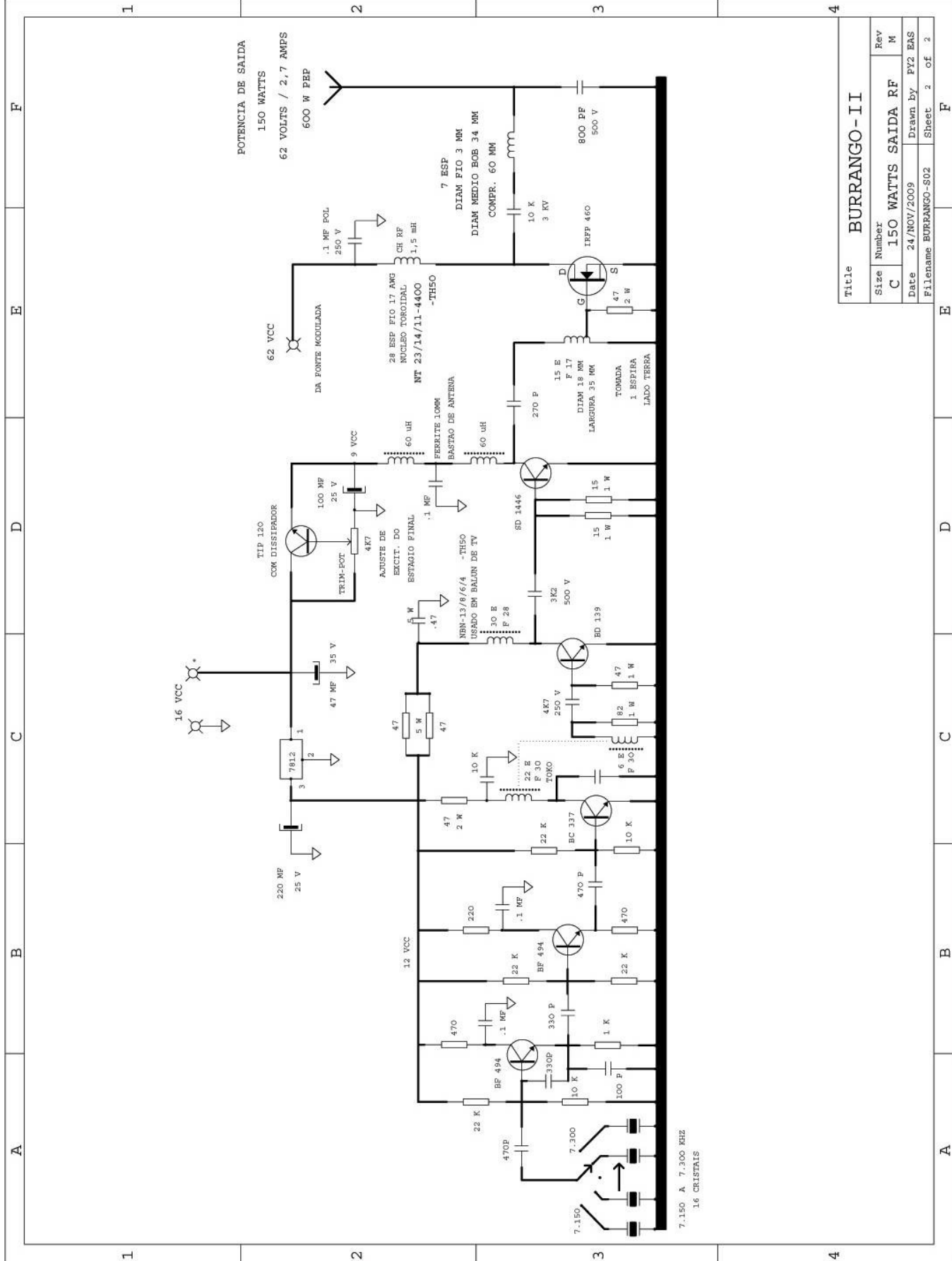
AJUSTE VCC
PORTADORA
4,7uF
25 V

AJUSTE
% DE AUDIO
POT 47K
1K

124 VOLTS
PICOS
POSITIVOS
62 V
O VOLT
PICOS
NEGATIVOS

T 1 = T 2
25+25E
FERRITE EE 25/10/6-1700
IP12R ENR-BIFILAR
USAR FIO DE CABO DE REDE

BURRANGO - I I



Title		BURRANGO - II
Size	Number	Rev
C	150 WATTS SAIDA RF	M
Date	Drawn By	File
24/NOV/2009	PYZ EAS	2
Filename	BURRANGO-S02	Sheet
		2 of 2

POTENCIA DE SAIDA
150 WATTS
62 VOLTS / 2,7 AMPS
600 W PEP

7.150 A 7.300 KHZ
16 CRYSTALS