portanto, uma montagem mais compacta. Ver Fig. 12 e Foto 2.

A corrente através de TR1 é de 10 mA com alimentação de 12 V, subindo para 14 mA com 15 V.

Amplificador de Potência — Funciona em classe C, tendo-se usado um transistor BD139, que é praticamente igual ao BD135 e BD137. Estes últimos, porém, têm tensão máxima entre coletor e emissor menor que 80 V, e se danificam com mais facilidade. Utilizados com cautela, podem ser empregados em lugar de TR2.

Em alguns projetos é comum instalar um diodo zener de 36 V/1 W entre o coletor e massa, a fim de proteger o transistor de saída contra picos de tensão. Em geral, estes surtos de alta tensão aparecem devido a regeneração parasita ou elevada r.o.e. na saída do amplificador. Assim, se o leitor utilizar em TR2 um transistor cuja Vce máxima não seja elevada, não deixe de colocar o diodo zener, conforme explicado.

Experimentamos muitos outros transistores, como o BD115, o 2N3053, etc. Todos eles exigiram maior excitação, sendo inferiores ao BD139 no presente circuito. O BC639 funcionou muito bem, mas sua potência máxima de coletor é de somente 1 W. Se o leitor optar por um transmissor QRPp, poderá utilizar o referido transistor.

O sinal de entrada para o amplificador de potência é retirado indutivamente através do secundário de 4 espiras enroladas sobre o centro de L1. O fio empregado é grosso, já que a impedância neste ponto é baixa.

Para evitar oscilações parasitas, foi incluído o resistor R5. Melhor solução seria o emprego de uma pérola de ferrita ("ferrite bead") sobre a ligação de base de TR2. Estes componentes são, entretanto, difíceis de encontrar no comércio. São muito usados nos amplificadores de VHF. Têm 6 mm de diâmetro por 6 mm de comprimento, possuindo um furo axial de 1 mm, pelo qual deve passar o condutor a ser desacoplado. É possível encontrar, também, toróides de ferrita de 6 x 2 mm. Fazendo-se uma espira com o fio de ligação de base do transistor sobre um desses toróides, teremos um substituto para a pérola de ferrita (**N.R.1**).

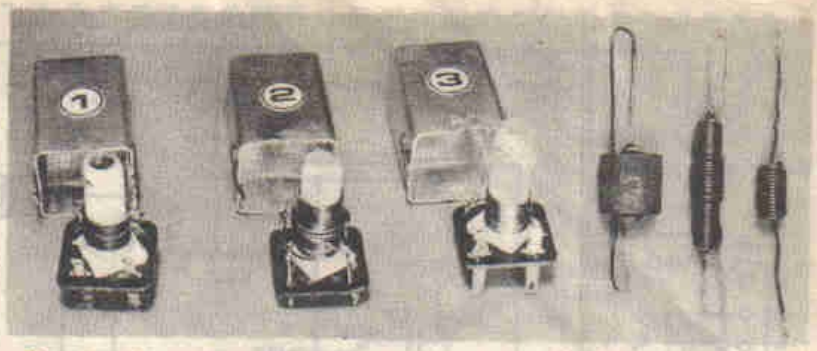


Foto 2 — Em vez de toróides, as bobinas osciladora, excitadora e do tanque final poderão empregar fôrmas de bobinas de F.I. utilizadas em televisores, com as respectivas blindagens, como pode ser visto no quadro esquerdo. Em "1" vê-se a bobina do tanque final; em "2" a bobina do O.F.V. (osciladora); em "3", a do excitador. Os dados de construção estão na Fig. 12. No quadro direito temos a confecção com toróides.

O emissor de TR2 vai diretamente à massa. Em alguns projetos coloca-se um resistor de baixo valor em série com o emissor, o que proporciona um certo grau de realimentação negativa, aumentando a estabilidade do estágio. Mas esta providência fez com que seja necessária maior excitação para a mesma potência de saída. Como no nosso projeto não notamos instabilidade neste estágio, não utilizamos este recurso.

O coletor de TR2 é ligado ao + VCC através de XRF1. A princípio, o Autor construiu um reator de R.F. enrolando 19 espiras de fio 22 AWG (0,64 mm), num toróide de ferrita de 8 mm de altura, 10 mm de diâmetro externo e 6 mm de diâmetro interno, calculado como manda a teoria. Passando à experimentação, notou-se que a potência de saída do transmissor não era a esperada, mostrando que o rendimento do amplificador estava baixo. Depois de experimentarem-se outros reatores, ficou comprovado que o melhor rendimento era obtido quando XRF1 era constituído por 9 espiras juntas, auto-suportadas, de fio 20 AWG (0,8 mm) com encapamento plástico e com um diâmetro interno de 6,35 mm (1/4 de polegada). Verificou-se que a indutância deste reator (que no protótipo foi de 0,26 μH) é algo crítica, e que pequenas variações dela faziam cair o rendimento do amplificador. Por isso, recomendamos ao leitor que ao fabricar XRF1, conforme os dados acima, solde-o no circuito e faça os ajustes no transmissor conforme descreveremos adiante. Depois disto, ainda com as lâmpadas ligadas à saída, ou com o miliamperímetro instalado (ver adiante), procure obter o maior brilho das lâmpadas ou a maior leitura no instrumento, deslocando aos passos, aos poucos, aproximando ou afastando as espiras de XRF1. Deste modo torna-se fácil ajustar a indutância deste componente. Depois de feito este ajuste, use cola plástica para fixar em definitivo as espiras entre si.

O tanque de saída é calculado para uma impedância de 50 Ω, tanto de entrada quanto de saída. Esta impedância ocorre no coletor com uma potência de entrada de 2 W, mais ou menos, com a tensão de alimentação de 12 a 15 V. Com potências

---

N.R.1 — As "pérolas" de ferrita são normalmente produzidas pela fábrica nacional Sontag, mas geralmente só são adquiridas pelas indústrias, não sendo encontradas no comércio de varejo.

CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES

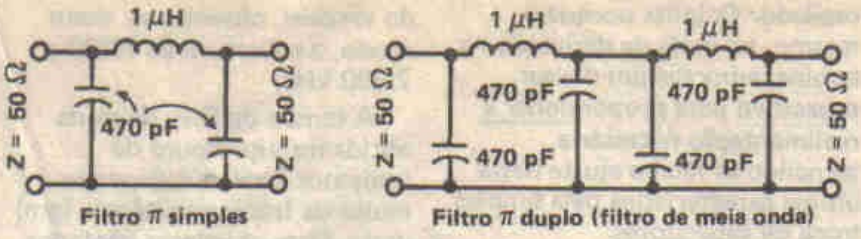


Fig. 4 — Dois tipos de filtros que poderão ser utilizados na saída do transmissor. Optamos, no "Alfinete", pelo filtro "pi" simples, esquematizado à esquerda.

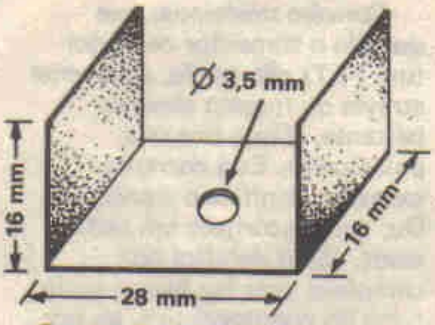


Fig. 5 — Desenho e dimensões do dissipador do transistor de potência. Utilizar chapa de alumínio de (pelo menos) 2 mm de espessura.

maiores, a impedância de coletor cai, mas, mesmo assim, o desempenho do filtro foi satisfatório com antenas de 52 Ω. Com antenas de 73 Ω, como é o caso dos dipolos de meia onda, o descasamento é um pouco mais acentuado, fazendo com que apareçam r.o.e. mais elevadas (foram medidas 1:1,7 a 1:2 em diferentes instalações). No entanto, na prática, o desempenho manteve-se plenamente satisfatório e, num projeto simples como o apresentado, não há justificativa para melhorar o resultado final obtido, complicando-se o circuito.

Para uma atenuação mais acentuada dos harmônicos inevitavelmente gerados em amplificadores como este, poder-se-ia utilizar dois filtros destes em série, numa configuração conhecida como filtro de meia onda, mostrado na Fig. 4. Devido ao nível de potência em jogo, cremos ser desnecessário complicar o projeto.

O circuito de saída possui um fator Q baixo e, devido a isso, não necessita ter sua sintonia retocada quando passa-se de uma freqüência a outra, o que, sob o ponto de vista operacional, é muito interessante.

A bobina L2 é enrolada sobre o mesmo tipo de toróide utilizado para L1. Também neste caso, pode-se utilizar uma bobina tipo solenóide enrolada sobre uma fôrma de 7 mm de diâmetro com núcleo, tal como descrito para substituir L1, devendo a mesma estar blindada em seu caneco de alumínio.

Como o transistor de potência dissipa entre 2 e 5 W, aquece-se bastante e tem que ser montado sobre um dissipador térmico, que poderá ser de tipo comercial ou fabricado com uma simples chapa de alumínio de 1 mm de espessura em forma de U, conforme ilustrado na Fig. 5.

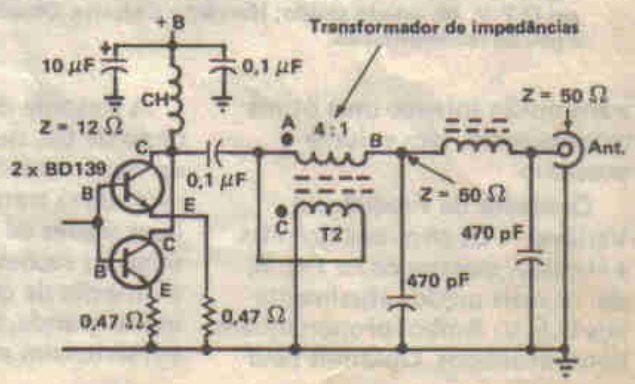
A eficiência teórica que se pode esperar para um amplificador operando em classe C, situa-se entre 60 a 80%. Na prática, entretanto, e levando-se em conta a simplicidade do circuito adotado, foi medida uma eficiência de 54% com carga de 52 Ω, e com uma potência de entrada de cerca de 5 W (saída de 2,7 W). Caso o leitor deseje uma potência maior, poderá utilizar dois transistores BD139 em paralelo, e chegar a obter uma potência de entrada superior a 10 W, mas... já não mais estará na categoria QRP! A Fig. 6 mostra esta versão QRO. A excitação fornecida por TR1 é suficiente para operar o amplificador com dois transistores. O uso de resistores de carvão de 0,47 Ω em série com cada emissor visa equilibrar eventuais diferenças no H_{FE} dos transistores.

A impedância de coletor neste caso cai para cerca de 12 Ω, tornando-se necessária a inclusão de um transformador de impedâncias (T2) de relação 4:1 entre o coletor e o filtro em pi de 50 Ω. Este transformador é enrolado bifilarmente sobre um toróide de ferrita. A Fig. 7 mostra exemplos práticos de transformadores como estes.

Chave TR — A chave CH1 fica encarregada de comutar a antena do transmissor ao receptor e vice-versa, ao mesmo tempo que corta a alimentação de TR1 e de TR2 durante os períodos de recepção, evitando, assim, que o amplificador possa ser danificado se o manipulador for acionado acidentalmente (TR2 estaria sem carga). As conexões que vão a CH1B devem ser feitas com cabo coaxial de 52 Ω, tal como consta no esquema, tendo as malhas das extremidades bem aterradas, a fim de que não ocorram realimentações indesejáveis.

Utilizamos no protótipo uma chave tipo alavanca de duas seções. Se o leitor desejar, poderá usar uma chave rotativa com mais uma seção, aproveitando a terceira seção para cortar o "Stand-by" de receptor ou para curto-circuitar seus terminais de entrada de antena. Com um pouco de sorte, pode ser que o leitor encontre no comércio uma chave tipo alavanca de 3 seções... Preferimos deixar o circuito como está, pois o sinal captado no receptor durante a

Fig. 6 — Esta é a versão QRO do estágio final do "Alfinete" — mas ele aí não fará mais jus à categoria QRP, nem ao nome. Será "Prego" ou "Alfinetão"... O O.F.V. e o estágio excitador permanecerão inalterados.



CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES

CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES

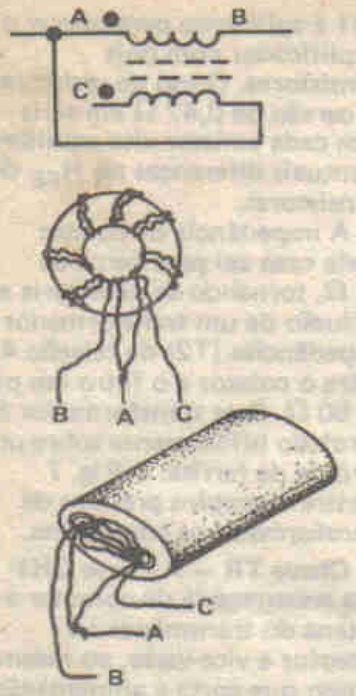


Fig. 7 — O balum com relação 4:1 necessário à versão QRO da Fig. 6: em cima o diagrama esquemático com identificação dos terminais; no centro, enrolamento em núcleo toroidal, com cerca de 12 mm de diâmetro; embaixo, utilizando-se um núcleo para balum de TV. Será utilizado fio esmaltado, calibre 24 AWG (0,51 mm); a bobinagem será do tipo bifilar, retorcendo-se os dois fios 5 vezes para cada centímetro de comprimento. Qualquer dos tipos (toroidal ou TV) terá 13 espiras. Muita atenção às ligações, como identificadas pelas letras nesta e na Fig. 6.

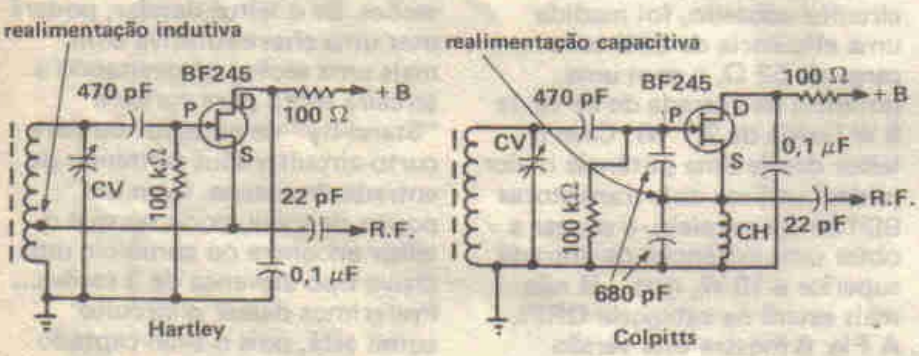


Fig. 8 — Estes são os dois circuitos osciladores básicos mais utilizados em O.F.V. do estado sólido: Hartley e Colpitts. Observar os diferentes tipos de realimentação.

transmissão fornece uma ótima monitoragem, sem volume excessivo.

Oscilador de Freqüência Variável — Os circuitos Colpitts e Hartley, mostrados na Fig. 8, são os mais usados atualmente nos O.F.V. Ambos proporcionam bons resultados. Optamos pelo oscilador Colpitts porque o mesmo, ao invés de derivação na bobina, emprega um divisor capacitivo para proporcionar a realimentação necessária, tornando-se fácil o ajuste desta última característica pela simples troca de capacitores.

A bobina osciladora deve ter um Q elevado para garantir a obtenção de uma forma de onda perfeita na saída. Uma forma de onda distorcida gera muitos harmônicos indesejáveis, os quais, nem sempre, podem ser eliminados nos demais estágios, e podem causar interferências e ineficiência do amplificador de potência.

A Fig. 9 mostra nosso circuito. Verificar não ter sido utilizado um diodo zener para estabilização da tensão de alimentação, pois, durante os testes, não verificamos variações nesta tensão, tendo o regulador da fonte de alimentação dado, sozinho, conta do recado.

Também L1 é enrolada sobre um toróide semelhante aos utilizados nas bobinas do excitador e do amplificador final. Como nos outros casos, L1 poderá ser feita com uma fôrma com núcleo de 7 mm de diâmetro, devidamente alojada em sua blindagem de alumínio.

A sintonia do oscilador está a cargo de C3, que é um capacitor variável metálico dos usados em receptores transistorizados, com duas seções de 300 pF. Somente uma das seções é utilizada. Como a variação de capacitância é muito grande, foi instalado C2 em série com a seção utilizada do variável, obtendo-se, deste modo, a cobertura de 7.000 a 7.300 kHz.

A tensão de R.F. de saída obtida no supridouro do transistor oscilador depende muito da transcondutância (gm) deste. Com os valores adotados para os componentes do protótipo, foram medidos de 0,3 a 0,8 V pico-a-pico.

Convém mencionar que quando o transistor oscilador (um FET) não oscila, a corrente através do mesmo eleva-se bastante, já que fica sem polarização. Esta corrente excessiva danifica o transistor. Ou, como acontece em certos casos, não o danifica por completo, mas faz baixar muito o gm do componente e, se, por exemplo, tinha-se 0,6 V na saída, passa-se a ter somente 0,2 V.

Portanto, se a tensão de saída for baixa, insuficiente para excitar devidamente o transmissor, desconfie do transistor e substitua-o. Também diminuindo-se o valor de C6, obtém-se maior tensão de saída; com o transistor em bom estado, isto não será necessário.

Como o estágio excitador do transmissor apresenta uma carga variável ao ritmo da manipulação, ao estágio oscilador, torna-se necessário empregar um ou mais estágios isoladores entre este e o excitador.

Na prática, constatamos que melhor isolação obtém-se com um transistor de efeito de campo em circuito de seguidor de supridouro. Daí o circuito adotado (TR2 na Fig. 9), que é seguido por um estágio amplificador, que proporciona uma saída de alguns volts pico-a-pico de R.F. A tensão de saída, ou seja, a excitação do transmissor, é ajustável pelo potenciômetro-miniatura ("trim-pot") R9.

Incluímos uma chave eletrônica, cujo principal componente é o diodo D2, para permitir que a freqüência do O.F.V. desvie-se uns 100 kHz da freqüência de operação durante os períodos de recepção.

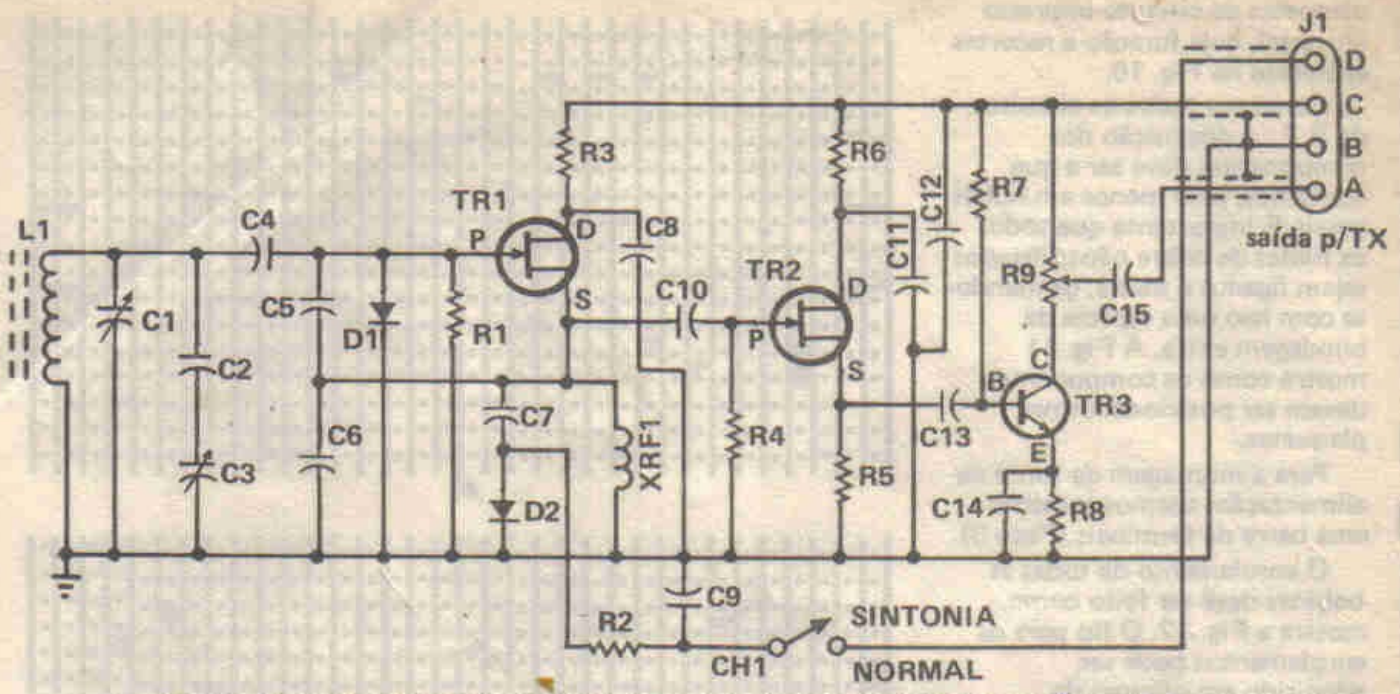


Fig. 9 — Diagrama esquemático do oscilador de freqüência variável. De L1 até C10 estão os elementos do oscilador; entre C10 e C13 os do estágio separador; de C13 em diante, o amplificador. C1 é o compensador ("trimmer") de posicionamento de faixa; C3 é o capacitor variável de sintonia; R9 é o controle de excitação. Mediante o interruptor S1, selecionam-se "sintonia" (S1 aberto) e "normal" (fechado); esta é a posição de operação e mantém o estágio oscilador funcionando em uma freqüência deslocada, para não prejudicar a recepção quando a chave TR do módulo de potência estiver na posição R.

LISTA DE MATERIAL

Semicondutores

TR1, TR2 — BF245 ou equivalente (ver texto)
TR3 — BC549 ou equivalente (ver texto)
D1, D2 — 1N914 ou equivalente

Resistores (todos de 1/4 W)

R1, R4 — 100 kΩ
R2 — 2,2 kΩ
R3, R5, R6, R8 — 330 Ω
R7 — 220 kΩ
R9 — 220 Ω, potenciômetro-miniatura ("trim-pot")

Capacitores (todos com tensão de trabalho igual ou maior que 25 V)

C1 — 35 pF, ajustável ("trimmer")
C2 — 47 pF, stiroflex
C3 — 300/300 pF, variável metálico (usar uma só seção)
C4 — 470 pF, stiroflex
C5, C6 — 680 pF, stiroflex
C7 — 100 pF, stiroflex
C8, C11, C12, C14 — 0,1 μF, cerâmico
C9 — 0,01 μF, cerâmico
C10, C13 — 22 pF, stiroflex
C15 — 0,001 μF, cerâmico

Diversos

CH1 — Interruptor simples
L1 — Bobina osciladora (veja texto)
XRF1 — Reator de R.F. de 0,1 a 0,5 μH ("peaking coil" de TV)
J1 — Conector de 4 pinos
Botão, caixa, 4 pés de borracha, circuito impresso, fio, solda, parafusos, etc.

onde comprar

Com mais informes sobre esta lista, no final deste número.

A comutação é feita por CH1A na Fig. 3. Com este expediente, o O.F.V. pode permanecer operando o tempo todo, o que muito contribui para sua estabilidade.

Esta chave eletrônica funciona da seguinte maneira: quando em transmissão, CH1A da Fig. 3 comuta o + VCC para o transmissor propriamente dito, não havendo, pois, nenhuma tensão de polarização sobre D2, que, portanto, não conduz, mantendo eletricamente desligado do circuito o capacitor C7. Quando CH1A é comutada para recepção, o + VCC passa a polarizar D2, que entra em condução e, praticamente, coloca C7 em paralelo com C6 (ambos da Fig. 9), fato que ocasiona o desvio da freqüência do O.F.V. para longe da freqüência de recepção.

Por fim, a chave "Normal-Sintonia" (CH1 na Fig. 9), quando aberta, isto é, na posição "Sintonia", corta a polarização de D2, permitindo que o O.F.V. possa ser sintonizado para a freqüência de recepção sem ser necessário atuar sobre a chave "Transmissão-Recepção" e, portanto, sem comutar a antena do receptor para o transmissor. Trata-se, no presente caso, de um "luxo" dispensável, mas que prestará serviços quando quisermos ajustar nossa freqüência de transmissão com a máxima precisão (para atender ao CQ daquela figurinha cujos sinais estão fraquinhos...). Durante um QSO, é claro, esta chave deve permanecer na posição "Normal".

MONTAGEM

Para facilitar a realização prática deste projeto, montamos os circuitos do O.F.V. e do excitador/amplificador sobre

CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★

plaquetas de circuito impresso universal, cuja furação e recortes aparecem na Fig. 10.

Como em todos os circuitos de R.F., a disposição dos componentes deve ser a que adotamos, pelo menos em linhas gerais. É importante que todos os filetes de cobre não utilizados sejam ligados à massa, ganhando-se com isso uma espécie de blindagem extra. A Fig. 11 mostra como os componentes devem ser posicionados nas plaquetas.

Para a montagem da fonte de alimentação, usamos somente uma barra de terminais (Foto 3).

O enrolamento de todas as bobinas deve ser feito como mostra a Fig. 12. O fio para os enrolamentos pode ser adquirido em oficinas de enrolamentos de motores e/ou transformadores. No nosso caso, aproveitamos o fio de um transformador de sucata.

As bobinas toroidais são coladas com cola epóxica ("Araldite", por exemplo) na plaqueta depois de soldadas. As espiras das mesmas devem ser fixadas também com este tipo de cola.

A identificação dos lides dos semicondutores pode ser feita pela Fig. 13.

Ao soldar os transistores de efeito de campo do O.F.V. (TR1 e TR2, Fig. 9), não esqueça de colocar uma bolinha de palhinha de aço (tipo Bom Bril) curto-circuitando seus lides, para não danificá-los. Mesmo com essa providência, é aconselhável, no momento da soldagem, desligar da tomada o ferro de soldar.

O transistor de potência e o circuito integrado devem ser untados com graxa de silicone antes de serem montados, para garantir um bom contato térmico. O circuito integrado é montado diretamente sobre a caixa de alumínio.

Todas as ligações externas às plaquetas devem ser curtas. No O.F.V. as ligações para o capacitor variável são feitas com fio rígido (Foto 4).

A fonte, o O.F.V. e o transmissor foram acondicionados em 3 caixas de alumínio iguais, adquiridas no comércio, com as seguintes dimensões: 60 x 100 x 130 mm.

No fundo da caixa do transmissor, foram feitos vários orifícios para melhorar a ventilação. Seria até mesmo aconselhável fazer uns orifícios nas laterais da caixa, nas proximidades do dissipador de calor.

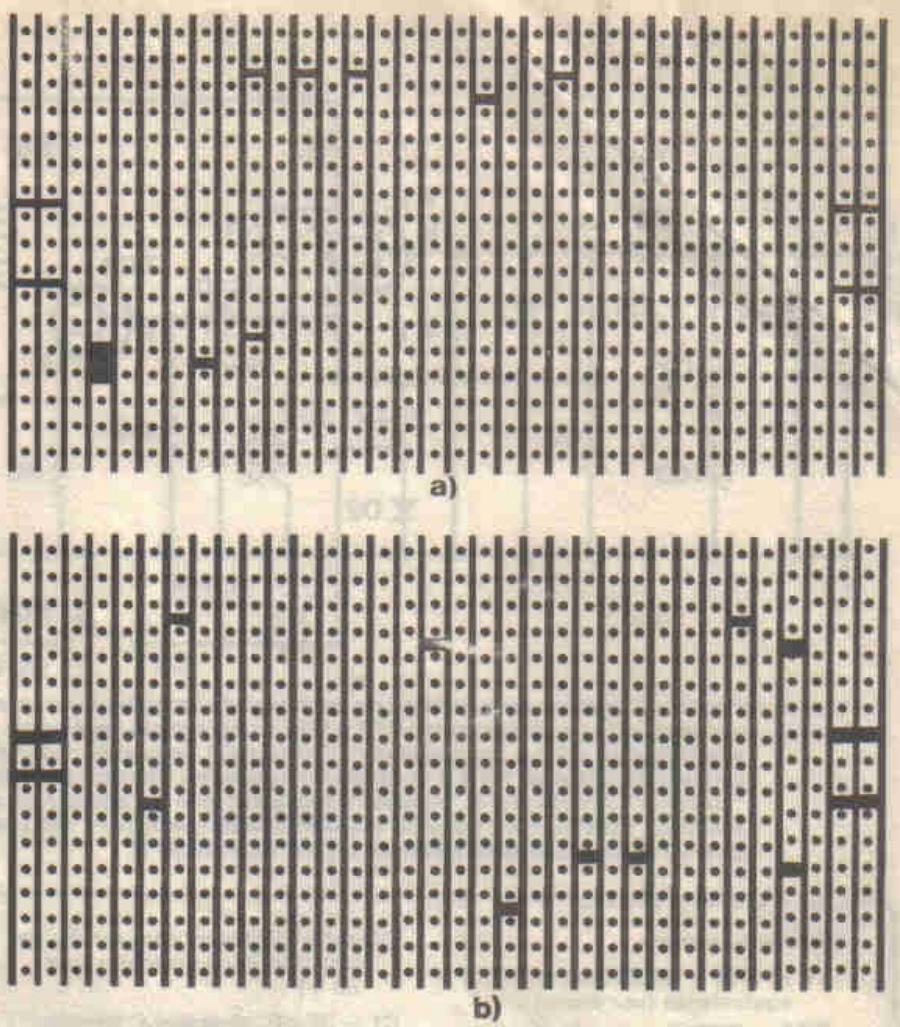
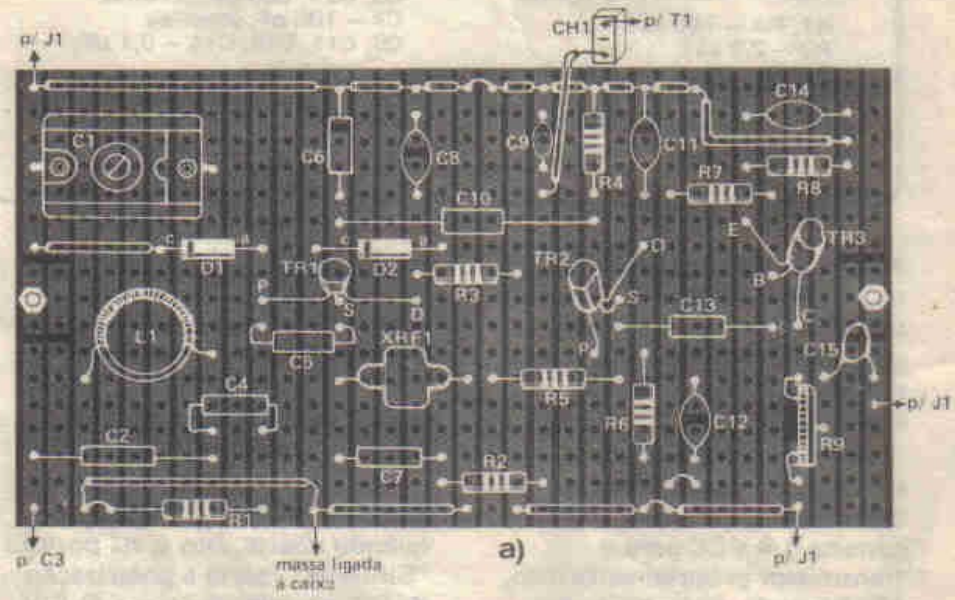


Fig. 10 — O protótipo foi montado utilizando placas impressas do tipo padronizado. Nos desenhos estão indicados os recortes e furações da plaqueta do O.F.V. (a) e os da plaqueta do módulo "transmissor" (b).



CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★ CQ-RADIOAMADORES ★