



CURSO DE

RÁDIO

TELEVISÃO E

ELETRÔNICA

VOLUME Nº 8

EDITADO PELO

INSTITUTO RÁDIO TÉCNICO MONITOR

Caixa Postal 30.277 - São Paulo - ZP-2

ATENÇÃO

Para maior facilidade no contrôle e rapidez de conferência, envie tôdas as fôlhas de exame e de trabalhos práticos desta remessa de UMA SÓ VEZ.

AVISO IMPORTANTE

Avisamos aos nossos alunos que é absolutamente indispensável mencionar em tôda a sua correspondência, e ESPECIALMENTE nos PAGAMENTOS, o seu NÚMERO DE MATRÍCULA, com o seu nome e endereço completos.

**Instituto Rádio Técnico
MONITOR S/A.**

Caixa Postal, 30.277 - S. PAULO

INSTITUTO RÁDIO TÉCNICO MONITOR

NÚCLEO DE ENSINO PROFISSIONAL LIVRE POR CORRESPONDENCIA

CAIXA POSTAL 30.277 - SÃO PAULO - ZP - 2

CURSO PRÁTICO DE RADIOTÉCNICA

LIÇÃO TEÓRICA Nº 15

OS TRIODOS

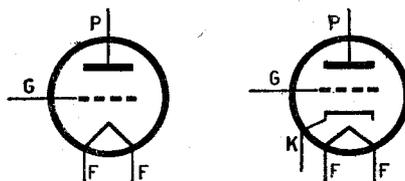
Os triodos são válvulas termiônicas com 3 elétrodos internos (figs. 1 e 2). Estes elétrodos são os seguintes:

1º) o **cátodo**, com o correspondente sistema de aquecimento, e que serve para emitir os elétrons;

2º) a **placa** que, polarizada positivamente, atrai os elétrons emitidos pelo cátodo;

3º) a **grade**, que é um fio em forma de espiral colocado em torno do cátodo, de tal maneira que todos os elétrons emitidos por êle tenham de passar entre as suas espiras para poderem chegar até à placa.

A missão da grade consiste em regular a quantidade de elétrons que devem atingir a placa. Se, por exemplo, ligarmos uma bateria de 3 volts entre a grade e o cátodo, de tal maneira que o pólo positivo da bateria fique ao lado da grade e o pólo negativo do lado do cátodo ou, em outras palavras, se polarizarmos a



F - FILAMENTO
G - GRADE
K - CATODO
P - PLACA

FIG. 1

— Símbolo de válvulas triodo. A esquerda, um triodo com aquecimento direto; à direita, com aquecimento indireto.

grade positivamente com relação ao cátodo, aquela atrairá os elétrons para si. Quando, porém, os elétrons chegarem perto da grade, ficarão também mais próximos da placa. Como esta dispõe de uma polarização positiva muito maior que a da grade, atrairá para si grande parte dos elétrons que de início se dirigiam à grade (fig. 3-A).

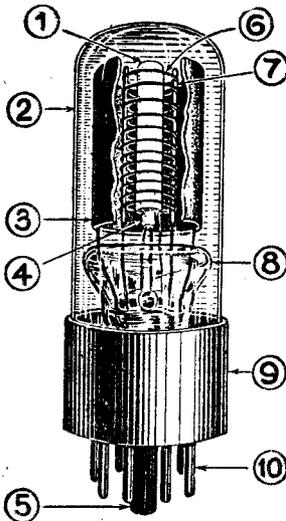


FIG. 2

Válvula tríodo em corte.

1. — Cátodo.
2. — Invólucro de vidro.
3. — Placa.
4. — Filamento.
5. — Guia central da base.
6. — Grade.
7. — Suporte da grade.
8. — Suporte de vidro para todos os elétrodos.
9. — Base de baquelite.
10. — Pinos de ligação.

Desta maneira, a grade desempenha um papel auxiliar para que os elétrons possam cobrir com maior facilidade a distância entre o cátodo e a placa. Quanto maior fôr a polarização positiva da grade (com relação ao cátodo), isto é, quanto maior fôr a voltagem da bateria ligada entre êsses dois elétrodos, maior será o auxílio dado aos elétrons e, por conseguinte, a intensidade de corrente entre o cátodo e a placa será muito maior de que numa válvula díodo comum.

Ligando-se, porém, esta bateria de tal maneira que o seu pólo negativo fique do lado da grade e o seu pólo positivo do lado do cátodo, com o que se conseguirá a polarização negativa da grade, repelir-se-á parte dos elétrons, que também são negativos.

Em consequência dessa repulsão dos elétrons que se dirigem à placa, naturalmente, decrescerá o número dos que podem atingi-la (fig. 3-B). Em outras palavras, com a polari-

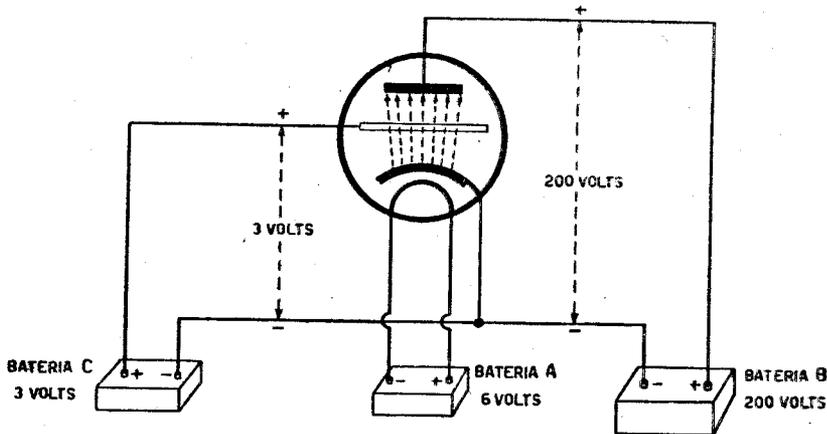


FIG. 3-A

Estando a grade positiva em relação ao cátodo, quase todos os elétrons que deixam êste elétrodo são atraídos à placa, resultando corrente de placa forte.

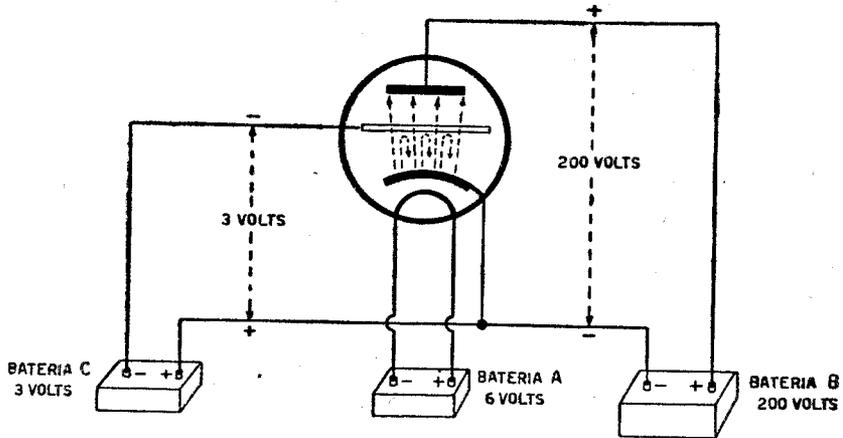


FIG. 3-B

Polarizando a grade negativamente em relação ao cátodo, repelir-se-á parte dos elétrons que estarão a caminho da placa. Conseqüentemente diminuirá a corrente de placa.

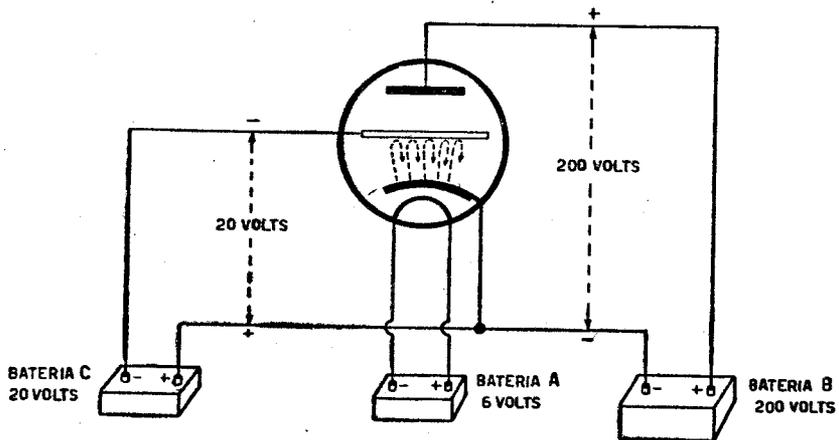


FIG. 3-C

Aumentando fortemente a tensão negativa de grade (no caso acima: -20 volts), esta última impede completamente a passagem dos elétrons à placa. Neste caso não flui mais corrente de placa, embora a mesma permaneça com polarização positiva.

zação negativa da grade diminui-se a intensidade da corrente entre o cátodo e a placa.

Quanto maior fôr a polarização negativa da grade, maior quantidade de elétrons será repelida por esta e, por conseguinte, maior será a diminuição que sofrerá a intensidade da corrente na válvula. Esta influência da grade é tão eficiente que, com adequada polarização negativa, poderemos até impedir por completo a passagem dos elétrons entre o cátodo e a placa (fig. 3-C).

A grade, em virtude de sua ação reguladora sobre a intensidade da passagem dos elétrons, recebeu muito propriamente o nome de **grade de controle**.

A grade de controle está colocada bem próxima ao cátodo e, por conseguinte, a sua influência sobre a corrente dos elétrons é muito maior que a da placa. Como o aluno deve saber, aumentando-se a tensão da placa de uma válvula aumentar-se-á a intensidade da corrente e diminuindo-se a mesma diminuir-se-á a intensidade.

Este mesmo efeito poderá ser conseguido alterando-se a polarização da grade de controle, com a única diferença de que, agora, será suficiente uma alteração de tensão muito menor para se obter o mesmo efeito que se conseguiu com as grandes alterações da tensão de placa.

A relação entre a polarização negativa de grade, a tensão de placa e a corrente resultante de placa, será dada em gráficos, denominados "curvas características de válvulas".

Para podermos explicar melhor a leitura e a utilidade destas curvas, utilizar-nos-emos de uma pequena analogia, que nada tem a ver com válvulas, mas que serve muito bem para explicar a leitura de gráficos.

Tomemos por exemplo um balde,

comum, redondo, com as paredes laterais inclinadas para fora. Se dermarmos neste balde um litro de água, esta chegará a uma certa altura, que anotaremos. Se colocarmos mais um litro de água, veremos que a nova altura, que também anotaremos, não será exatamente o dobro da anterior, mas sim um pouco menos. Se colocarmos sucessivamente outros e outros litros de água, anotando sempre as respectivas alturas da água, veremos que o aumento de altura vai decrescendo, conforme vamos enchendo o balde. Isto se dá em virtude de o balde possuir maior diâmetro na parte superior. Por esta

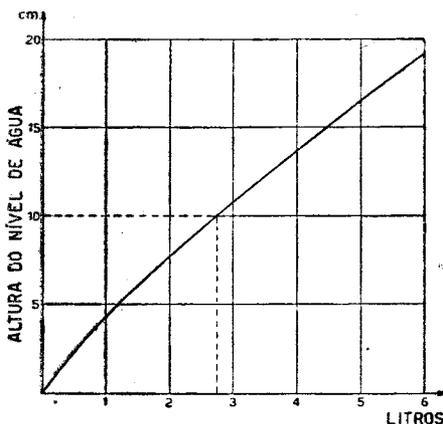


FIG. 4

Gráfico que relaciona a altura do nível de água num balde com a quantidade de litros contidos no mesmo. Esta figura serve como exemplo para a leitura de gráficos.

razão torna-se um pouco difícil saber quantos litros de água correspondem a uma dada altura do líquido no balde.

Fica relativamente fácil saber a altura do líquido correspondente a um número de litros, se fizermos uma curva que representa essa va-

riação. Para isso, traçamos duas retas perpendiculares entre si, uma vertical e uma horizontal, às quais denominamos os "eixos". Num desses eixos (por exemplo, o horizontal) marcamos 6 vezes uma certa distância qualquer e, pelos pontos obtidos, traçamos verticais. No eixo vertical marcamos então 20 vezes (por exemplo) uma outra distância

qualquer, traçando pelos mesmos retas horizontais. Podemos também traçar apenas de 5 em 5 divisões, para não complicar demais o desenho. As divisões do eixo horizontal (em número de 6) indicam o número de litros de água que se acham no balde, enquanto que as divisões do eixo vertical indicam as alturas em centímetros do nível de água.

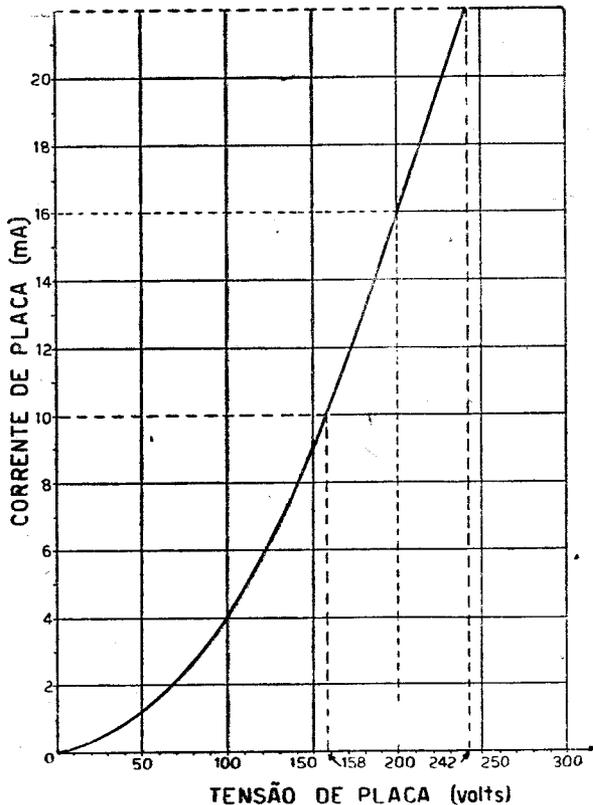


FIG. 5

Gráfico relacionando a corrente de placa de uma válvula com a tensão aplicada no mesmo eletrodo, estando a grade sempre com a tensão zero. As linhas pontilhadas referem-se aos exemplos contidos no texto.

Tomamos agora as anotações feitas ao colocarmos a água de litro em litro no balde e as transferimos ao gráfico. Isto é feito do seguinte modo: Vimos, por exemplo, que o nível de água, quando colocamos um litro no balde, era de 4 cm de altura. Medimos então sobre o eixo vertical o comprimento que corresponde a 4 divisões e marcamos esse mesmo comprimento sobre a primeira linha

vertical à direita desse eixo, correspondendo à divisão de 1 litro no eixo horizontal. A seguir, procedemos do mesmo modo às anotações para 2, 3, 4, 5 e 6 litros, marcando sempre, na respectiva reta vertical, a altura que atingiu o nível. Unindo depois os pontos assim obtidos por uma curva (isto é, traçando uma curva que passe por todos esses pontos) teremos a curva que exprime a altura

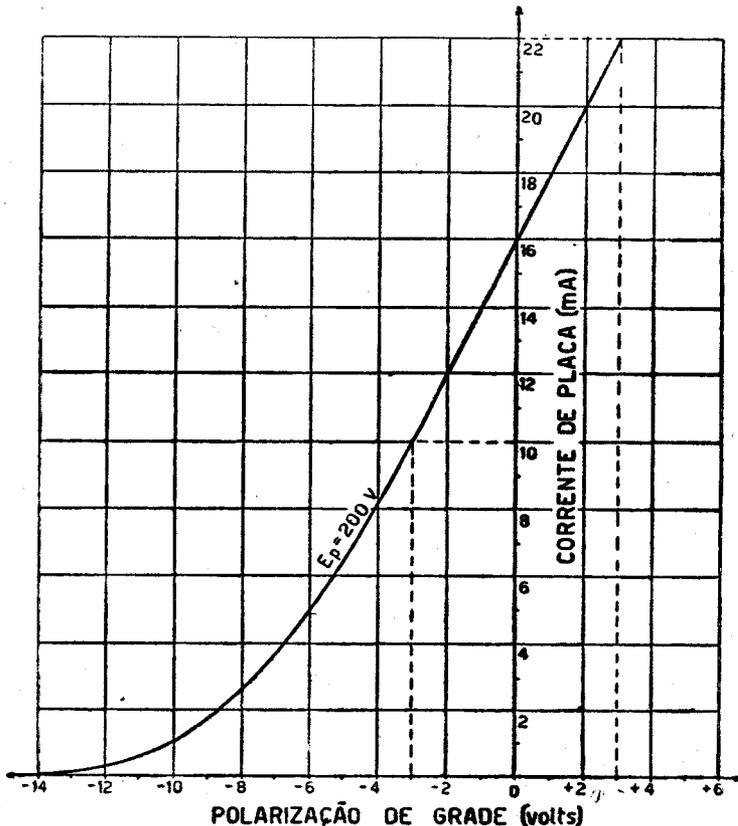


FIG. 6

Curva característica de uma válvula triodo. Este gráfico permite determinar a corrente de placa, com diversas polarizações negativas de grade, permanecendo constante a tensão de placa.

do nível de água em relação ao número de litros contidos no balde, **para um determinado balde.**

Esta curva deve ser a mais uniforme possível, sem saliência ou reentrâncias, o que se consegue somente com a máxima precisão e grande cuidado nas medidas. A curva assim obtida é semelhante à da figura 4.

Queremos agora saber quantos litros de água estão contidos no balde, sendo a altura, por exemplo, 10 centímetros. Procuramos agora, na reta vertical, o ponto correspondente a 10 centímetros.

Traçamos por esse ponto uma paralela é reta horizontal; teremos, no cruzamento dessa paralela com a curva, um ponto. Se traçarmos, por esse ponto, uma perpendicular à reta horizontal, acharemos nesta última o ponto correspondente ao número de litros contidos no balde. Se fizermos isso, no nosso caso, iremos encontrar o valor de $2\frac{3}{4}$ litros. Para qualquer valor, procedendo sempre da mesma forma, iremos encontrar, sabendo a altura, o número de litros que se acha dentro do balde.

Podemos também fazer o caso inverso. Queremos colocar $2\frac{3}{4}$ litros no balde; até que altura devemos enchê-lo? Traçamos, do ponto correspondente a $2\frac{3}{4}$ litros, uma perpendicular até à curva; do ponto de encontro nesta, traçamos uma horizontal, até encontrar a reta da esquerda onde se achará a altura pedida.

Depois desta rápida explicação a respeito da utilidade e do uso dos gráficos, voltamos ao assunto da lição.

As fábricas de válvulas elaboram, para cada tipo de válvula, os gráficos correspondentes às diversas tensões de placa e grade, em relação à corrente de placa resultante. Nas figuras 5 e 6, damos dois tipos diferen-

tes de características: a figura 5 mostra a dependência entre a tensão de placa (E_p) de uma válvula e a corrente de placa (I_p) resultante, quando a grade não possui polarização alguma, ou seja, a tensão de grade (E_g) é igual a zero. Por sua vez, na figura 6 é dada a relação entre as diferentes polarizações de grade e a corrente de placa resultante, mantendo-se constante a tensão de placa em 200 volts.

A leitura destes gráficos é feita conforme a explicação dada anteriormente. Vejamos primeiramente o gráfico da figura 5: uma certa válvula, ao serem aplicados 200 volts em sua placa, possui uma corrente de placa de 16 mA. (O exemplo está indicado no gráfico por intermédio de linhas pontilhadas). Se quisermos aumentar esta corrente mais 6 mA, ou seja, para 22 mA, devemos aumentar a tensão de placa para 242 volts. Disto resulta que um aumento de 42 volts na tensão de placa provoca um aumento de 6 mA na corrente do mesmo elétrodo. Querendo diminuir a corrente de placa original em 6 mA (isto é, para 10 mA), então temos de baixar a tensão de placa para 158 volts. Isto corresponde a uma diminuição de 42 volts, em relação à tensão original. Portanto, uma redução de 6 mA na corrente de placa requer uma redução de 42 volts na tensão de placa.

Nesta válvula poderemos conseguir as mesmas alterações na intensidade da corrente de placa, sem variar a tensão da mesma, mas sim variando unicamente a polarização da grade de controle.

Por exemplo: mantendo sempre a tensão da placa em 200 volts e polarizando a grade negativamente com relação ao cátodo, com uma bateria de 3 volts, a intensidade da corrente

de placa da válvula decrescerá, pois esta grade polarizada negativamente repelirá parte dos elétrons que pretendiam chegar até à placa. Em consequência dessa polarização negativa de 3 volts, a intensidade da corrente de placa ficará reduzida a 10 miliampères. Como se vê, foi suficiente uma polarização negativa de 3 volts na grade, para produzir exatamente o mesmo efeito que se conseguiu com uma diminuição de 42 volts, na tensão da placa. Em outras palavras, a eficiência da grade sobre a determinação da intensidade da corrente dentro da válvula é muito maior que a da placa (fig. 6).

Se em vez de polarizarmos a grade negativamente, o fizemos em sentido contrário, isto é, ligando a bateria polarizada de tal maneira que o seu pólo positivo ficasse ao lado da grade e o seu pólo negativo ao lado do cátodo, conseguiremos um aumento na intensidade da corrente de placa. Com a polarização positiva da grade de 3 volts, a intensidade da corrente na válvula aumentará até 22 miliampères. Com êsses dados, ficou evidente que bastou um aumento de 3 volts na polarização positiva da grade, para se obter o mesmo efeito conseguido com um aumento de 42 volts na tensão da placa da válvula. Ficou demonstrado, também, que a ação reguladora da grade é muito superior à de placa.

No caso citado, a grade tinha $42 \div 3 = 14$ vezes mais influência do que a placa.

Em outras palavras, para cada volt de alteração na polarização da grade conseguiu-se o mesmo efeito que com 14 volts de alteração na tensão da placa da válvula.

A característica particular da grade de contrôle, de regular tão eficientemente a intensidade da corrente de placa da válvula, permite que se empreguem as válvulas triodos como amplificadoras de tensão.

Aplicando-se entre a grade e o cátodo de uma válvula uma corrente alternada que produza a sucessiva polarização positiva e negativa da grade de contrôle, obteremos grandes variações a mais ou a menos na intensidade da corrente da placa. Essas variações de intensidade da corrente de placa serão de proporções

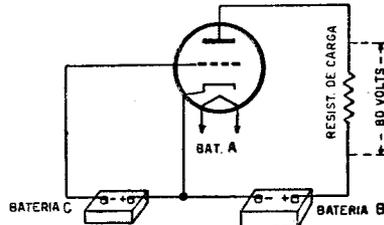


FIG. 7

As variações da corrente de placa são convertidas em variações de tensão, pela inclusão da resistência de carga do circuito de placa da válvula.

muito maiores que as alterações da corrente alternada aplicada na entrada da válvula.

Se ligarmos em série com o circuito de placa, isto é, entre a placa e o pólo positivo da bateria de alta tensão, uma resistência, verificaremos que, conforme o aumento ou diminuição de intensidade da corrente na válvula, a queda de voltagem produzida pela passagem da corrente de placa através dessa resistência, ora será maior, ora será menor. Como é do conhecimento do aluno, quando uma corrente atravessa uma resistência, produz uma diferença de po-

tencial entre as duas extremidades da mesma ou, em outras palavras, a resistência produz uma queda de voltagem (fig. 7).

Tomando por base a nossa experiência anterior, examinamos o comportamento da válvula com esta resistência. Suponhamos que foi ligada no circuito de placa da válvula uma resistência de 5 000 ohms. Quando a intensidade da corrente de placa é de 16 miliampères, esta resistência, que também é chamada de "resistência de carga", produzirá uma queda de tensão de $5\,000 \times 0,016 = 80$ volts. Verificando-se o aumento da intensidade da corrente da placa para 22 miliampères, a queda de voltagem produzida pela resistência também se altera. Agora será de $5\,000 \times 0,022 = 110$ volts. Na ocasião em que a intensidade da corrente diminui para 10 miliampères, a queda de tensão produzida pela resistência passou para $5\,000 \times 0,010 = 50$ volts. Em resumo, enquanto a grade de controle da válvula permanece sem polarização alguma, têm-se entre as extremidades da resistência de carga 80 volts. Logo, quando se aplica uma polarização negativa de 3 volts na grade de controle, a intensidade da corrente de placa diminui para 10 miliampères e a diferença de potencial existente entre as extremidades da resistência passa a ser de 50 volts. Em outras palavras, com a alteração de 3 volts na grade conseguiremos entre as extremidades da resistência de carga uma diferença de 30 volts (10 vezes maior que a alteração de voltagem aplicada na grade).

Do mesmo modo, quando, em consequência da polarização positiva da grade de controle, aumentar a

intensidade da corrente de placa da válvula, aumentar-se-á também, na mesma proporção, a queda de voltagem entre as extremidades da resistência de carga.

Das cifras acima conclui-se que a válvula com uma resistência de carga de 5 000 ohms ampliou dez vezes as alterações de voltagem que sofreu na grade. Esta mesma válvula, teoricamente, tem um fator de amplificação de 14, pois, como foi visto nas explicações dadas anteriormente, cada volt de alteração na grade equivale a uma alteração de 14 volts na tensão de placa.

Ao aluno inteligente, seguramente não escapou o fato de que a amplificação teórica de uma válvula sempre é maior que a amplificação verdadeira que se consegue com a mesma. No caso estudado tinha-se para a amplificação teórica o valor: 14; porém, na verdade, o fator de amplificação efetivo é apenas 10.

Com a mudança do valor de resistência de carga, as variações da queda de voltagem, em consequência das alterações de intensidade da corrente de placa, também serão diferentes. Por exemplo: se passarmos a empregar uma resistência de carga de 2 000 ohms, sendo a corrente normal de 16 miliampères, entre o cátodo e a placa teremos uma queda de tensão de $2\,000 \times 0,016 = 32$ volts.

Quando se aplicar a polarização negativa na grade, a intensidade da corrente decrescerá para 10 miliampères. A queda de tensão entre as extremidades da resistência de carga passará a ser de 20 volts. Quando, porém, devido à polarização positiva da grade de controle, a intensidade

da corrente de placa aumentar para 22 miliampères, a queda de potencial entre as duas extremidades da resistência de carga terá o valor de 44 volts.

Como se vê, com a resistência de carga menor apenas conseguiremos 12 volts a mais e 12 volts a menos, entre as suas extremidades, com idêntica alteração de polarização na grade. Em outras palavras, conseguiu-se desta vez uma amplificação de somente 4 vezes. Fica, pois, evidente que o valor da resistência de

placa ou bateria ligada entre a grade e o cátodo.

Se, porém, aplicarmos entre êsses elétrodos uma tensão de corrente alternada, esta alterará continuamente a polarização da grade que, por sua vez, produzirá as correspondentes alterações na corrente da placa.

Desta maneira, as variações da queda de tensão entre as duas extremidades da resistência de carga corresponderão exatamente às características da corrente alternada que foi aplicada entre a grade de

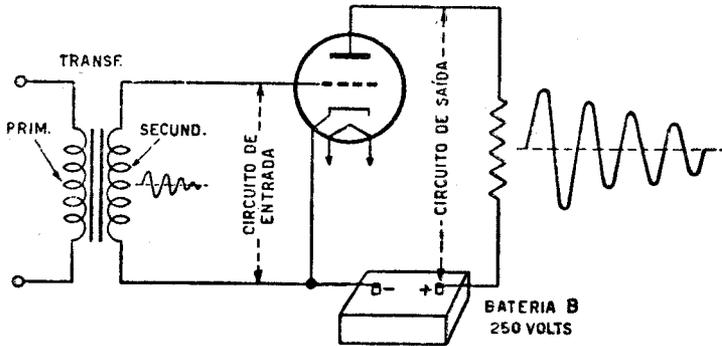


FIG. 8

As variações da tensão de grade da válvula aparecerão amplificadas entre as extremidades da resistência de carga, intercalada no circuito de placa da válvula.

carga tem grande influência sobre a amplificação verdadeira da válvula e que quanto maior fôr o valor dessa resistência, tanto maior será o rendimento. No exemplo acima, o aumento da resistência, de 2 000 para 5 000 ohms, aumentou a amplificação de 4 para 10 vezes.

Nos casos anteriores, a polarização negativa ou positiva da grade de controle foi conseguida com uma

contrôle e o cátodo da válvula (fig. 8). As alterações da queda de tensão entre as extremidades da resistência de carga corresponderão a essa corrente alternada, na sua frequência. Na sua amplitude, porém, será amplificada, isto é, aumentada diversas vezes. A grade e o cátodo de uma válvula à qual se aplica a corrente alternada que se deseja amplificar, constituem o circuito de entrada, enquanto que a placa e o pólo positivo

da bateria B são o circuito de saída da válvula. Por conseguinte qualquer sinal elétrico que se pretenda amplificar deverá ser aplicado no circuito de entrada, e obter-se-á a sua reprodução aumentada no circuito de saída da válvula.

Quando a grade de controle é positiva com relação ao cátodo, obter-se-á o aumento da intensidade da corrente de placa, porém, em consequência da sua polarização positiva, ela também atrairá alguns dos elétrons emitidos pelo cátodo e, por conseguinte, atuará como uma pequena placa. Este fato da grade trabalhar, quando positiva, como uma placa, não é conveniente, em absoluto, quando se tratar de válvula tríodo usada como amplificadora. Por conseguinte, tornou-se necessário descobrir um meio pelo qual se pudesse obter o efeito amplificador pela variação de polaridade da grade, sem que esta chegasse a atrair os elétrons para si. Isso se conseguiu pela polarização negativa constante da grade de controle, isto é, ligando-se entre a grade e o cátodo uma bateria que fornece, suponhamos, 6 volts. O pólo positivo é ligado ao cátodo, enquanto que o pólo negativo é ligado através do enrolamento de um transformador ou uma resistência, à grade da válvula.

Aplicando-se, por exemplo, ao circuito de entrada da válvula uma corrente alternada de 3 volts fornecida pelo secundário de um transformador que está em série com a bateria, sucederá que, quando a tensão induzida no secundário tiver as suas polaridades de tal maneira que a extremidade superior (do lado da grade) seja o seu pólo negativo e a extremidade inferior (do lado da

bateria) o pólo positivo, então a polarização da grade equivalerá à soma das tensões fornecidas pela bateria e pelo transformador (fig. 9), sendo neste caso igual a $6 + 3 = 9$ volts (negativos).

Quando, porém, a corrente induzida no secundário do transformador passar à sua fase oposta (pois se trata de corrente alternada, que muda de polaridade duas vezes cada ciclo), na extremidade do secundário que fica do lado da grade ter-se-á o

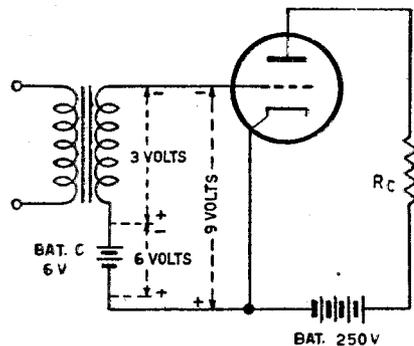


FIG. 9

As tensões alternadas do transformador sobrepõem-se à polarização negativa de grade. Se a ponta inferior do enrolamento secundário fôr positiva, adicionam-se as duas tensões.

pólo positivo e na outra extremidade o pólo negativo. Desta maneira, a tensão existente no secundário e a fornecida pela bateria encontrar-se-ão em fases opostas e, por conseguinte, a tensão entre a grade e o cátodo será igual à diferença entre essa duas forças eletromotrizes, ou sejam $6 - 3 = 3$ volts negativos (fig. 10). Como o aluno pode apreciar, apesar da grade sofrer grandes alterações no que se refere ao seu

potencial com relação ao cátodo, de forma alguma ficará positiva e, assim, jamais poderá atuar como uma pequena placa.

A bateria que serve para assegurar à grade de controle da válvula a sua polarização negativa, permanente, é chamada bateria "C", sendo ligada sempre da maneira acima indicada, isto é, o seu pólo positivo fica ligado ao cátodo, enquanto o negativo é ligado à grade, sempre, porém, em série com a tensão de corrente alternada (sinal) aplicada no circuito de entrada da válvula. Deve-se ter

zação mínima da grade necessária para conseguir o máximo rendimento da válvula.

A polarização mínima é indicada para várias voltagens diferentes da placa.

Por exemplo, para a válvula 12AX7, que é um triodo amplificador, quando se tem na placa (ou melhor, entre a placa e o cátodo) 100 volts, a polarização negativa da grade deverá ser -1 volt, para uma dada corrente de placa. Se aplicarmos uma tensão de 250 volts na placa, para obtermos a mesma corrente de placa será necessário polarizarmos a grade negativamente com $-2,5$ volts.

A polarização negativa da grade, como já foi dito anteriormente, influi na intensidade da corrente de placa da válvula. Uma grande redução nessa intensidade prejudica o seu rendimento. Por conseguinte, devemos atender a essas indicações do fabricante no que se refere à polaridade mínima. Com esta polarização mínima negativa, a intensidade da corrente de placa será a mais apropriada e o fator de amplificação, ou seja, a sensibilidade da válvula, a melhor possível.

Devido a estas razões, cada vez que aumentamos a voltagem da placa numa válvula amplificadora, devemos alterar também, na proporção correspondente, a polarização negativa da grade. Assim, manter-se-á a intensidade da corrente dentro da válvula (do cátodo à placa) nos seus valores justos e obter-se-á o máximo rendimento da mesma.

Como foi visto nos dados que acabamos de fornecer e que se referem à válvula 12AX7, para o aumento na tensão de placa foi necessário fazer a correspondente alteração na pola-

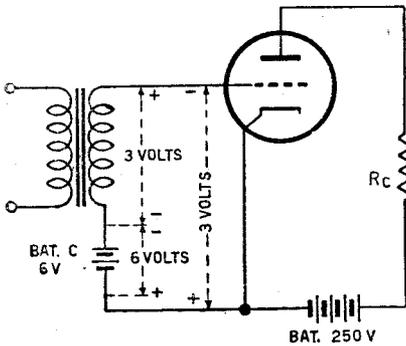


FIG. 10

Quando a polarização da tensão alternada está invertida com relação à figura 9, subtraem-se ambas as partes.

muito cuidado para que a tensão fornecida pela bateria seja sempre superior ou, pelo menos, igual à tensão máxima da corrente alternada que se aplica ao circuito da válvula. Desta maneira evitar-se-á qualquer possibilidade da grade se tornar positiva e, assim, atrair elétrons para si. A polarização negativa da grade, com relação ao cátodo, para cada uma das válvulas, é determinada pelo fabricante na tabela das características correspondentes. Nessas características de válvulas está indicada a polari-

rização de grade e, desta maneira, conseguir que a intensidade da corrente de placa permanecesse no mesmo valor. Igualmente, continuou sendo o mesmo fator de amplificação da válvula.

As válvulas termiônicas tanto podem servir para a amplificação das correntes de baixa-freqüência (correspondentes às ondas sonoras) como para a amplificação das correntes de alta-freqüência captadas pela antena. Por exemplo, a corrente de alta-freqüência induzida na antena pela onda eletromagnética é de intensidade insignificante e, por conseguinte, torna-se necessário aumentá-la ou amplificá-la muitas vezes, a fim de que seja possível obter no alto-falante a potência de som desejada.

Essa amplificação será feita com o auxílio das válvulas de rádio. Por exemplo, se entre as duas extremidades de um circuito de ressonância ligarmos o circuito de entrada de uma válvula, a corrente cuja freqüência estiver em ressonância

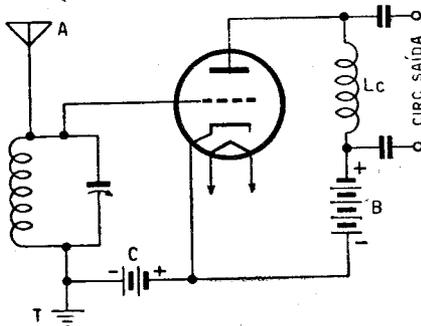


FIG. 11

Ligação de um triodo para funcionar como amplificadora de radiofrequência, a qual aparece sobre o circuito ressonante. L_c é uma indutância que corresponde à resistência de carga.

com o circuito estabelecerá, entre a grade e o cátodo, variação de voltagem bastante elevada, influenciando desta forma a corrente de placa.

As alterações de intensidade da corrente de placa acompanharão a freqüência da corrente que está sendo sintonizada pelo circuito de ressonância.

Tôda as outras correntes que circularem entre a antena e a terra irão, sem dificuldades, à terra, pois já sabemos pelas lições anteriores que o circuito de ressonância em paralelo não representa praticamente resistência alguma para as correntes alternadas cujas freqüências sejam superiores ou inferiores à freqüência de ressonância do circuito.

Representando o circuito de ressonância uma passagem fácil para as correntes fora de sintonia, estas não serão amplificadas pelas válvulas, pois a diferença de voltagem entre as duas extremidades do circuito de ressonância será praticamente nula e, desta maneira, não alterará a intensidade da corrente de placa da válvula. Será, porém, reforçada pela válvula, a corrente alternada induzida na antena pela rádio-onda emitida por uma estação cuja freqüência de emissão esteja em ressonância com o circuito de sintonia do aparelho.

ABREVIAÇÕES E SEUS SIGNIFICADOS

Daremos a seguir algumas abreviações mais freqüentemente usadas em relação às válvulas termiônicas, como também a maneira de interpretá-las.

Ef = Tensão de filamento (em volts).

If = Corrente de filamento (em ampères).

Ep = Tensão de placa (entre a placa e o cátodo) — (em volts).

Ip = Corrente de placa (entre cátodo e placa) — (em miliampères).

Eg = Tensão de grade (entre grade e cátodo) — (em volts negativos).

Ig = Corrente de grade (em ampères).

NOTA:

Quando se acha um traço antes da abreviação (por exemplo: —E), êste indica que êsse valor é negativo.

Quando se trata de polarização da placa, subentende-se sempre que a placa é positiva e o cátodo é negativo.

Aliás, quaisquer abreviações e indicações de tensão que se refiram às válvulas termiônicas sempre devem significar que o cátodo é o negativo e o outro elétrodo em questão é o positivo. Constituem exceção apenas os casos onde a abreviação é precedida de traço (o sinal matemático negativo), pois, nestes casos, o cátodo é positivo e o outro elétrodo é o negativo.

EXEMPLOS DE ABREVIÇÕES

Quando numa tabela de características de válvulas encontram-se as seguintes indicações: Ef = 25 e If = 0,3 entender-se-á que a tensão de filamento da válvula a que se referem os dados é de 25 volts e a intensidade da corrente do mesmo filamento é de 0,3 ampères.

—oOo—

INSTITUTO RÁDIO TÉCNICO MONITOR

NÚCLEO DE ENSINO PROFISSIONAL LIVRE POR CORRESPONDÊNCIA

CAIXA POSTAL 30.277

SÃO PAULO - ZP - 2

CURSO PRÁTICO DE RADIOTÉCNICA

LIÇÃO TEÓRICA Nº 16

AS VÁLVULAS AMPLIFICADORAS

De acôrdo com as explicações dadas na lição teórica anterior, deve-se ligar uma resistência no circuito de placa da válvula, a fim de que, entre as extremidades dessa resistência, apareça a tensão ampliada. Foi dito também na mesma lição que, quanto maior fôr o valor dessa resistência, maior será a amplificação. Por conseguinte, à primeira vista parecerá conveniente aumentar o valor da resistência de carga até várias centenas de milhares de ohms, pois assim obtaremos o máximo rendimento da válvula.

Há porém um inconveniente que se apresenta em todos êstes casos, e que se resume no seguinte: ao passar a corrente de placa através da resistência, produz-se uma queda de tensão entre as extremidades (fig. 1). A queda de tensão, produzida pela resistência de carga, reduzirá

a tensão total, fornecida pela bateria B, isto é, reduzirá a tensão entre a placa e o cátodo da válvula, diminuindo assim o seu rendimento.

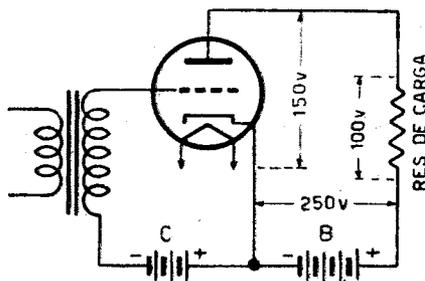


FIG. 1

A queda de tensão produzida pela corrente de placa sôbre a resistência de carga diminui a tensão disponível entre o cátodo e a placa.

Por exemplo: mesmo no caso citado na lição teórica anterior, empregando-se uma resistência de 10 000 ohms no circuito de placa esta pro-

duziu uma queda de tensão de 100 volts. Em conseqüência a tensão efetiva entre a placa e o cátodo ficou reduzida a 150 volts apenas. Isto quer dizer que, apesar de dispormos de uma bateria B, que fornecia tensão bastante elevada (250 volts), a válvula amplificadora funcionava como se fôsse alimentada com uma bateria de 150 volts. Quanto mais aumentarmos o valor da resistência de carga, maior será a queda de tensão produzida e menor será, por conseguinte, a tensão efetiva na placa da válvula. Tanto assim que, com uma resistência de valor muito elevado, a queda de tensão poderá atingir proporções grandes e a válvula deixará de funcionar por falta de diferença de potencial entre a placa e o cátodo.

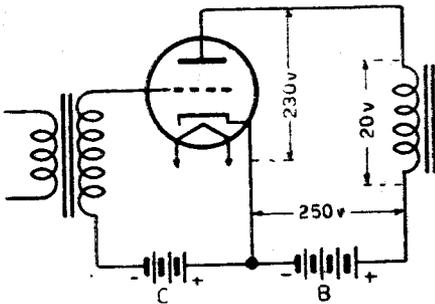


FIG. 2

A resistência do reator é baixa, portanto a queda de tensão provocada pelo mesmo é pequena.

Pelas razões que acabamos de expor, a conveniência do emprego da resistência no circuito de placa das válvulas fica bastante limitada.

Muitas vezes emprega-se no lugar da resistência de carga uma impedância ou também o primário de um transformador de alta ou de baixa frequência (fig. 2). Usando enrolamento em lugar de resistências, ter-se-á uma grande vantagem.

Essa vantagem consistirá em que, durante todo o tempo, quando a corrente de placa da válvula **não sofre alteração** na sua intensidade, a queda de tensão produzida pela impedância do enrolamento será quase zero, pois, sendo a corrente que então circula de intensidade constante, a impedância não se oporá em absoluto à sua passagem. A corrente de placa terá de vencer unicamente a resistência do fio que foi empregado na confecção do enrolamento. A resistência ôhmica desse fio nunca passa de umas dezenas ou, no máximo, centenas de ohms. Daí torna-se evidente que a queda de tensão produzida pelo enrolamento será insignificante e teremos entre a placa e o cátodo da válvula quase toda a tensão fornecida pela bateria "B" do aparelho.

Quando, porém, estamos aplicando tensão alternada no circuito de entrada da válvula, para amplificar, a corrente de placa da mesma sofrerá as variações correspondentes. De conformidade com os estudos até agora feitos, sabe-se que as impedâncias, por natureza, opõem-se às alterações de intensidade da corrente que flui através delas. Em

outras palavras, as impedâncias representam uma operação muito grande para as alterações de intensidade da corrente. Esta oposição será tanto maior quanto maior fôr a frequência das alterações. Deduz-se, pois, que, embora a impedância não ofereça resistência à passagem da corrente de placa, enquanto esta permanece estável, ela (a impedância) representará uma resistência de várias dezenas de milhares de ohms para a passagem dessa corrente, quando a sua intensidade estiver sofrendo as variações produzidas por uma tensão alternada, aplicada no circuito de entrada da válvula (fig. 3).

Por conseguinte, os enrolamentos substituem, com vantagens, as resistências no circuito de placa das válvulas, pois ao mesmo tempo que não reduzem sensivelmente a tensão efetiva entre a placa e o cátodo, asseguram rendimento grande, talvez ainda maior que o que se consegue com as resistências comuns.

Foi este o motivo pelo qual se usou uma impedância no circuito de placa da válvula amplificadora de radiofrequência, destinada a aumentar o potencial das correntes alternadas induzidas na antena pelas rádio-ondas recebidas. E acha-se de fato, em geral, em lugar da resistência de carga, uma bobina no circuito de placa de todas as válvulas destinadas a amplificar corrente alternada de alta-frequência. Quan-

do as válvulas têm de amplificar correntes alternadas de baixa-frequência, usa-se em muitos casos a resistência de carga.

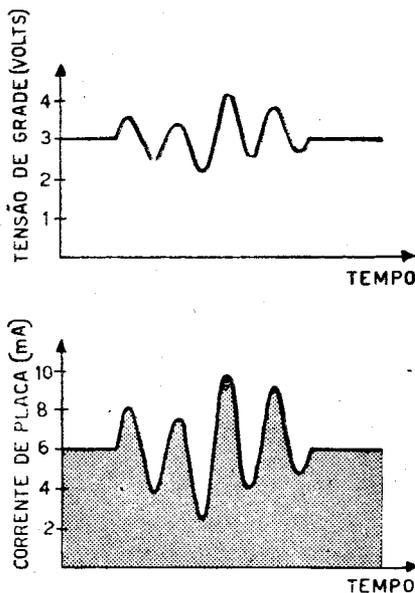


FIG. 3

O gráfico acima representa as variações da polarização de grade, em relação ao tempo. A área sombreada no gráfico de baixa representa as variações resultantes da corrente de placa da mesma válvula.

Outras vezes, porém, emprega-se uma impedância em lugar desta ou, o que é o mesmo, o primário de um transformador de baixa-frequência.

Quando se amplificam sinais de alta-frequência, é suficiente o emprego de uma bobina sem o núcleo de ferro, pois, como se sabe, o valor da impedância aumenta com o aumento da frequência do sinal que passa através dela.

Quando, porém, se pretende amplificar corrente alternada de frequência audível (baixa ou audio-frequência), é preciso empregar impedâncias com núcleo de ferro, devido ao fato de ser a frequência dessas correntes muito menor.

Foi mencionado anteriormente que o sinal de baixa ou de alta-freqüência, proveniente da antena, ou de um microfone, pode ser amplificada por 2, 3 ou mais válvulas, sucessivamente. Explicaremos a se-

Para o acoplamento das válvulas amplificadoras em geral usam-se 3 sistemas principais de acoplamento.

Estes são: 1.º) acoplamento com transformador; 2.º) acoplamento com resistência e capacidade; 3.º) acoplamento com indutância e capacidade.

Na fig. 4 vemos o esquema do acoplamento com transformador entre 2 válvulas:

O primário do transformador é

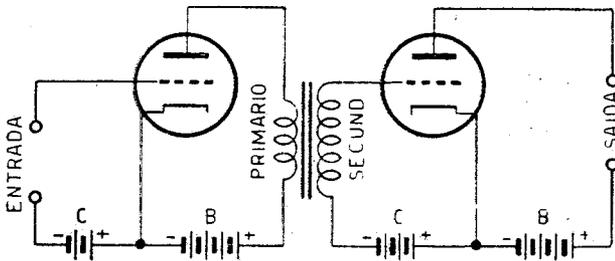


FIG. 4

Acoplamento com transformador de RF entre duas válvulas amplificadoras de baixa-freqüência.

guir como se faz a transferência da corrente amplificada por uma válvula à outra, a fim de ser novamente amplificada.

A conjugação das válvulas é feita de tal maneira que os sinais amplificados por uma sejam transferidas ao circuito de entrada da outra, para serem novamente amplificados; a isto chamamos "acoplamento". Também se denomina acoplamento a disposição de 2 ou mais circuitos elétricos, de tal maneira que a energia elétrica existente em um circuito fique transferida total ou parcialmente aos outros.

ligado ao circuito de saída da primeira válvula, enquanto o secundário liga-se ao circuito de entrada da válvula seguinte.

Em outras palavras, uma das extremidades do primário vai ligada à placa de primeira válvula, enquanto a outra extremidade liga-se ao pólo positivo da bateria "B" (+B). Do secundário, uma extremidade vai ligada à grade da segunda válvula e a outra ao pólo negativo da bateria "C".

Desta forma, qualquer alteração de intensidade na corrente de placa

da primeira válvula, atravessando o enrolamento do primário do transformador, induzirá no secundário uma tensão alternada.

A tensão de corrente alternada, induzida no secundário, é aplicada entre a grade e o cátodo da 2.ª válvula e, por sua vez, altera a intensidade da corrente de placa desta.

Desta forma, conseguiu-se a transferência da corrente alternada a amplificar, do circuito de saída da primeira válvula ao circuito de entrada da segunda.

Chamamos a atenção do aluno para o fato de que uma válvula amplificadora não amplifica a mesma tensão usada para controle. O que acontece é que no circuito de saída aparece, por assim dizer, a fotografia, mais ou menos fiel e amplificada, da tensão aplicada no circuito de entrada da mesma válvula.

O transformador usado no acoplamento das válvulas pode ser: com núcleo de ferro laminado, quando a corrente a amplificar é de baixa ou de audiofrequência, e sem núcleo de ferro, quando se trata de corrente de frequência elevada.

Os transformadores sem núcleo de ferro podem ser de 2 tipos: 1.º) sintonizados; 2.º) aperiódicos ou não sintonizados. Os transformadores sintonizados possuem o primário ou o secundário, ou ambos, sintonizados. A sintonização é feita com o auxílio de um condensador

de capacidade ajustável, quando se trata de transformador de acoplamento, que servirá para amplificar uma só frequência (exemplo: os transformadores de frequência intermediária).

Os transformadores de frequência intermediária servem para a transferência de uma frequência fixa, na maioria das vezes, 455 quilohertz.

Por conseguinte, o condensador ajustável pode servir satisfatoriamente, pois, uma vez ajustado o circuito à frequência de ressonância desejada, não é mais necessário fazer alteração alguma (fig. 5).

Quando o transformador de acoplamento é destinado à amplifica-

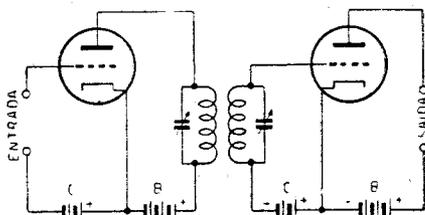


FIG. 5

Acoplamento com transformadores sintonizados, entre duas válvulas amplificadoras de RF.

ção de uma determinada faixa de frequência, torna-se necessário o uso de condensador de capacidade variável, para que este, em combinação com a bobina do primário ou do secundário do transformador, cubra a faixa de frequências que desejamos amplificar.

Os transformadores aperiódicos não possuem, nem no primário nem no secundário, capacidade alguma em paralelo.

O emprêgo do transformador sintonizado é muito mais vantajoso que o dos transformadores aperiódicos, especialmente na amplificação de frequências altas. Isto se deve ao fato de que o transformador aperiódico apresenta uma impedância praticamente igual para tôdas as frequências, inclusive aquelas que não desejamos amplificar. Pelo contrário, os transformadores com o primário ou o secundário (ou ambos) sintonizados oferecem uma impedância máxima para o sinal com cuja frequência está em ressonância, apresentando, ao mesmo tempo, quase um curto-circuito para os sinais cuja frequência é superior ou inferior à frequência de ressonância dêsses. Assim se conseguirá que apenas passe para o circuito de entrada da próxima válvula, a corrente cuja frequência está em ressonância com o transformador. Essa corrente é a que foi induzida na antena pela rádio-onda proveniente da estação que se deseja receber e que se sintonizou com o circuito de ressonância.

Por conseguinte, num aparelho de rádio, emprega-se também circuitos de ressonância na sintonia das correntes provenientes da antena, porém, é conveniente empregarem-se também circuitos de ressonância entre as válvulas amplificadoras de

alta-frequência, a fim de se poder obter seleção melhor entre as correntes induzidas na antena pelas estações. Além desta vantagem do acoplamento com o auxílio do transformador, há também a de se poder aumentar, com o auxílio do mesmo transformador, a tensão da corrente alternada.

Por exemplo: se temos entre as espiras do primário e o secundário do transformador a relação de 1 para 3, ou seja 3 vezes mais espiras no secundário que no primário, a tensão induzida entre as extremidades do secundário será 3 vezes maior que a tensão aplicada nas extremidades do primário.

O uso de transformadores é muito freqüente nos aparelhos de rádio.

Usa-se um transformador de acoplamento entre a antena e a primeira válvula amplificadora de radiofrequência (oem secundário sintonizado), assim como se adota um transformador de radiofrequência ou de frequência intermediária entre as válvulas amplificadoras, usando-se também um transformador de baixa-frequência para acoplar entre si as válvulas amplificadoras de baixa-frequência.

Na figura 6, vemos o acoplamento entre a antena e a primeira válvula amplificadora e entre a primeira e a segunda válvula amplificadora de radiofrequência. Naturalmente, para que as válvulas possam funcionar, torna-se necessário que as mesmas

sejam alimentadas nos filamentos para o aquecimento do cátodo. Outrossim, deverá existir também uma diferença de potencial (fornecida pela bateria "B") entre a placa e o cátodo, assim como a grade deverá estar polarizada negativamente, em relação ao cátodo, com o auxílio da bateria "C", ficando, desta forma, o conjunto em condições de funcionar.

será aplicado entre as duas extremidades da resistência de sua grade.

Entre as extremidades da resistência de carga R_c , dessa mesma válvula, obteremos a tensão alternada amplificada. Esta, com auxílio do condensador C-1, de um lado, e C-2, do outro, passará ao circuito de entrada (grade e cátodo) da válvula seguinte.

Desta forma, a tensão de cor-

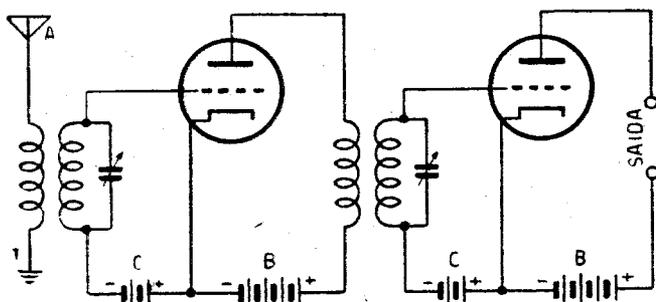


FIG. 6

Acoplamento entre antena e grade da primeira válvula amplificadora de RF, bem como entre a placa desta e a grade da segunda válvula, por intermédio de transformadores com secundário sintonizado.

Deseja-se, ainda, chamar a atenção do aluno para o fato de que as mesmas baterias poderão servir para alimentar mais de uma válvula. Assim, por exemplo, na fig. 7, vemos um circuito de duas válvulas empregando uma só bateria "A", "B" e "C", para fornecer a corrente para ambas as válvulas.

Outro dos sistemas de acoplamento, muito usado, é executado com o auxílio de resistências e capacidade. A forma clássica deste sistema pode ser observada na fig. 8. Aí vemos que o sinal, para ser amplificado pela primeira válvula,

rente alternada que aparece entre as duas extremidades da resistência de carga, produzirá uma diferença de potencial alternada entre as ex-

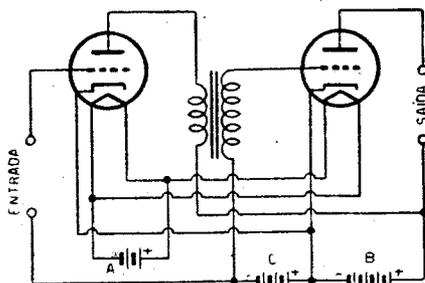


FIG. 7

Dois válvulas amplificadoras, alimentadas com as mesmas baterias.

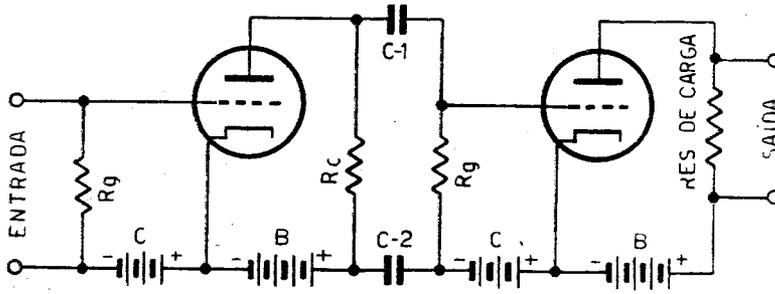


FIG. 8

Dois estágios ou etapas amplificadoras de BF, acoplados por resistência e condensadores.

tremidades da resistência de grade da válvula seguinte.

A tensão de sinal que se obtiver na resistência de carga, dependerá, naturalmente, do valor desta resistência. Quanto mais alto fôr o seu valor, maior será a queda de tensão que nelas produzirão as pequenas variações de intensidade na corrente de placa. Por sua vez, a tensão do sinal que se conseguir entre as extremidades da resistência de grade, dependerá também do valor desta. Quanto mais alto fôr o seu valor, maior será também a diferença de potencial da corrente alternada, que aparecerá entre as suas extremidades.

Influi ainda no rendimento a capacidade dos condensadores C-1 e C-2, pois a mesma deve ser tal, que permita circular com facilidade as correntes de baixa freqüência. Este sistema de acoplamento é usado quase só para acoplar válvulas amplificadoras de BF.

A capacidade do condensador C-1

deve ser de .005 mfd, até .1 mfd. Quanto à capacidade do condensador C-2 será conveniente usar-se um de 5 até 10 mfd.

A resistência de carga ligada no circuito de placa da válvula varia de 100 000 a 500 000 ohms, de conformidade com o rendimento que desejamos obter da mesma e o tipo da válvula usada. Por conseguinte, quanto maior fôr seu valor maior será a tensão de corrente alternada que se conseguirá entre as extremidades da mesma. No entanto o valor desta resistência está limitado, pelo fato de que se fôr demasiado elevado, a queda de tensão da corrente contínua fornecida pela bateria "B" será tão grande que a diferença de potencial restante entre a placa e o cátodo da válvula resultará insignificante.

Como se sabe, a resistência de carga é ligada de um lado ao pólo positivo da bateria "B" e do outro lado à placa. Desta forma, ficará ligada em séria com a válvula, e a

diferença de potencial existente entre as duas extremidades da bateria "B" será dividida entre esta resistência e a válvula (fig. 9).

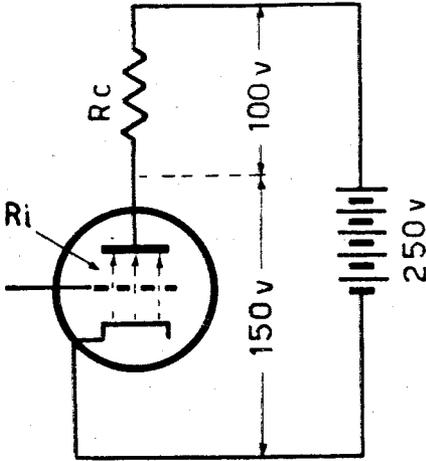


FIG. 9

A tensão da bateria de 250 volts fica subdividida entre a resistência de carga (R_c) e a resistência interna da válvula (R_i).

A resistência que representa a válvula para a passagem da corrente também é medida em ohms, sendo designada como "resistência interna" da válvula (R_i) ou resistência de placa.

A amplificação que se obtém com uma válvula termoiônica não dependerá apenas desta, mas sim, dos circuitos ou elementos a ela associados. Assim, temos por rendimento de uma válvula, o resultado da seguinte equação:

$$A \text{ (amplificação)} = \frac{\mu \times R_c}{R_i + R_c}$$

onde " μ " representa o fator de amplificação da válvula (êste dado se obtém na tabela de características da válvula fornecida pelo fabricante), " R_i " representa a resistência interna da válvula e " R_c " a sua resistência de carga.

Esta equação torna claro que, quanto maior fôr a resistência de carga em relação à resistência interna da válvula, maior será o rendimento ou amplificação da etapa.

Em outras palavras, seria conveniente aumentar a resistência de carga da válvula a um valor altíssimo, porém, isto não é possível, em virtude de a queda de tensão produzida por ela resultar demasiada.

De outro lado, reduzindo o valor da resistência de carga, diminui também o rendimento da válvula.

O valor ótimo da resistência de carga varia em geral entre 100 000 e 500 000 ohms.

Por outra parte, o valor da resistência de grade da válvula seguinte também influi no valor da resistência de carga da válvula, pois o valor efetivo de carga no circuito de saída de uma válvula será igual à

resistência que esta representa, disposta em paralelo com a resistência de grade da válvula seguinte. Felizmente, a resistência de grade poderá ser de valor muito grande, em virtude de não circular corrente alguma através dela, consistindo a sua única missão em manter a polarização da grade de controle desta válvula, negativa em relação ao cátodo. Essa polarização consegue-se com o auxílio da bateria "C", liga-

que a resistência de carga foi substituída por uma indutância (fig. 10).

A vantagem dessa substituição reside no fato de que a tensão contínua normal de placa não sofrerá quase queda alguma pela indutância. Entretanto, as correntes alternadas amplificadas pela válvula encontrarão uma impedância enorme para vencerem, produzindo, por esta razão, uma diferença de potencial de corrente alternada bas-

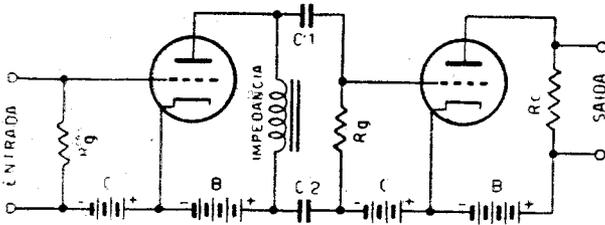


FIG. 10

Acoplamento entre dois estágios de BF por intermédio de uma impedância de carga e dos condensadores C-1 e C-2.

da entre uma das extremidades da resistência de grade e o cátodo de uma válvula.

A válvula, em conjunto com todos os elementos ligados ao seu circuito de entrada e de saída, constitui uma etapa. Assim, por exemplo, na fig. 8, vemos um amplificador de baixa frequência que consta de duas etapas ou estágios.

O terceiro dos sistemas mais empregados para o acoplamento entre as válvulas é o sistema de acoplamento com indutância e capacidade.

A diferença entre este sistema e o acoplamento com o auxílio de resistência e capacidade, consiste em

tante considerável entre as extremidades da mesma. Na fig. 10 vemos o modo de acoplar duas válvulas amplificadoras de baixa-frequência, com o auxílio de indutância e capacidade.

A função do condensador entre a placa e a grade da válvula seguinte já é conhecida, como também a da resistência de grade dessa mesma válvula.

O valor da impedância determinará o rendimento da etapa amplificadora, sendo que, quanto maior for seu valor, maior será o seu rendimento.

Esses três sistemas de acoplamento que acabamos de descrever são os mais empregados nos aparelhos de rádio, amplificadores e outros equipamentos similares.

Existem ainda outros modos de acoplamento de válvula, como, por exemplo o "direto", porém estes sistemas não deram o resultado desejado e, pelos inconvenientes que apresentam, não se aconselha o seu emprego.

Além dos acoplamentos existentes entre as válvulas que constituem as diversas etapas do receptor, usam-se também transformadores para acoplar outros circuitos do aparelho. Por exemplo: a transferência da corrente induzida na antena pelas rádio-ondas para o circuito de entrada da primeira válvula, também é feita com o auxílio de um transformador de acoplamento, entre o circuito da antena e a válvula (fig. 11).

O primário deste transformador está ligado entre a antena e a terra, enquanto o secundário, que com um condensador de capacidade variável em paralelo constituirá o circuito de sintonia, está ligado, com uma das suas extremidades, à grade, e com a outra à bateria "C".

Da mesma forma o acoplamento entre a última válvula amplificadora de saída do aparelho e a bobina

móvel do alto-falante é feito com o auxílio de um transformador, chamado transformador de saída. Este permitirá a adaptação da corrente alternada que se obtém no circuito de placa da válvula amplificadora às condições exigidas pela bobina móvel do alto-falante (fig. 12).

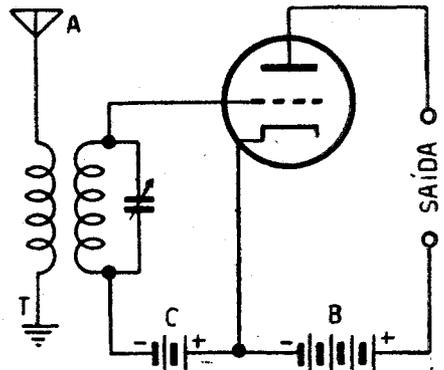


FIG. 11

Acoplamento entre a antena e a grade da válvula amplificadora de RF, por intermédio de um transformador com secundário sintonizado.

Como se pode ver, o acoplamento, seja por meio de transformador ou com o auxílio de resistência ou impedância, é largamente empregado em todos os aparelhos de rádio.

Ultimamente são também usados núcleo de "ferrocart" nos transformadores de radiofrequência. Trata-se de ferro especial que por processos químicos é primeiramente pulverizado

e então prensado em conjunto com baquelite em forma de pequenos cilindros. Sobre êstes são então colocados os enrolamentos das bobinas

Existem várias qualidades diferentes dêste ferro, como, por exemplo, Ferrocart, Ferroxcube, Ferroxdure, Sirufer, etc.

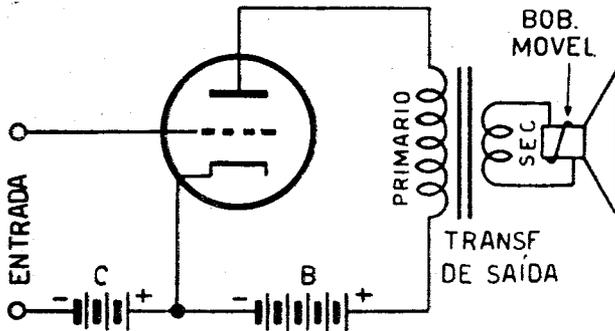


FIG. 12

Acoplamento entre uma válvula amplificadora de saída e a bobina móvel do alto-falante, por intermédio de um transformador de saída.

ou transformadores. A presença do ferro na bobina aumenta naturalmente a indutância desta; portanto pode-se usar menos espiras para um dado valor de indutância, o que, por sua vez, melhora a qualidade da bobina ou transformador. Pelo deslocamento do núcleo em relação ao enrolamento, é também possível alterar a indutância das bobinas. Alguns transformadores de radio-freqüência ou freqüência intermediária usam êste princípio para ajustar a freqüência de ressonância ao valor desejado; nestes o condensador, em paralelo com a bobina, é fixo e a alteração da freqüência de ressonância é feita pelo deslocamento do núcleo de ferro.

ALGUMAS DAS ABREVIÇÕES MAS USUAIS E SEUS SIGNIFICADOS

R_c — Resistência de carga. Valores que representam as resistências que formam parte do circuito de placa de uma válvula, ligadas entre a placa e o pólo positivo da bateria "B".

R_i — Resistência interna da válvula. A resistência que representa a válvula para a passagem dos elétrons do cátodo até à placa. Também chamada "resistência de placa".

A — Amplificação. Rendimento de uma etapa de amplificação. Relação entre as tensões de entrada e de saída de uma etapa amplificadora.

F I M

INSTITUTO RÁDIO TÉCNICO MONITOR

NÚCLEO DE ENSINO PROFISSIONAL LIVRE POR CORRESPONDENCIA
Caixa Postal 30.277 — São Paulo — ZP-2

CURSO PRÁTICO DE RADIOTÉCNICA

LIÇÃO PRÁTICA N.º 15

AS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS RETIFICADORAS

2.ª PARTE

Prosseguindo na divulgação das características das válvulas empregadas nos radioreceptores em geral, publicamos no final desta lição os dados referentes às válvulas retificadoras duplos-díodos. Estas válvulas servem para a retificação da corrente alternada, pelo sistema de onda completa, e também algumas dêste tipo podem funcionar como dobradoras de tensão.

Nas tabelas de características encontramos as seguintes informações: na 1.ª coluna vertical, encabeçada pela abreviação "N.º", encontrar-se-á o número que designa o tipo das válvulas. A seguir, na 2.ª coluna vertical ("USO"), achamos a indicação a respeito da aplicação que podemos dar para cada uma das válvulas que figuram na tabela.

Na 3.ª coluna ("AQUEC") achamos os dados referentes ao sistema de aquecimento empregado em cada uma das válvulas. A abreviação "I" indica que a válvula é de aquecimento indireto, isto é, possui um cátodo e um filamento separados. A letra "D" indica que o sistema de aquecimento empregado é direto, ou seja, o próprio filamento encarrega-se da emissão dos elétrons. Nas 2 colunas seguintes (sob "FILAMENTO") encontramos a voltagem que devemos aplicar entre as extremidades do filamento, para obter o devido aquecimento da válvula; a intensidade da corrente de filamento que circulará pelo mesmo.

Na 6.ª coluna (BASE) está indicada a base que usa cada uma das válvulas. Estas indicações devem ser interpretadas da mesma maneira que na lição n.º 12. O primeiro número sempre indica a quantidade dos

pinos que a válvula possui no soquete. A letra seguinte, em combinação com o primeiro número, permite saber qual é a figura onde constam as ligações entre os elétrodos internos das válvulas e os pinos existentes na base. Logo, onde houver ainda um 3.º número ficaremos sabendo pelo mesmo quantos são os pinos com ligação existentes na base.

Os dados constantes na coluna seguinte indicam a **tensão máxima de corrente alternada** que se pode aplicar entre cada uma das placas e o cátodo ou filamento de válvula.

Na outra coluna acha-se a **intensidade máxima da corrente contínua retificada** que pode fornecer cada uma das válvulas constantes nas tabelas. Esta intensidade é dada em miliampères. As duas informações que se referem à tensão entre a placa e o filamento e a intensidade da corrente retificada sempre significam máximos. Entende-se, portanto, que cada uma das válvulas pode ser usada para retificar corrente alternada de voltagem menor que a indicada, como também pode fornecer uma corrente retificada de menor intensidade, porém, em nenhuma circunstância devemos aplicar entre os elétrodos das válvulas uma corrente alternada de maior tensão que a indicada, como também jamais poderemos forçar as válvulas para que elas forneçam uma corrente retificada de intensidade superior ao valor máximo indicado.

O significado das abreviações constantes na penúltima coluna, encaixada pelos dizeres “**entrada de filtro**”, é o seguinte; de conformidade com a disposição dos elementos dos circuitos de filtro que se empregam em combinação com as válvulas retificadoras, poderemos obter, na saída, uma tensão de corrente contínua maior ou menor. Os circuitos de filtro em geral podem ser classificados em 2 tipos principais: com entrada de condensador e com entrada de impedância (indutância). Sobre este assunto daremos maiores explicações mais adiante.

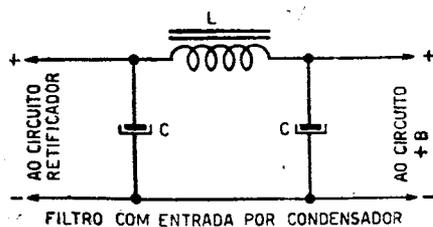


FIG. 1

Por fim, na última coluna (“**AMPOLA**”) encontra-se a indicação sobre o tipo de bulbo que envolve a válvula.

Ao examinar os dados referentes ao filamento das válvulas, observar-se-á que em algumas encontramos indicadas 2 voltagens e 2 correntes. Por exemplo: de acordo com as indicações marcadas no lugar correspondente, a válvula 6Z5 pode ser alimentada tanto com 6,3 volts como

com 12,6, com a diferença de que, enquanto no primeiro caso a intensidade da corrente de filamento é de 6 décimos de ampère, no segundo ela gastará apenas 3 décimos de ampère. O único detalhe a que se deve prestar a tenção é o seguinte: quando se deseja alimentar a válvula com 12,6 volts, deve-se ligar a fensão de alimentação aos pinos que correspondem às duas **extremidades** do filamento. Quando, porém, se alimenta a válvula com 6,3 volts, as duas extremidades do filamento serão **uni-das entre si e**, enquanto esta união

nos, a válvula retificadora não fornece corrente contínua pura, mas sim impulsos consecutivos. Estes impulsos são transformados em corrente contínua mais ou menos pura, pela ação do circuito de filtro, o qual sempre está ligado entre a válvula retificadora e um terminal do qual são alimentadas as placas e grade auxiliares das demais válvulas (o pólo +B).

É denominado **entrada do filtro**, o lado do filtro ligado à válvula retificadora. Podemos distinguir entre dois tipos principais de filtros:

- 1) com entrada p or condensador.
- 2) com entrada por indutância.

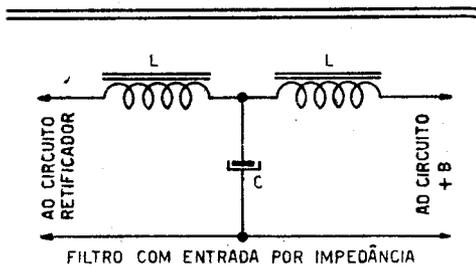


FIG. 2

vai a um dos pólos de corrente de alimentação, a **tomada de centro do filamento** será ligado ao outro pólo. Com as demais válvulas, cujos filamentos são constituídos da mesma maneira, o procedimento a seguir é idêntico.

A ESCOLHA DO CIRCUITO DE FILTRO APROPRIADO

Como é do conhecimento dos alu-

Nas figuras 1 e 2 encontramos o desenho simbólico de ambos os sistemas. Nos desenhos é fácil observar que a diferença entre um e outro consiste nos seguintes detalhes: no circuito de filtro com **entrada por condensador**, a corrente retificada, terá de atravessar uma impedância (L), sendo que à entrada e à saída desta ligam-se condensadores eletrolíticos (C) de grande capacidade. No circuito de filtro com **entrada por impedância** usam-se duas impedâncias (L) ligadas em série, para filtrar a corrente, e um condensador eletrolítico (C) de grande capacidade que está ligado entre a união das impedâncias (L) e o pólo negativo da corrente retificada.

A eficiência de ambos os tipos de filtro pode ser considerada idêntica, só dependendo da escolha do valor dos componentes. Na prática, porém, é usado quase exclusivamente o tipo de "entrada por condensador" Isto porque os componentes dêste circuito resultam mais baratos (um condensador eletrolítico é mais barato que uma impedância de filtro) e também pelo fato

saída do retificador é geralmente um pouco mais elevada (o valor desta tensão depende de vários fatores, entre os quais principalmente a corrente consumida). Com corrente de carga normal pode-se contar com aproximadamente 370 volts, que então aparecem na entrada do filtro (os dois terminais à direita da retificadora, na fig. 3). A tensão disponível na saída será naturalmente menor,

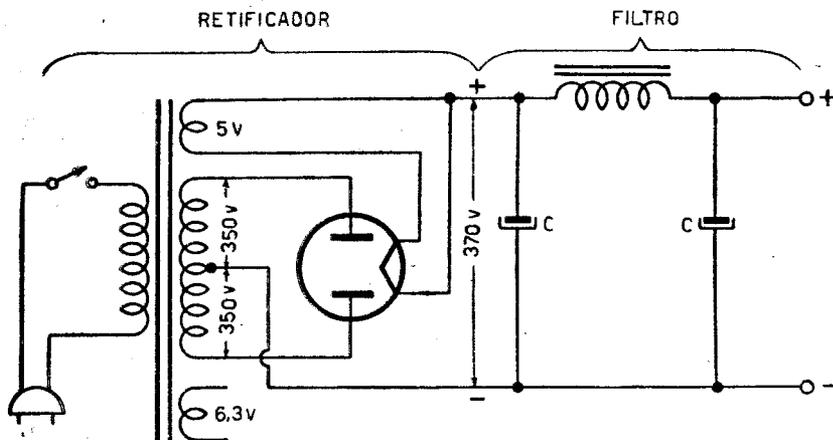


FIG. 3

de se conseguir uma tensão mais elevada em sua saída, conforme veremos a seguir.

Os transformadores de força geralmente fornecem 350 volts em cada metade de seu enrolamento de alta tensão, conforme está indicado no desenho da figura 3. Pela ação da válvula retificadora a tensão de

pois a resistência ôhmica do filtro provocará uma certa queda de tensão.

No caso de usarmos um filtro com "entrada por impedância" (fig.4), a tensão disponível na entrada do filtro será bem mais baixa, embora os valores dos componentes sejam os mesmos que os da Fig. 3. Verdade é que essa tensão mais baixa é mais estável em relação às variações da

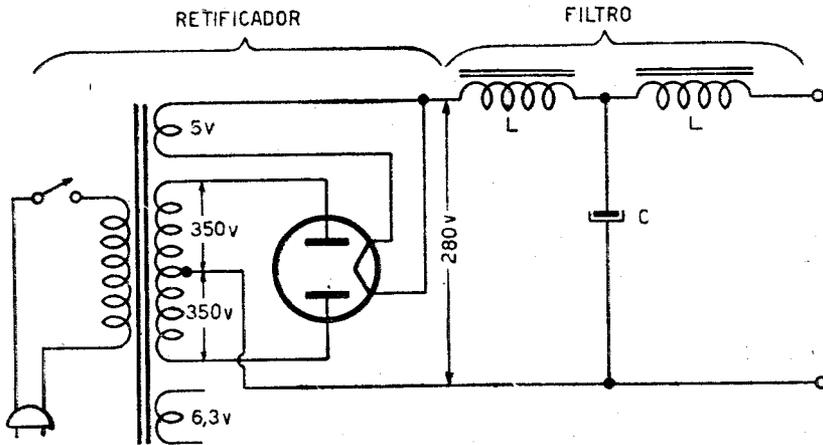


FIG. 4

corrente, mas geralmente esta van- tagem tem pouca importância.

Em virtude de o circuito da figu- ra 3 usar componentes mais baratos e fornecer tensão mais elevada, é ês- te o circuito de filtro usado quase exclusivamente nos receptores de rádio.

Na escolha dos componentes do

circuitos retificador deve-se tomar como critério a tensão necessária no +B, bem como a corrente +B total das válvulas. A corrente +B total é calculada somando-se tôdas as correntes de placa das válvulas (menos a retificadora), bem como as correntes de grade auxiliar das mesmas. Por exemplo, temos um re-

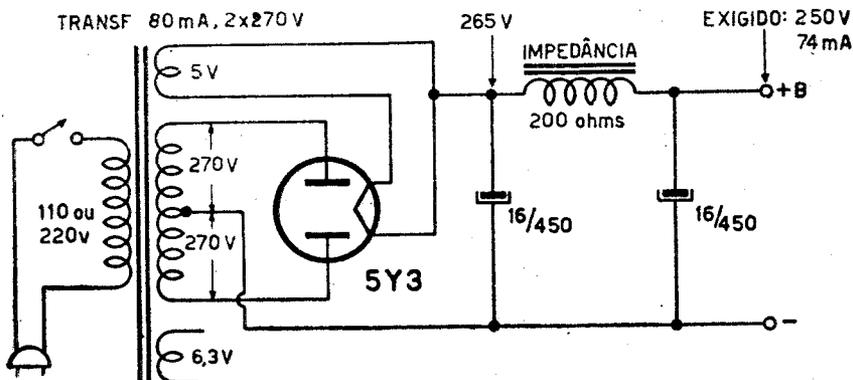


FIG. 5

ceptor com as seguintes válvulas 6SA7, 6SK7, 6SQ7, 6V6 e 5Y3. Começaremos por calcular as **correntes de placa** (indicadas num manual de válvulas):

6SA7	—	3,5
6SK7	—	9,2
6SQ7	—	1,0
6V6	—	45,0
TOTAL:		58,7 mA

(A placa da 6SQ7 é sempre alimentada através de uma resistência de alto valor, sendo por isso a corrente de placa mais baixa que a indicada nos manuais de válvulas).

Veremos em seguida que para as **grades auxiliares** serão necessárias as seguintes correntes:

6SA7	—	8,5
6SK7	—	2,4
6V6	—	4,5
TOTAL:		15,4 mA

Em conjunto a soma dos consumos totais será portanto de $58,7 + 15,4 = 74,1$ mA. Tanto os transformadores como também as válvulas retificadoras devem, portanto, ser capazes de fornecer esta corrente, ou mesmo mais, para trabalharem abaixo dos seus limites máximos.

Para calcularmos a tensão do secundário do transformador, partiremos da tensão exigida no +B. Tanto a 6V6, como as demais vál-

vulas, necessitam de 250 volts nas placas. É verdade que poderiam também funcionar com tensão menor, mas com isto baixaria o seu rendimento.

Precisando de 250 volts na saída do filtro, devemos ter uma tensão maior na entrada do mesmo, devendo ser a diferença igual à queda produzida pela impedância de filtro, ao ser percorrida pela corrente. Um choque de filtro para 70 a 80 mA possui normalmente uma resistência aproximada de 200 a 300 ohms, produzindo portanto uma queda de $200 \text{ ohms} \times 0,074 \text{ amp.} = 14,8$ volts. Este cálculo é uma aplicação da Lei de Ohm: ($R \times I = E$), sendo $R = 200$ ohms, e $I = 0,074$ ampère (êste é o valor antes calculado para a soma dos consumos totais).

Arredondamos o valor acima achado para 15 volts, sendo a tensão necessária na entrada do filtro de $250 + 15 = 265$ volts. Portanto, o transformador terá de fornecer de 260 a 270 volts em cada uma das metades do seu secundário de alta tensão. Com isto, já estão determinados os dados principais do circuito de filtro e retificador, pois para os condensadores de filtro pode-se usar um valor comum, como por exemplo 16, 20 ou 25 mfd. A isolação deve ser no mínimo 30% superior à tensão que é aplicada aos terminais do eletrolítico. Em nosso caso, um condensador com 450 volts de tensão de trabalho já é mais do

que suficiente. Na figura 5 temos indicadas as tensões existentes neste caso.

Nos receptores antigos em que se usava um alto-falante eletrodinâmico o enrolamento de campo entrava no circuito em lugar da impedância de filtro. A resistência ôhmica do campo é quase sempre mais elevada que

Usa-se então transformador de 350 volts, por ser este o tipo "standard" comumente encontrado. Dizemos transformador de 350 volts, porém, isto significa que entre cada extremidade e a tomada central do enrolamento secundário de alta tensão há uma tensão de 350 volts.

Quando o alto-falante é de ímã per-

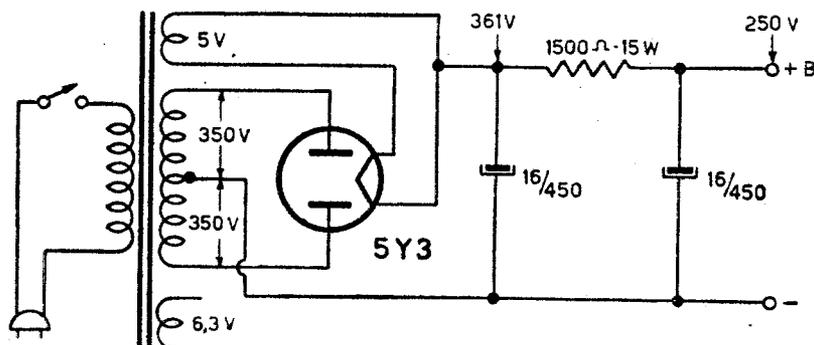


FIG. 6

a das impedâncias comuns, e com isto a queda provocada pelo campo também resulta maior.

A resistência dos campos dos alto-falantes varia conforme a fabricação, porém, os tipos mais comuns geralmente possuem resistência entre 1 200 e 1 600 ohms, sendo 1 500 ohms o valor mais usual.

Neste caso, a queda de tensão, usando ainda o mesmo exemplo que no caso anterior, será de

$$1\,500 \times 0,074 = 111 \text{ volts.}$$

O transformador de força deve neste caso fornecer $250 + 111 = 361$ volts.

manente, usa-se freqüentemente no lugar da impedância de filtro uma simples resistência de fio; nesse caso, a resistência deve ser de 1.000 ou 1.500 ohms. A potência (em watts) consumida pela resistência pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$W = E \times I$$

Sendo

E a queda da tensão (em volts) provocada pela resistência (valor da resistência em ohms multiplicado pela corrente em ampères).

I a intensidade da corrente (em ampères) através da resistência.

Naturalmente, é aconselhável usar uma resistência de wattagem mais elevada que o valor calculado, para evitar o sobreaquecimento da mesma.

Assim, por exemplo, no esquema da Fig. 6 é usada uma resistência de 1.500 ohms. A queda de tensão através dela é de $1.500 \times 0,074 = 111$ volts. Logo, substituindo na fórmula da potência, teremos

$$W = 111 \times 0,074 = 8,2 \text{ W}$$

Nese caso, escolhe-se uma resistência com 10 ou 15 W de dissipação. O transformador também neste caso terá de fornecer a mesma tensão que no caso anterior.

Em alguns receptores, o transformador de saída é alimentado por uma voltagem +B retirada antes da resistência ou choque de filtro, para ter-se voltagem mais elevada na placa da válvula de saída.

Quando êsse artifício é usado, naturalmente a resistência ou o choque podem ser de menor consumo. Para o receptor em questão (de consumo total = 74,1 mA), a corrente atra-

vés do filtro é reduzida em 45 mA, que é o consumo de corrente da placa da válvula de saída. Logo, uma resistência nesse circuito pode ter a sua dissipação reduzida à metade, sem prejuízo no funcionamento.

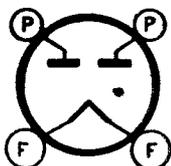
Recapitulemos: A escolha da válvula retificadora deve ser feita obedecendo a 2 critérios principais:

- 1) a corrente +B consumida pelas demais válvulas ou outros componentes deve ser menor ou no máximo igual à intensidade máxima de corrente retificada, permissível para a válvula.
- 2) a tensão fornecida pelo transformador de força em seu secundário de alta tensão, deve ser igual ou inferior à máxima tensão permissível às placas da válvula retificadora.

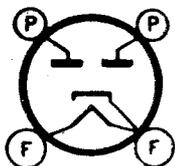
Além dessas características principais, deve-se ainda escolher uma válvula cujo filamento combine com a tensão fornecida para êste fim pelo secundário correspondente do transformador de força.

Nº	USO	AQUEC.	FILAMENTO		BASE	tensão máxima da C.A. volts	Int. máxima da corrente retificada mA	entrada do filtro	AMPOLA
			volts	amperes					
5AX4	ONDA COMPLETA	0	5,0	2,5	8F4	350 500	175*	CONDENS. CHOQUE	VIDRO
5R4	"	0	5,0	2,0	8F4	900 950	150 175	CONDENS. CHOQUE	"
5T4	"	0	5,0	3,0	8F4	450 550	225	CONDENS. CHOQUE	"
5U4	"	0	5,0	3,0	8F4	450 550	225	CONDENS. CHOQUE	"
5V4	"	1	5,0	2,0	8G4	375 500	175	CONDENS. CHOQUE	"
5W4	"	0	5,0	1,5	8F4	350	100	CONDENS.	METAL
5X4	"	0	5,0	3,0	8H4	CARACTERÍSTICAS IDÊNTICAS ÀS DA 5U4			VIDRO
5Y3	"	0	5,0	2,0	8F4	350 500	125	CONDENS. CHOQUE	"
5Y4	"	0	5,0	2,0	8H4	CARACTERÍSTICAS IDÊNTICAS ÀS DA 5Y3			"
5Z3	"	0	5,0	3,0	4 C	CARACTERÍSTICAS IDÊNTICAS ÀS DA 5U4			"
5Z4	"	1	5,0	2,0	8G4	350 500	125	CONDENS. CHOQUE	METAL
6AX5	"	1	6,3	1,2	815	350 450	125	CONDENS. CHOQUE	"
6W5	"	1	6,3	0,9	815	325 450	100	CONDENS. CHOQUE	VIDRO
6X4	"	1	6,3	0,6	7B5	325 450	70	CONDENS. CHOQUE	MINIATURA
6X5	"	1	6,3	0,6	815	CARACTERÍSTICAS IDÊNTICAS ÀS DA 6X4			METAL
6Y5	"	1	6,3	0,8	6A5	350	50	-	VIDRO

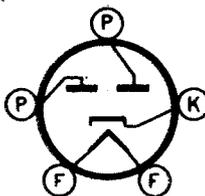
N.º	USO	AQUEC.	FILAMENTO		BASE	tensão máxima da C.A. volts	Int. máxima da corrente retificada mA	entrada do filtro	AMPOLA
			volts	amperes					
6Z5	ONDA COMPLETA	I	6,3 12,6	0,6 0,3	6B5	230	60	-	VIDRO
6ZY5	"	I	6,3	0,3	8I5	350	35	CONDENS.	"
7X6	DOBRADORA DE TENSÃO	I	6,3	1,2	8J6	117 235	75	CONDENS.	"
7Y4	ONDA COMPLETA	I	6,3	0,5	8K5	325 450	60	CONDENS. CHOQUE	"
7Z4	"	I	6,3	0,9	8K5	325 450	100	CONDENS. CHOQUE	"
25Z5	DOBRADORA DE TENSÃO	I	25,0	0,3	6C	235 125	75	-	"
25Z6	"	I	25,0	0,3	8L6	CARACTERÍSTICAS IDÊNTICAS ÀS DA 25Z5			
50X6	"	I	50,0	0,15	8J6	CARACTERÍSTICAS IDÊNTICAS ÀS DA 7X6			
50Y6	"	I	50,0	0,15	8L6	CARACTERÍSTICAS IDÊNTICAS ÀS DA 25Z5			
50Y7	"	I	50,0	0,15	8M7	117 235	65	CONDENS.	"
80	ONDA COMPLETA	0	5,0	2,0	4C	CARACTERÍSTICAS IDÊNTICAS ÀS DA 5Y3			
82	ONDA COMPLETA VAPOR DE MERC.	0	2,5	3,0	4C	450 550	115	CONDENS. CHOQUE	"
83	"	0	5,0	3,0	4C	450 550	225	CONDENS. CHOQUE	"
83V	ONDA COMPLETA	I	5,0	2,0	4D	375 500	175	CONDENS. CHOQUE	"
84/6Z4	"	I	6,3	0,5	5A	350	60	CONDENS.	"
117Z6	DOBRADORA DE TENSÃO	I	117,0	0,075	8L6	235 117	60	CONDENS.	"



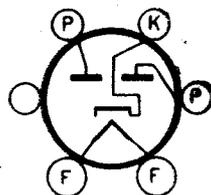
4C



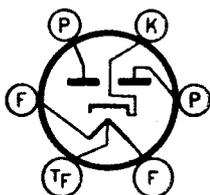
4D



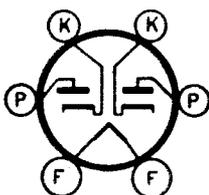
5A



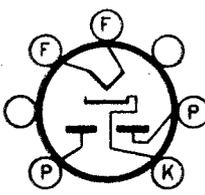
6A5



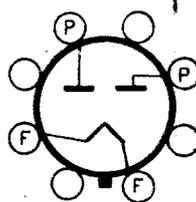
6B5



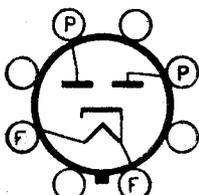
6C



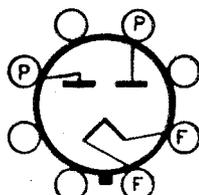
7B5



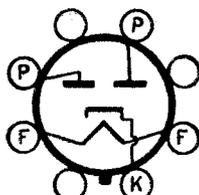
8F4



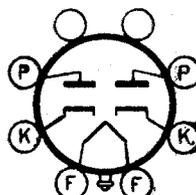
8G4



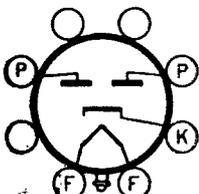
8H4



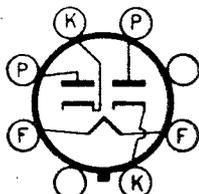
8I5



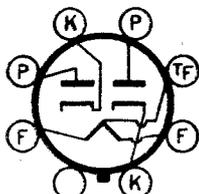
8J6



8K5



8L6



8M7

ESTA LIÇÃO NÃO TEM FÔLHA DE TRABALHOS PRÁTICOS



INSTITUTO RADIO TÉCNICO MONITOR

NÚCLEO DE ENSINO PROFISSIONAL LIVRE POR CORRESPONDÊNCIA

**RUA TIMBIRAS, 263 — CAIXA POSTAL 30.277 — SAO PAULO, ZP-2
BRASIL**

**REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DO TEXTO E DAS ILUSTRAÇÕES,
PROIBIDA NA FORMA DA LEI**

INSTITUTO RÁDIO TÉCNICO MONITOR

NÚCLEO DE ENSINO PROFISSIONAL LIVRE POR CORRESPONDENCIA
CAIXA POSTAL 30-277 - São Paulo - ZP - 2

CURSO PRÁTICO DE RADIOTÉCNICA

LIÇÃO PRÁTICA Nº 16

AS CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS

(3.ª PARTE: TRIODOS — TRANSISTORES)

OS TRIODOS

Daremos a seguir as características principais das válvulas termiônicas de 3 elétrodos, sobre cujo funcionamento e aplicação demos informações nas lições teóricas 12 e 15.

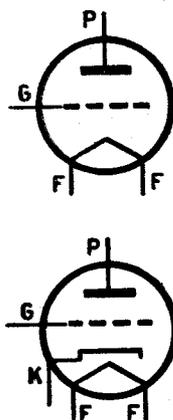
Entre as válvulas de 3 elétrodos distinguimos diversas categorias que, pela sua construção especial, se tornam mais aptas a funcionarem nos radioreceptores e amplificadores, em determinados lugares.

Assim, por exemplo, temos os triodos amplificadores em geral, os triodos que servem por excelência para trabalhar como detectores, os triodos que, devido às suas características particulares, servem muito bem para serem usados como ampli-

ficadores de poder (amplificadores de saída), etc. Como acabamos de

FIG. 1

Símbolos das válvulas triodos: em cima, com aquecimento direto e, em baixo, com aquecimento indireto.



dizer, tôdas essas válvulas são triodos, algumas de aquecimento direto, outras de aquecimento indireto. Porém, quer pela disposição de seus

elétrodos, quer pelo tamanho ou superfície dos mesmos, tornam-se mais aptos a desempenhar com grande eficiência algumas das funções que acabamos de citar.

Por exemplo: a disposição das espiras da grade de uma válvula determinará as suas características. Quanto mais juntas estiverem as espiras da grade, maior será a influência da grade sobre a intensidade da corrente de placa ou, em outras palavras, maior será a sensibilidade, isto é, o fator de amplificação da válvula.

Igualmente, a distância relativa entre o cátodo e a grade e entre o cátodo e a placa influi no fator de amplificação da válvula, pois quanto maior fôr a diferença entre essas duas distâncias, maior será a influência da grade sobre a intensidade da corrente de placa.

Nas tabelas em aprêço também constam as válvulas duplo-tríodos, ou sejam, aquelas que contém, num só bulbo, dois sistemas tríodo. Os dois tríodos podem ter cátodo comum, ou cátodos separados, sendo neste último caso um sistema completamente independente do outro.

Nas tabelas de características que publicamos na presente lição encontraremos as seguintes indicações.

Na primeira coluna consta o número que designa o tipo de válvula a que se referem todos os dados que se encontram na mesma divisão horizontal da tabela. Na 2.ª coluna

o tipo de válvula que, nesse caso, será tríodo simples ou duplo para tôdas. Na coluna seguinte, encabeçada pela palavra "uso", achar-se-á indicação sobre o emprêgo que se pode dar a cada uma das válvulas. As abreviações usadas nesta coluna devem ser interpretadas da seguinte maneira.

Det. e ampl.: indica que a válvula pode funcionar como detectora e como amplificadora de baixa ou de alta-frequência. A abreviação "ampl. de poder" indica que a válvula foi construída especialmente para ser usada na última etapa de amplificação de baixa-frequência (amplificadora de poder).

Na 4.ª coluna, um D indica que o filamento é o próprio cátodo (aquecimento direto) e um I indica que o cátodo é aquecido por um filamento isolado daquele (aquecimento indireto).

Encontramos, em continuação, os dados referentes à voltagem e à intensidade de corrente de filamento das válvulas, como também as informações sobre a classe da corrente com que se pode alimentar cada uma das mesmas. Nas tabelas anteriormente publicadas não houve necessidade de indicação desta natureza, pois se trata de válvulas retificadoras que, naturalmente, só trabalham em combinação com fonte de alimentação de corrente alternada.

As abreviações usadas neste lugar devem ser interpretadas da se-

CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS TRIODO (1ª Parte)

Nº	TIPO	USO	AQU.	FILAMENTO			BASE	Ep voltag de placa	Eg volt de grade	Ip int. de cte. de placa	Ri resist. int da válvula	U fator de ampl.	potência max. de saida watts	NOTAS
				vols	amps.	corrente								
01-A	triódio	det. e ampl.	D	5,0	0,25	c.c.	4-F	135	-9	3,0	10000	8	-	
1G4 GT	"	ampl.	D	1,4	0,05	c.c.	8-R-4	90	-6	2,3	10700	8,8	-	
1H4 G	"	"	D	2,0	0,06	c.c.	8-R-4	90	4,5	2,5	11000	9,3	-	
2A3	"	ampl. de poder	D	2,5	2,5	c.c. ou c.a.	4-F	250 300	-45 -62	60 80	800	4,2	3,5 15	2 válvulas pp classe AB ₃
6A3	"	"	D	6,3	1,0	c.c. ou c.a.	4-F	características idênticas às da 2A3						
6A5 G	"	"	I	6,3	1,25	c.c. ou c.a.	8-S-4	características idênticas às da 2A3						
6AB4	"	ampl. de R.F.	I	6,3	0,15	c.c. ou c.a.	7-D-5	250	-2	10	10900	60	-	
6AC5GT	"	"	I	6,3	0,4	c.c. ou c.a.	8-T-4	250 250 250	+13	32 64 5	36700	125	5,0 9,5 8,0	2 válvulas pp classe B
6AF5 G	"	ampl.	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	8-T-4	180	-18	7	4900	7,4	-	
6B4	"	ampl. de poder	I	6,3	1,0	c.c. ou c.a.	8-R-4	características idênticas às da 2A3						
6C4	"	ampl. de R.F.	I	6,3	0,15	c.c. ou c.a.	7-E-6	250	-8,5	10,5	7700	17	-	
6C5 M GT	"	ampl.	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	8-T-4	250	-8	8	10000	20	-	
6F5 M GT	"	"	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	8-U-4	250	-2	0,9	66000	100	-	
6J5 M GT	"	"	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	8-T-4	250 90	-8 0	9,0 10,0	7700 6700	20 20	-	
6J6	duplo triódio	ampl. de R.F.	I	6,3	0,45	c.c. ou c.a.	7-F	100	-4	8,5	7100	38	-	valores para 1 sistema

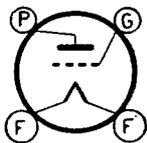
CARACTERÍSTICAS DAS VÁLVULAS TRIODO (2ª Parte)

Nº	TIPO	USO	AQU.	FILAMENTO			BASE	Ep voltag. de placa	Eg volt. de grade	Ip int. de cte. de placa	Ri int. de inf. da válvula	U fator de ampl.	potência max de saída watts/	NOTAS	
				volts	amps	corrente									
6K5 M GT	triódio	ampl.	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	8-V-4	250	-3	11	50000	70	-		
6N6 G	duplo triódio	ampl. de poder	I	6,3	0,8	c.c. ou c.a.	8-W-6	300 300	0	9 42	24000	58	6,5	triódio entrada triódio saída	
6N7 M GT	"	"	I	6,3	0,8	c.c. ou c.a.	8-X-7	300	0	35	-	-	10	amplificação classe AB-2	
6S4	triódio	ampl.	I	6,3	0,6	c.c. ou c.a.	9-A-5	250	-8	26	3600	16	-	amplif. vertical T.V.	
6SC7 M GT	duplo triódio	"	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	8-Y-7	250	-2	2	53000	70	-	inversora de fase para p.p.	
6SF5 M GT	triódio	"	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	8-Z-5	250	-2	0,9	66000	100	-		
6SL7 GT	duplo triódio	"	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	8-A-B	250	-2	2,3	4+000	70	-		
6SN7 GT	"	"	I	6,3	0,6	c.c. ou c.a.	8-A-B	250	-8	9	7700	20	-		
7A4	triódio	"	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	8-AC-5	caraterísticas idênticas às da 6J5						-	
7B4	"	"	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	8-A-C-5	250 100	-2 -1	0,9 0,4	66000 85000	100 100	-		
7F8	duplo triódio	"	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	8-A-D	250	-6	6	-	48	-		
12AT7	"	"	I	6,3 12,6	0,3 0,15	c.c. ou c.a.	9-B	100 180 250	-1 -1 -2	3,7 11 10	15000 9400 10900	60 62 60	-		
12AU7	"	"	I	6,3 12,6	0,3 0,15	c.c. ou c.a.	9-B	250	-8,5	10,5	7700	17	-		
12AX7	"	"	I	6,3 12,6	0,3 0,15	c.c. ou c.a.	9-B	250	-2	1,2	62500	100	-		
12F5 GT	triódio	"	I	12,6	0,15	c.c. ou c.a.	8-U-4	caraterísticas idênticas às da 6F5						-	

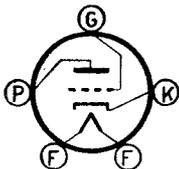
CARATERÍSTICAS DAS VÁLVULAS TRIODO (3ª Parte)

Nº	TIPO	USO	AQU.	FILAMENTO			BASE	Ep voltag. de placa	Eg volt. de grade	Ip int. de cte. de placa	Ri resist. int. da válvula	U fator de ampl.	potência máx. de saída watts	NOTAS	
				volts	amps.	corrente									
12J5	triodo	ampl.	I	12,6	0,15	c.c. ou c.a.	8-T-4	caraterísticas idênticas às da 6U5						-	
12SC7	duplo triodo	"	I	12,6	0,15	c.c. ou c.a.	8-Y-7	caraterísticas idênticas às da 6SC7						-	
12SF5	triodo	"	I	12,6	0,15	c.c. ou c.a.	8-Z-5	caraterísticas idênticas às da 6SF5						-	
12SL7	duplo triodo	"	I	12,6	0,15	c.c. ou c.a.	8-A-B	caraterísticas idênticas às da 6SL7						-	
12SN7	"	"	I	12,6	0,30	c.c. ou c.a.	8-A-B	caraterísticas idênticas às da 6SN7						-	
14A4	triodo	"	I	12,6	0,15	c.c. ou c.a.	8-A-C-5	caraterísticas idênticas às da 7A4						-	
27	"	det. e ampl.	I	2,5	1,75	c.c. ou c.a.	5-B	250 135	-21 -9	5,2 4,5	9250 9000	9,0	-		
30	"	"	D	2,0	0,06	c.c.	4-F	180 180	-13,5 -18	3,1 0,2	10300	9,3 9,3	-		
31	"	ampl. de poder		2,0	0,13	c.c.	4-F	180 135	-30 -22,5	12,3 8	3600 4100	3,8 3,8	0,185		
37	"	det. e ampl.	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	5-B	250 250	-18 -28	7,5 0,2	8400	9,2	-		
45	"	ampl. de poder	D	2,5	1,5	c.c. ou c.a.	4-F	275 180 275	-56 -31,5 -66	36 31 28	1700 1650	3,5 3,5	2 0,825 19	pp classe AB-2	
56	"	det. e ampl.	I	2,5	1,0	c.c. ou c.a.	5-B	250	-13,5	5	9500	13,8	-		
76	"	"	I	6,3	0,3	c.c. ou c.a.	5-B	caraterísticas idênticas às da 56						-	

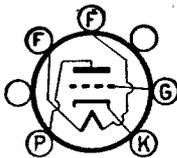
LIGAÇÕES DAS BASES (VISTAS POR BAIXO)



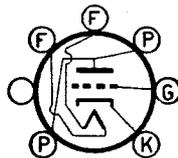
4-F



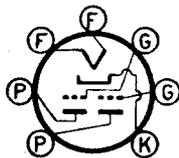
5-B



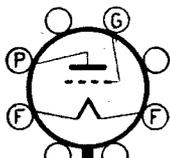
7-D-5



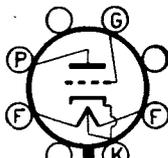
7-E-6



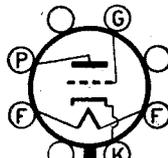
7-F



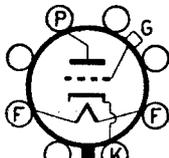
8-R-4



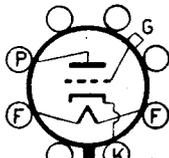
8-S-4



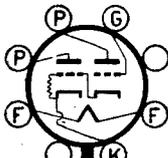
8-T-4



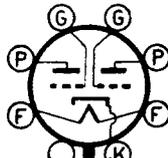
8-U-4



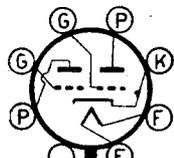
8-V-4



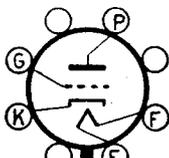
8-W-6



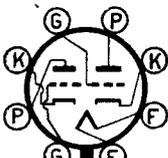
8-X-7



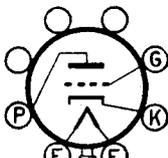
8-Y-7



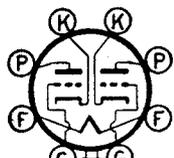
8-Z-5



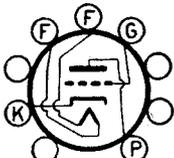
8-A-B



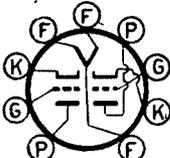
8-A-C-5



8-A-D



9-A-5



9-B

guinte forma: C. C. indica corrente contínua e C. A. corrente alternada. Onde figuram ambas as abreviações entende-se que as válvulas podem ser alimentadas no filamento, indistintamente, quer com corrente alternada, quer com corrente contínua. Na 8.ª coluna temos as indicações sobre as ligações dos pinos de base, já explicadas na lição anterior (Prática n.º 15). Em seguida, achar-se-á a voltagem de placa aplicável em cada válvula. Para cada uma delas encontraremos mais de uma indicação, pois devido à grande variedade de usos e à grande diferença entre os meios com que são alimentados os radioreceptores, torna-se indispensável o conhecimento das características de funcionamento de cada válvula em 2 ou 3 circunstâncias diferentes.

Na coluna seguinte encontramos a polarização negativa de grade, necessária para cada uma das voltagens de placa usada e, outra coluna, a intensidade da corrente de placa, em cada circunstância.

Acharemos depois o valor da resistência interna da válvula, resistência de placa usada e, na outra coluna, a amplificação.

De posse de todos êsses dados, o aluno terá à sua disposição as informações necessárias para poder apreciar a utilidade e a possibilidade de aplicação de cada uma das válvulas, como também as atuais substituições de uma por outra.

Nas tabelas anteriores, o aluno encontrará mais duas colunas encabeçadas com os dizeres: "potência máxima de saída" e "notas".

Na primeira das colunas indica-se, em watts, a potência máxima que pode fornecer cada uma das válvulas, aptas para serem usadas na última etapa de amplificação de baixa-frequência de um receptor ou de um amplificador, e na coluna seguinte encontrar-se-á observações sobre a classe ou sistema de amplificação em que está trabalhando a válvula, para poder fornecer a potência de saída indicada. Sobre êste último assunto ainda serão fornecidas maiores informações em lições futuras.

OS TRANSISTORES

No curto período de uma década o transistor adquiriu um papel de primeira ordem, principalmente em equipamentos portáteis, onde baixo consumo de energia e reduzido tamanho são de importância vital. Dentre os aplicações mais conhecidas destacam-se os receptores transistorizados, com os quais o aluno sem dúvida já está familiarizado. Outras aplicações são nos equipamentos militares e computadores eletrônicos.

Material: as matérias básicas para a construção de um transistor são os elementos Germânio ou Silício. Ambos são semicondutores, isto é, possuem condutividades elétricas in-

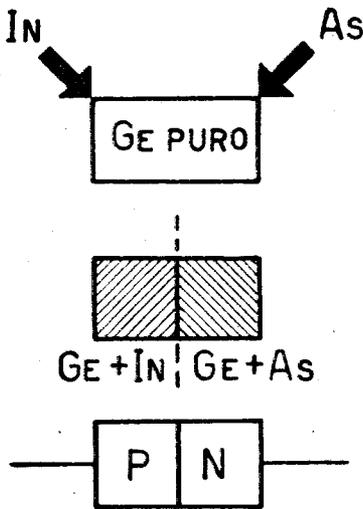


FIG. 2

A adição de quantidades minúsculas de impurezas, tais como o Índio e o Arsênio, ao Germânio puro, produzem um diodo semiconductor do tipo P-N.

termediárias entre as dos metais e dos isoladores.

Apesar disso, a resistência desses materiais pode ser diminuída e suas propriedades elétricas alteradas, pela adição de "impurezas" em quantidades controladas, tais como traços dos elementos **arsênio**, **índio**, etc.

Nas pesquisas iniciais sobre as propriedades dos semicondutores, introduzia-se, nas extremidades de uma arra cristalina de germânio, quantidades controladas de arsênio e índio. Formavam-se assim duas zonas no cristal que, por conveniência, foram denominadas P e N (fig. 2). Descobriu-se que ligando os pólos de uma bateria aos extremos P e N do cristal ocorria o seguinte: estando

o pólo (+) da bateria ligado ao extremo P e o pólo (—) ao extremo N. fluía uma forte corrente no circuito, conforme ilustrado na figura 3-A. Invertendo-se as conexões da bateria (figura 3-B) ficava praticamente bloqueada a passagem da corrente, ou seja, o dispositivo apresentava resistência altíssima. Em outras palavras, a barra cristalina de germânio passou a funcionar como retificadora de corrente elétrica.

Um cristal de silício, tratando de maneira idêntica, também é capaz de

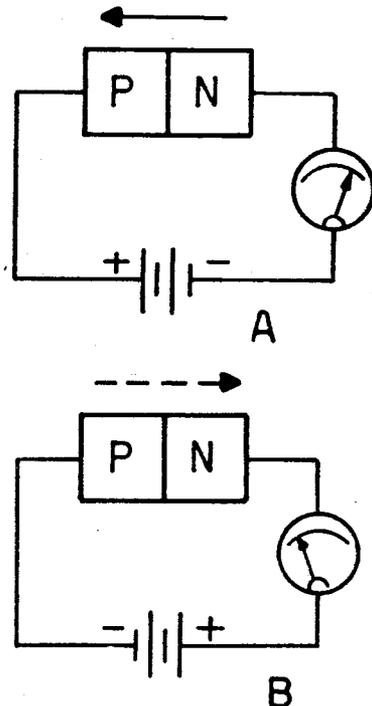


FIG. 3

O diodo P-N permite a passagem de corrente no sentido direto (A) impedindo o fluxo de elétrons no sentido inverso (B).

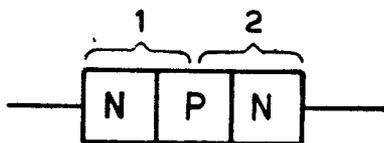


FIG. 4

Intercalando-se uma região P entre duas regiões N do cristal obtém-se o equivalente de dois díodos ligados em contrafase.

retificar a corrente. Esta propriedade permitiu que se construíssem díodos semicondutores para uso como detectores de FI (germânio) e retificadores de potência (silício) os quais são hoje em dia largamente empregados em aparelhos de rádio e TV.

O próximo passo na evolução do transistor consistiu em fazer um "sanduiche" no cristal, intercalando uma região P (contendo índio) entre

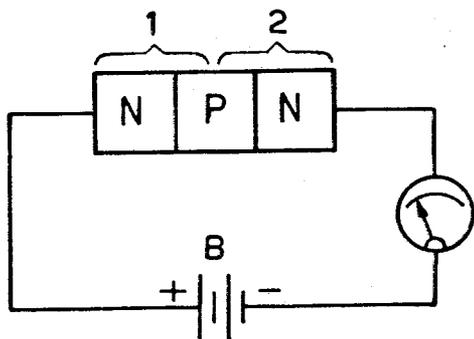


FIG. 5

O duplo-díodo NPN não permite a passagem da corrente, pois o diodo da esquerda (diodo 1) está polarizado no sentido de alta resistência (compare com a figura 3).

duas regiões N (contendo arsênio) (vide fig. 4). Elêtricamente falando, isto equivale a conectar dois díodos em contrafase.

Ligando agora os pólos de uma bateria aos extremos do cristal (regiões N), conforme indicado na figura 5, não passará corrente pelo circuito. Isto não é de se estranhar, uma vez que o diodo 1 se encontra polarizado no sentido da alta resistência.

Suponha-se, porém, que um terceiro contato seja acrescentado ao cristal na região central, como indicado na figura 6. Se agora intro-

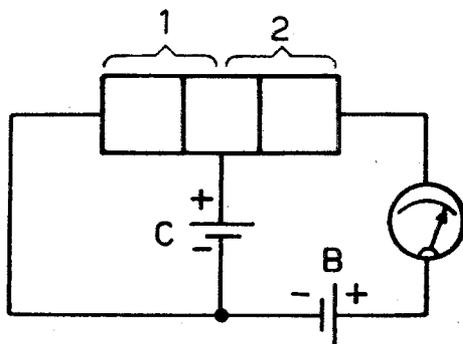


FIG. 6

Uma pequena corrente introduzida na região central pela bateria C faz com que o dispositivo permita a passagem de corrente considerável.

duzirmos uma pequena corrente na fatia central do "sanduiche", valendo-nos de uma bateria suplementar, conforme ilustrado, ocorre um fato surpreendente: a resistência do diodo

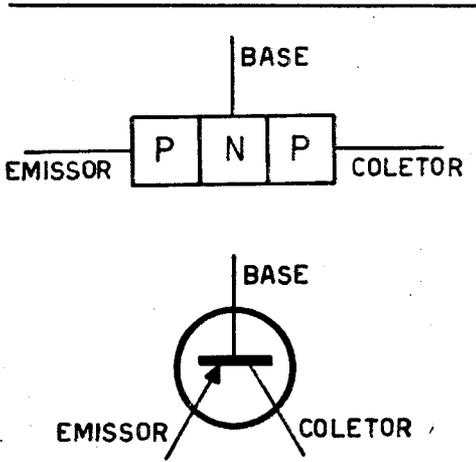


FIG. 7

O dispositivo de 3 fatias é o transistor e as suas três regiões principais são o emissor, a base e o coletor. Em baixo, o símbolo de um transistor PNP

polarizado inversamente cai acentuadamente, e uma corrente bastante grande fluirá pelo circuito NPN e bateria B. A intensidade desta corrente "principal" depende da corrente "de controle", sendo esta em geral 20 a 100 vezes menor do que aquela.

A explicação completa das causas

do fenômeno que acabamos de descrever requeria um espaço considerável e, por esta razão, transferimo-la para mais adiante, nas lições sobre eletrônica, que trazem uma explicação detalhada do mecanismo de condução da corrente nos semicondutores.

O dispositivo que o aluno acaba de ver "nascer" é o transistor, cujas divisões levaram os nomes de **emissor, base e coletor** (figura 7). Estes elementos podem ser comparados aos elétrodos de uma válvula: o emissor é equivalente ao cátodo, a base desempenha função similar à da grade e o coletor correspondente ao ânodo de um tríodo.

Na figura 8 ilustramos os circuitos correspondentes de uma válvula e um transistor, ambos amplificando. Como podemos verificar, a diferença principal está na polarização dos elétrodos de controle. Na válvula, a grade é mantida negativa em relação ao cátodo, para não atrair elétrons nos picos positivos do sinal de

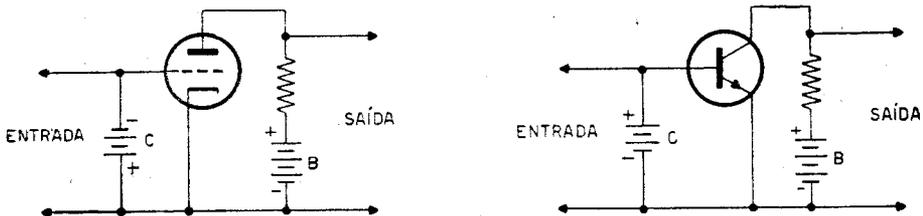


FIG. 8

Amplificador de um estágio à válvula (esquerda) e o circuito transistorizado correspondente (à direita); o transistor usado neste exemplo é do tipo NPN, o que pode ser constatado pelo sentido da seta que representa o emissor (compare com a fig. 7) e as polaridades positivas de base e coletor.

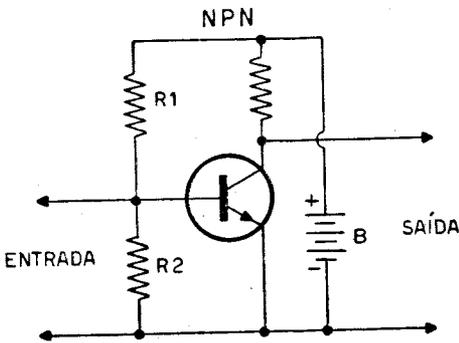


FIG. 9

O uso de um divisor de tensão (R-1 e R-2) para polarizar a base permite usar uma só bateria para alimentar o amplificador.

entrada. No transistor a base é mantida positiva com relação ao emissor, para assegurar polarização direta entre êsses elétrodos.

No circuito da figura 8 a polarização do transistor é conseguida pelo uso de duas baterias separadas. Na prática, porém, isso pode ser conseguido por intermédio de uma só bateria. Na figura 9 ilustramos um transistor amplificador, alimentado por uma só bateria. A resistência R1 em série com R2 forma um divisor de tensão que se encarrega de fornecer a devida polarização positiva (com relação ao emissor) à base.

O tipo de transistor descrito até agora é do tipo NPN, devido à disposição em seu corpo das duas impurezas. Melhores resultados foram conseguidos com a disposição invertida das impurezas, ou seja, na

ordem PNP. Nesse caso, a polarização dos elétrodos também deve ser invertida. A polarização desse tipo de transistor é vista na fig. 10. Deve-se observar que agora o pólo positivo da pilha B vai ligado ao emissor, bem diferente, portanto, da polarização da válvula. Como em 95% dos receptores transistorizados predomina o tipo PNP, deve-se observar sempre se o pólo positivo da pilha está conectado ao terra comum (massa), pois nesse tipo de transistor a fonte de alimentação dos coletores tem polaridade negativa.

Uma diferença importante entre o transistor e a válvula é a impedância de seus circuitos de entrada e saída. Na válvula, essas impedâncias são elevadas tanto na entrada como na saída. No transistor, entretanto, a impedância de entrada é baixíssima, geralmente da ordem de 200 a 1 000

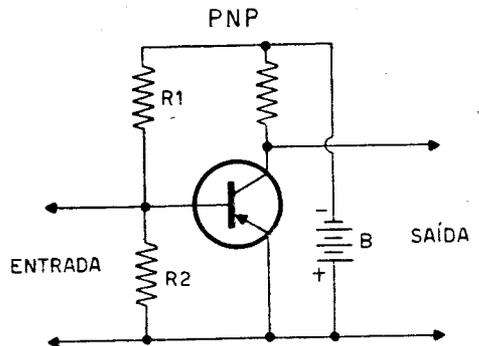


FIG. 10

No amplificador que usa transistor tipo PNP, a massa é positiva e tanto o coletor como a base são negativos com relação ao emissor. O contrário ocorre com transistores NPN (fig. 9).

ohms, e a impedância de saída é elevada, quase sempre da ordem de 20 000 ohms. Isso causa sérios problemas, principalmente de acoplamento da saída de um transistor com a entrada do seguinte. Uma boa solução consiste no uso de transformador com alta impedância no primário e baixa impedância no secundário. Esse sistema é usado no acoplamento de amplificadores de baixa-frequência ou FI. Neste último caso, o secundário dos transformadores correspondentes, por ser de baixa impedância, não pode ser sintonizado, consistindo apenas de algumas espiras. A sintonia da unidade é então feita exclusivamente no primário. Outra solução para o problema consiste no uso de capacitores eletrolíticos de capacidade elevada (geralmente de 50 a 100 mfd) no acoplamento. Dessa forma, sendo a sua resistência pequena, permitirá a passagem de grande parte do sinal para o transistor seguinte, embora o casamento de impedância não seja perfeito.

De acordo com os atuais conhecimentos a respeito do transistor, os cientistas predizem uma vasta aplicação do mesmo na eletrônica, sem, contudo, haver ainda uma completa substituição das válvulas termiônicas.

Existem válvulas, por exemplo, que fornecem potência de saída da ordem de 500 000 watts, enquanto que um transistor, como o 2N278,

consegue entregar a potência máxima de 50 watts, enquanto que outros transistores, mais comumente usados, proporcionam entre 5 e 50 miliwatts, isto é, de cinco milésimos a 5 centésimos de Watt.

Outra limitação no uso dos transistores consiste da relativamente alta dependência das características dos mesmos com relação à temperatura ambiente, e pelo relativamente alto ruído de fundo. Estas atuais limitações não devem ser consideradas definitivas, pois também após a descoberta da válvula amplificadora termiônica ninguém poderia prever suas características atuais. Em favor dos transistores, temos a sua extrema rigidez, que lhes permite suportar facilmente acelerações até 20 000 g (20 000 vezes a aceleração provocada pela força da gravidade da Terra), um valor que nem a válvula mais rígida atinge sequer aproximadamente. Outro fator importante é o tempo de vida útil: as válvulas normais são projetadas para aproximadamente 1 000 ou 2 000 horas, havendo válvulas especiais com vida nominal de 10 000 horas. O transistor tem vida útil estimada em 90 000 até 100 000 horas (contanto que as condições ambientes sejam satisfatórias) e em muitas aplicações certamente poderá ser usado ainda por muito mais tempo.

A maior vantagem do transistor, porém, é o seu baixo consumo de energia elétrica, aliado à sua alta

eficiência. Não existe filamento nos transistores e, portanto, já temos aí apreciável economia. Adicionalmente, as tensões para o coletor ou para o emissor são pequenas, e as correntes circulantes não passam da ordem de microampères ou alguns poucos miliampères.

A êsse respeito, devemos-nos lembrar de que em grande parte dos circuitos eletrônicos comuns o nível dos sinais é baixíssimo, da ordem de alguns microwatts. Para amplificar tais sinais, as válvulas consomem em geral entre 1/10 watt (válvulas para pilhas) e 5 watts de energia elétrica: essa relação nos mostra claramente o desperdício da energia elétrica que é transformada em calor. A dissipação desse calor, por sua vez, pode ser um problema sério; nas máquinas eletrônicas de cálculo, por exemplo, as quais usam numerosas válvulas, é necessário usar um sistema de refrigeração de alta eficiência, para evitar o sobreaquecimento do equipamento. Também em montagens compactas, como câmeras de TV, o calor produzido pelos filamentos força o construtor a usar refrigeração artificial para poder limitar a temperatura a valores toleráveis.

O transistor funcionando como amplificador classe C, pode atingir eficiência de 90-95%; em classe A, sua eficiência vai até 35% — disso resulta aquecimento mínimo do mesmo. Os valores correspondentes para as válvulas termiônicas são de 70 e 10%.

Em resumo: os transistores possuem dimensões muito menores do que as válvulas (entre 1/100 e 1/40 do volume de uma válvula miniatura), consomem reduzidíssima quantidade de energia elétrica, são insensíveis a forte vibrações e possuem vida praticamente ilimitada. As deficiências que os transistores ainda apresentam vêm sendo gradualmente resolvidas e dentro em pouco serão anuladas, pois o progresso nesse campo tem sido verdadeiramente assombroso.

Esta lição resumiu simplesmente um apanhado geral sobre transistores e, conforme já mencionamos, voltaremos a falar detalhadamente no assunto nas lições sobre eletrônica, onde o aluno tomará conhecimentos desde a constituição atômica do germânio — material de que são fabricados os transistores — até circuitos completos de amplificadores e receptores transistorizados.



INSTITUTO RADIO TÉCNICO MONTOR

NÚCLEO DE ENSINO PROFISSIONAL LIVRE POR CORRESPONDÊNCIA
RUA TIMBIRAS, 263 — CAIXA POSTAL 30.277 — SÃO PAULO, ZP-2
BRASIL

REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DO TEXTO E DAS ILUSTRAÇÕES,
PROIBIDA NA FORMA DA LEI

INSTITUTO MONITOR

**CURSO DE
RÁDIO, TELEVISÃO
E ELETRÔNICA**

**SERVIÇOS PRÁTICOS
PARA GANHAR DINHEIRO**

N.º 4

O Consêrto de Radioreceptores

Caixa Postal 30.277 — São Paulo — ZP-2

SERVIÇOS PRÁTICOS PARA GANHAR DINHEIRO N° 4

O CONSERTO DE RADIORECEPTORES

2.ª PARTE

Consertar rádios, além dos conhecimentos técnicos, requer também bastante senso prático. No boletim anterior, que se referia a êste assunto, já indicamos aos nossos alunos alguns dos pontos, por assim dizer, "morais" que deviam ser observados e estudados devidamente, antes de pôr as mãos no radioreceptor. Agora devemos adiantar-nos um pouco mais na questão e dedicar a nossa atenção à parte prática dos trabalhos. Vamos supor que o aluno tenha sido chamado à casa de um freguês para examinar um rádio defeituoso. O técnico, ou futuro técnico, quando chegar ao lugar de suas atividades, e depois de tomar tôdas as informações indicadas em nossa lição anterior, deverá solicitar ao dono do aparelho que ponha êste em funcionamento. Tal modo de proceder tem a seguinte explicação: — a distribuição dos contrôles num radioreceptor, embora seja sempre semelhante, difere em alguns pequenos detalhes, e como é impossível exigir que o técnico conheça todos os aparelhos e a distribuição de seus contrôles, de cor, poderá acontecer facilmente que êle não seja capaz de acertar imediatamente com os botões que têm de ser acionados para sintonizar algumas das estações na devida forma.

Os aparelhos de rádio, como em geral qualquer aparelho, possuem diversos dispositivos para regular o seu funcionamento.

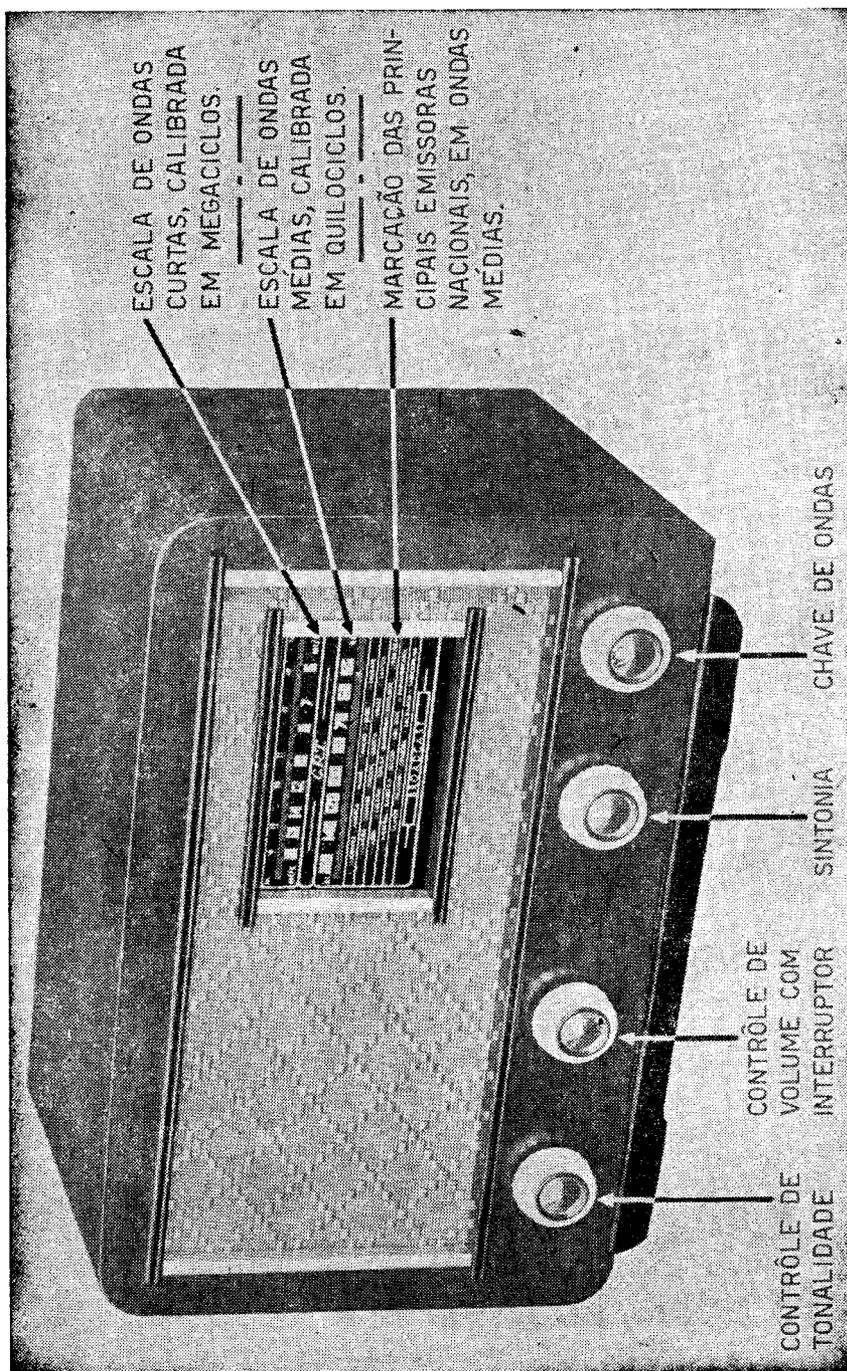
Tem-se, por exemplo, em todos os rádios, um dispositivo de sintonia. Êste, como já sabe o aluno, é um mecanismo (o dial) com cujo auxílio, virando um botão que se encontra à frente do aparelho, altera-se a capacidade do condensador variável, modificando assim a freqüência de ressonância dos circuitos de sintonia.

Faz parte integrante do mecanismo do dial um ponteiro com uma escala correspondente, sendo esta quase sempre dividida em quilo-hertz. A posição do ponteiro que acompanha o movimento do condensador variável, permite sempre conhecer a freqüência de ressonância dos circuitos de sintonia (com uma exatidão aproximada).

Conclui-se pois que, acionando o botão de sintonia das estações, o ponteiro do dial se move também.

Por esta razão, torna-se relativamente fácil descobrir, num aparelho desconhecido, o botão de sintonia. Tem-se, em todos os receptores, um contrôle para regular a intensidade da reprodução sonora.

Êste contrôle, que é chamado "Contrôle de volume", é um potenciômetro ligado de tal maneira que,



Receptor típico de 2 faixas, com indicação dos controles.

quando o eixo está na sua posição extrema, no sentido de rotação dos ponteiros do relógio, o volume de som da reprodução será máximo.

Na realidade, o controle de volume regula a sensibilidade (rendimento de amplificação) do receptor. Por conseguinte, quando o botão do potenciômetro for vibrado até à extrema direita do seu percurso, o aparelho trabalhará com a sua sensibilidade máxima. Virando-se o botão em sentido contrário (oposto ao sentido de rotação dos ponteiros do relógio) o volume de som decrescerá, pois o rendimento do aparelho diminuirá.

Virando-se o botão até à posição extrema do lado esquerdo, o rádio provavelmente deixará de tocar, pois a sua sensibilidade ficará reduzida ao mínimo.

Por conseguinte, ao tratar de ver se o rádio funciona ou não, é indispensável levar o controle de volume até à posição de sensibilidade máxima (extrema direita).

O potenciômetro usado para controle de volume quase sempre está conjugado com um interruptor, que é acionado pelo próprio eixo do potenciômetro. Quando o eixo do potenciômetro está chegando à posição da extrema esquerda, abre o interruptor (corta o contato entre os dois terminais do mesmo). Quando se começa a virar novamente o

eixo do potenciômetro em sentido contrário, esse, logo no começo do seu percurso, fecha o interruptor, isto é, restabelece o contato entre os dois terminais do mesmo.

Este interruptor, conjugado com o potenciômetro, é aproveitado, na maioria dos casos, para ligar e desligar a força que alimenta o receptor.

Cada vez que o mecanismo do interruptor funcionar (ligar ou desligar) ouvir-se-á um estalo característico que os americanos denominam de "click".

Por conseguinte, na maioria dos receptores, o botão que, ao ser virado até à extrema esquerda, fizer um "click", é o correspondente ao controle de volume (Nota: em alguns poucos aparelhos o interruptor é independente do controle de volume, ou então está acoplado com o controle de tom ou chave de ondas).

Além dos dois controles já mencionados, os radioreceptores em geral são equipados também com um controle de tonalidade. Este, que também é um potenciômetro, serve para regular o tom da reprodução sonora do rádio. Com o seu auxílio pode-se regular a reprodução sonora, para destacar as notas graves ou agudas. Este controle não é muito crítico, e influi muito pouco na sensibilidade dos radio-

receptores. Por conseguinte, qualquer que seja a posição do eixo, ou melhor, do botão que regula o mesmo, o aparelho poderá funcionar satisfatoriamente. Quase sempre, porém, êle está ligado de tal maneira que, quando se encontra na posição da extrema direita, o aparelho reproduz tôdas as tonalidades e, por conseguinte, o volume é o máximo.

A distribuição dos contrôles dos aparelhos varia muito; nas ilustrações desta lição só podemos dar alguns exemplos típicos. Tratando-se de receptores pequenos, com 2 botões somente, então a identificação é fácil: um dos botões será o de sintonia e o outro a chave (interruptor) combinado com o contrôle de volume.

Quando são três os botões, um será o de volume e outro de sintonia. O terceiro será ou de tonalidade, ou então a chave de ondas. Tendo o dial duas escalas, será êste último o caso; de outro modo, tratar-se-á do contrôle de tonalidade.

Os receptores comuns, de 2 ou 3 faixas, levam 4 botões, ou seja, sintonia, chave de ondas, contrôle de volume com chave e contrôle de tonalidade.

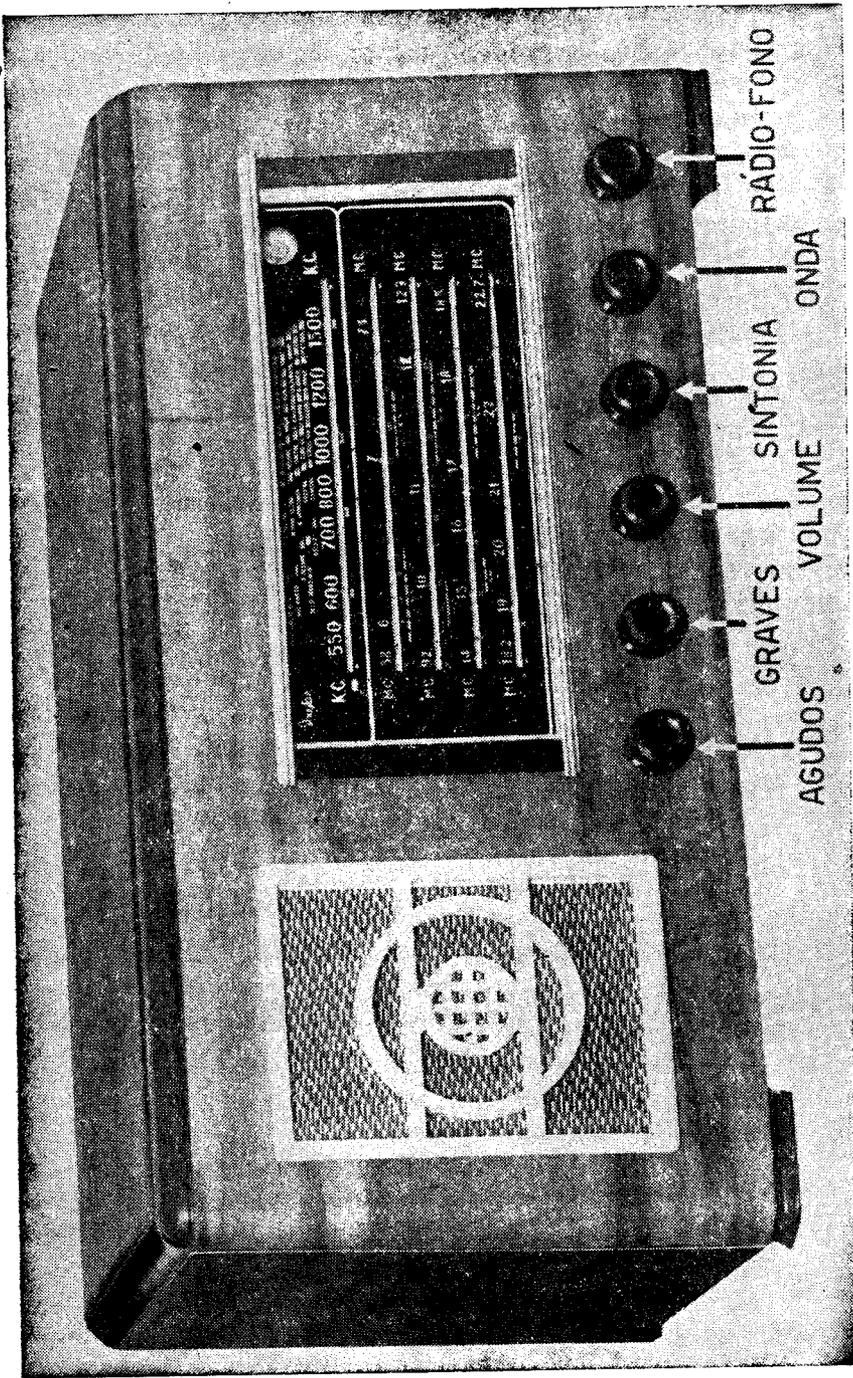
Além dêstes contrôles podem existir ainda:

1) chave rádio-Fone: êste contrôle permite usar o receptor em conjunto com um toca-discos. Numa

das suas posições a parte receptora do aparelho é desligada e o pick-up ligado ao amplificador de BF do receptor; na outra posição o pick-up está desligado e a parte receptora trabalha normalmente. Algumas vêzes a chave rádio-fone também está conjugada com a chave de ondas; na última posição desta, o pick-up é ligado ao amplificador de BF do receptor.

- 2) Contrôle de tonalidade para os sons graves: êste contrôle atua principalmente sôbre os sons graves, aumentando-os em relação aos outros.
- 3) Contrôle de tonalidade para os sons agudos: o mesmo que o anterior, só que atua principalmente sôbre os sons agudos.
- 4) Contrôle de sensibilidade. Êste botão terá o mesmo efeito que o botão do contrôle de volume, só que não atua sôbre a amplificação de baixa-freqüência, e sim sôbre a polarização negativa de uma das válvulas amplificadoras de RF.

Êsses contrôles adicionais quase sempre são colocados nos extremos do grupo de botões e podemos afirmar que, em geral, levando todos os contrôles do receptor à posição da extrema direita, o aparelho achar-se-á em condições de receber



Exemplo de um receptor de várias faixas de ondas, com controles separados para sons graves e agudos. Como se vê, os controles principais (volume e sintonia) estão dispostos no centro.

as estações de ondas médias com a máxima intensidade sonora. Os radioreceptores fabricados nos Estados Unidos trazem, ao lado de cada botão, uma indicação que permite saber a sua utilidade. Para a melhor orientação de nossos alunos, damos a seguir uma tradução de algumas dessas definições empregadas nos radioreceptores de fabricação americana.

Tuning == sintonia, isto é, o botão que está marcado com esta palavra serve para sintonizar as estações.

Volume == contrôle de volume

Band-Switch == chave de onda.

Speech-music == contrôle de tonalidade para obter a reprodução natural da palavra (speech) ou da música (music).

Bass == contrôle de tonalidade que atua principalmente sobre as notas graves.

Treble == contrôle de tonalidade que atua principalmente sobre as notas agudas.

Pois bem. Não há coisa que cause pior impressão ao freguês do que ver o técnico tratando de adivinhar a função de cada um dos contrôles!

O freguês não é capaz de apreciar no seu devido valor este conhe-

cimento e, ao ver que o técnico não conhece a função de cada um dos botões que se encontram no aparelho, perderá nêle tôda a confiança. Estes pequenos detalhes, além de diminuir a confiança na capacidade profissional do técnico, prejudicarão imensamente a aprovação do orçamento ou o crédito de suas opiniões.

Porém, se é o freguês que põe em funcionamento o aparelho, o técnico terá oportunidade de observar quais são os contrôles que deverão ser regulados, isto é, quais os botões que servem:

- 1.º — para ligar e desligar o aparelho.
- 2.º — para regular o volume da reprodução e
- 3.º — para sintonizar as estações.

Logo depois de observar a maneira pela qual se deve proceder para pôr em funcionamento o rádio, o técnico poderá dar execução à sua tarefa de uma forma muito desembaraçada que, sem dúvida, impressionará favoravelmente o freguês.

Existe ainda uma outra vantagem neste procedimento. A experiência nos demonstrou que, freqüentemente, o freguês, movido por qualquer circunstância ocasional, fica com a impressão de que o seu rádio não funciona. Desliga o mesmo e chama rapidamente um técnico.

Já aconteceu, por exemplo, e muitas vezes, que, em consequência de algum temporal, as estações transmissoras suspendessem as emissões. O proprietário do rádio ao ver de repente interromper-se a música, acredita que o mesmo ficou defeituoso. Desliga-o, e sem proceder a outros exames, chama o técnico. Alguns profissionais, movidos pelo excessivo entusiasmo, são capazes de meter ferramentas no aparelho, desmontar tudo e perder horas e horas com o exame, para depois descobrir que realmente o aparelho encontrava-se em perfeitas condições de funcionamento. Quando, porém, o rádio de fato nega-se a trabalhar ao se tentar pô-lo em funcionamento, deve-se observar se acendem tôdas as válvulas ou alguma das válvulas do aparelho (inclusive deve-se observar se o dial fica iluminado). Quando não acender nenhuma das válvulas do rádio, nem ficar iluminado o dial, podemos supor a existência dos seguintes inconvenientes:

- a) Falta corrente de alimentação na tomada.
- b) Interrupção do cordão de força que leva a corrente de alimentação até ao receptor.
- c) Defeito na chave que liga e desliga a corrente do aparelho.
- d) Uma das válvulas com filamento interrompido.

Quando se trata de um radioreceptor alimentado com o auxílio

de um transformador de força, podem existir ainda os seguintes defeitos:

- e) Primário do transformador interrompido.
- f) Primário do transformador em curto-circuito (ou queima de fusível).

Quando se trata de radioreceptores nos quais os filamentos das válvulas são alimentados diretamente da rede de luz e força com o auxílio de uma resistência, e todos os filamentos estão ligados em série, pode ocorrer também o seguinte defeito:

- g) A resistência redutora de voltagem interrompida.

Até mesmo com uma lâmpada de série, torna-se sumamente fácil a localização ou identificação de qualquer um dos defeitos que acabamos de apontar. Por exemplo, para verificar se de fato existe corrente na tomada, basta ligarmos a lâmpada de série à mesma e juntar entre si as duas pontas de prova. Se a lâmpada acender com todo o seu brilho, torna-se evidente que há corrente na tomada. Se, porém, a lâmpada de série não acender, então fica comprovado que, naturalmente, o receptor não poderá funcionar.

Esta falta de corrente de alimentação poderá ser motivada pela queima do fusível da instalação elétrica. Para examinar se o cordão de força que leva a corrente de alimentação até ao receptor está inteiro, devemos encostar as pontas de prova da lâmpada de série nas extremidades dêsse cordão, e logo notar-se-á a passagem ou não de corrente através do mesmo.

O exame do interruptor poderá ser feito de um modo similar, isto é, colocando as duas pontas de prova sobre os 2 terminais do interruptor e fazendo-se funcionar o mesmo em ambos os sentidos. Conforme a posição do interruptor, a lâmpada de série deverá ficar acesa ou apagada. Se em nenhum dos casos acender a lâmpada, fica comprovado que o interruptor não funciona, isto é, não fecha o circuito, e desta maneira não permite a criação de corrente no primário do transformador. O exame do transformador de força deverá ser feito da maneira indicada na lição n.º 9, onde tratamos do uso da lâmpada de série. Quando se tratar de radioreceptores alimentados diretamente da rede de luz e força, a continuidade da resistência redutora, como também dos filamentos de cada uma das válvulas, pode ser facilmente comprovada com uma lâmpada de série, de acôrdo com as

instruções já fornecidas em lições práticas anteriores.

A respeito do uso da lâmpada de série na revisão de receptores, queremos mencionar ainda os dois tópicos seguintes:

- 1) Convém sempre usar uma lâmpada néon para êste fim, pois com esta não há perigo algum de estragar-se uma peça qualquer do receptor por excesso de corrente.
- 2) Quando é usada a lâmpada de série para a prova de qualquer peça de um receptor, êste **nunca** deve estar ligado à rede. A razão desta regra é evidente. Estando ligados à rede, tanto o receptor como a lâmpada, pode ser que o chassi esteja ligado a um dos fios da rede e a ponta de prova ao outro fio. Neste caso existirá uma diferença de tensão de 110 volts (ou 220 volts) entre o chassi e a ponta de prova. Encostando então a ponta de prova ao chassi, ocorrerá um curto-circuito. Estando o receptor desligado da rede, não haverá perigo algum neste sentido. Para desligar o receptor da rede **sempre** é necessário retirar o plugue da tomada; o desligamento por meio da chave comum **não** é suficiente, pois a mesma só desliga um único pólo da rede.



INSTITUTO RÁDIO TÉCNICO MONITOR S/A.

NÚCLEO DE ENSINO PROFISSIONAL LIVRE POR CORRESPONDENCIA

**RUA TIMBIRAS, 263 — CAIXA POSTAL 30.277 — SAO PAULO - ZP-2
BRASIL**

**REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DO TEXTO E DAS ILUSTRAÇÕES,
PROIBIDA NA FORMA DA LEI**

INSTITUTO MONITOR

CURSO DE RÁDIO, TELEVISÃO E ELETRÔNICA

Boletim Técnico Suplementar

Nº 2

OS SISTEMAS DE AUDIÇÃO PÚBLICA

Caixa Postal 30.277 — São Paulo — ZP-2

CURSO DE RÁDIO

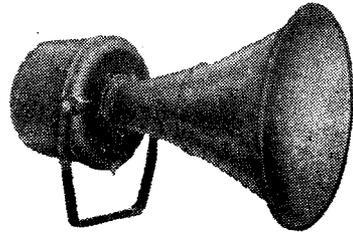
BOLETIM TÉCNICO SUPLEMENTAR Nº 2

OS SISTEMAS DE AUDIÇÃO PÚBLICA

Os sistemas de audição pública, ou os chamados simplesmente A.P., são usados em praças públicas, parques de diversões, casas comerciais, auditórios, hospitais, aeroportos, estações ferroviárias e rodoviárias, etc.

A sua principal finalidade é fornecer sons de inteligibilidade máxima, a uma potência geralmente grande, diferente portanto dos sistemas de HI-FI, onde se requer principalmente fidelidade.

As experiências feitas com o telefone demonstram que uma boa inteligibilidade dos sons, principalmente da voz, consegue-se com frequências de 300 a 3.000 Hz. Dessa forma, os amplificadores de A.P. possuem faixa de resposta limitada, principalmente do lado das baixas frequências, economizando assim considerável potência que seria gasta na amplificação dos sons graves, que pouco ou nada contribuem para a inteligibilidade do som. Na faixa de frequências que correspondem aos sons agudos, os amplificadores de A.P. amplificam frequências até 5 ou 10 mil Hertz, o que melhora ainda mais a intensidade das consoantes.



Corneta de alta potência, tipo Reflex, muito usada em sistemas de A. P.

As instalações sonoras variam muito quanto à potência, dependendo da amplificação. Um sistema sonoro hospitalar opera a um nível bastante baixo e usa múltiplos alto-falantes para levar o som a locais necessários. Tais alto-falantes podem estar calculados para operarem com alguns watts de potência e, usualmente, o fazem bem aquém de seus regimes. Por outro lado, emprega-se na difusão sonora através de aviões, um alto-falante especial superpotente, capaz de operar a uma potência de entrada de 1.200 watts. Isto é feito como tática bélica de efeito psicológico, como alarma, para dirigir-se à população de áreas sinistradas ou para propósitos similares que demandem grande alcance — até alguns

quilômetros. No entremeio, as cornetas acústicas usadas em campos atléticos, pistas de corrida e estádios, são geralmente projetadas para operarem entre 20 e 60 watts cada, a fim de proporcionarem maior potência e maior cobertura angular.

Os alto-falantes usados ao ar livre devem estar projetados para resistirem a uma variedade de intempéries — calor intenso e sol forte, chuva e frio — sem que seu desempenho ou aparência sejam prejudicados. Para aplicações em recintos fechados, não é necessário um modelo à prova de intempéries. Outrossim, há requisitos especiais de caráter industrial e militar: projetores à prova de explosão para operação em ambientes saturados de gases, vapores e poeiras inflamáveis; alto-falantes capazes de suportarem submersão, etc.

CARACTERÍSTICAS DO ALTO-FALANTE A.P.

Se examinarmos um catálogo de alto-falantes de **audição pública**, uma coisa se evidencia logo no início: a maioria dos alto-falantes é do tipo cornetas. Eles consistem de uma corneta. Eles consistem de uma forma ou outra, para conservar espaço, e de uma unidade excitadora, a qual pode ou não ser separada da corneta. Por quê? Simplesmente porque um alto-falante corneta oferece estas características desejáveis:

1. Alta eficiência;

2. Resposta direcional controlada;
3. Operação sem caixa acústica ou sonofletor adicional.

Eficiência: Nos sistemas caseiros a eficiência do alto-falante é virtualmente ignorada. Os alto-falantes de irradiador direto (de cone) apresentam eficiências da ordem de 5% na melhor das hipóteses. Os tipos de alta compliância provavelmente apresentam eficiências próximas de 1%. Entretanto, dispõe-se de um amplificador de elevada potência e o nível de operação é reduzido — na ordem de 0,1 watt acústico nos picos.

Nas instalações de audição pública, pode ser que um alto-falante típico venha a ser solicitado a produzir um nível de 130 db à distância de um metro e vinte da boca da corneta, o que corresponde aproximadamente, em termos de potência de saída acústica, a 10 watts, ou 100 vezes mais que um alto-falante de alta-fidelidade. Se a eficiência fôr de 5%, necessitar-se-ia de um amplificador com potência de 200 watts! Felizmente os alto-falantes de corneta apresentam eficiências elevadas que atingem 30% ou mais, o que permite usar um amplificador de potência razoável — 35 watts neste caso. (Note-se também que o amplificador de 200 watts, necessário para excitação do alto-falante de cone, o queimaria muito antes que o desejado som pudesse ser obtido na saída).

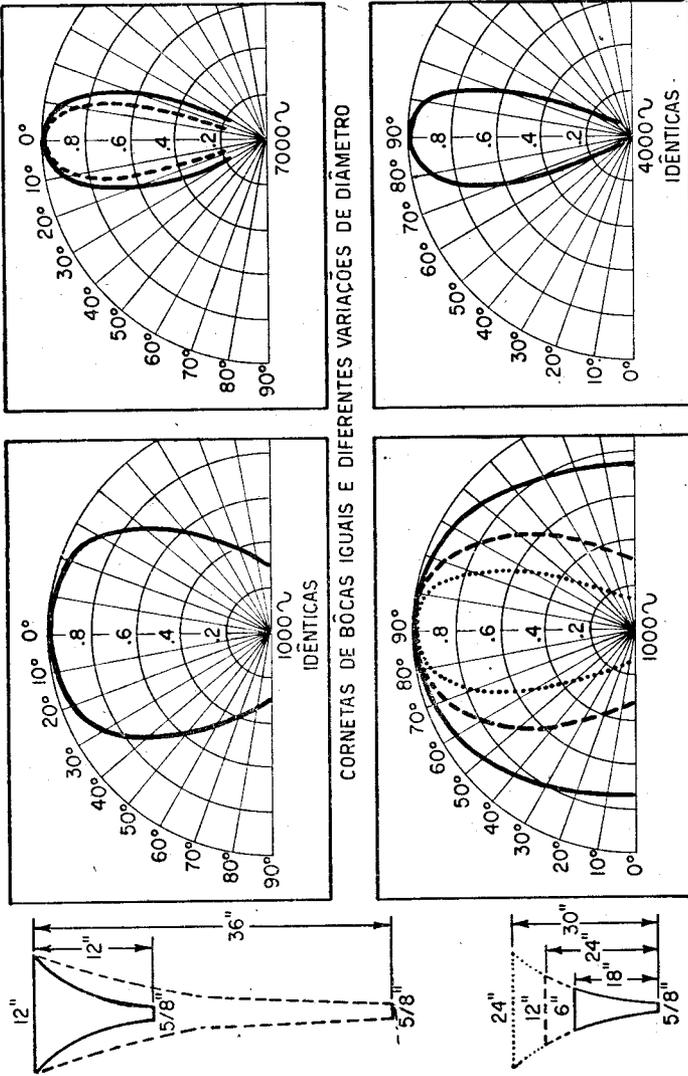


Figura 1

Comparação de características de cornetas típicas. Em cima, as bôcas são iguais e as razões de alargamento são diferentes. Embaixo, as três cornetas alargam-se de acôrdo com a mesma curva, porém, as bôcas são de diâmetro diferentes.

Mesmo dentro de níveis bem mais razoáveis que os dos exemplos extremos apresentados, a eficiência é importante do ponto de vista econômico. Dobrar a potência do amplificador de, digamos, 30 para 60 watts, custa um bom dinheiro. Isso

proporciona um aumento de 3 db no nível acústico. O aumento é perceptível, mas não tanto. Podemos conseguir o mesmo aumento, selecionando-se um alto-falante corneta com eficiência 3 db maior. Isto resulta num aumento de custo aproximada-

mente 4 vezes inferior, proporcionando, além disso, funcionamento mais duradouro do alto-falante (pois êle, geralmente, apresenta também um regime de potência mais elevado) e menor custo operacional e de manutenção do amplificador.

Resposta direcional: num sistema sonoro ao ar livre ou num sistema de reforço do som é necessário orientar o som na direção do auditório e reduzi-lo ao mínimo nas outras direções. Dessa forma, tôda a energia é concentrada na região onde se faz necessária, havendo pouco desper-

dício e melhorando efetivamente a eficiência. Outrossim, isto evita que o som de alto nível perturbe os que se acham nas imediações.

Nos recintos fechados há um fator adicional que intervém decisivamente na direção do som: a reverberação. O impacto da frente de onda nas paredes, no chão e no teto, provoca múltiplas reflexões do som antes de finalmente cessar. Como o som literalmente repercute no interior do auditório ou salão, o tempo de chegada do som refletido ao ouvinte é apreciavelmente retardado pelas sucessivas reflexões. Num enorme

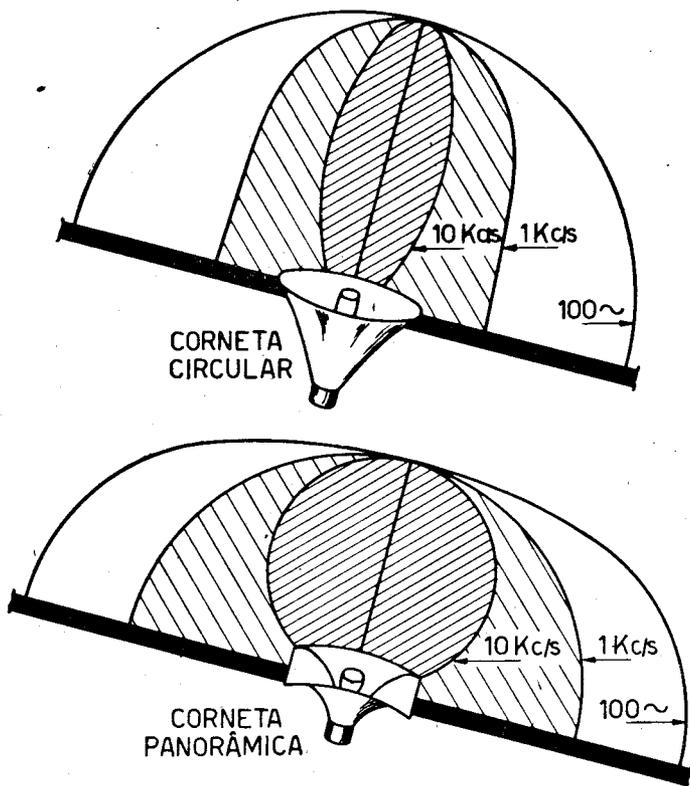


Figura 2

Corneta de boca circular fornece penetração maior em locais com alto nível de ruído, enquanto a corneta panorâmica proporciona cobertura num ângulo muito mais amplo.

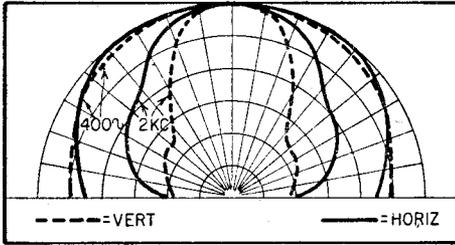


Figura 3

Características de diretividade de uma corneta de boca retangular.

salão no qual as paredes se separam de 30 metros, o tempo gasto por uma onda sonora para percorrer essa distância é ligeiramente inferior a 0,1 segundo — retardamente êsse facilmente perceptível pelo ouvido. Em conseqüência, o ouvinte escuta não só o som diretamente proveniente da fonte, mas também uma série de ecos de intensidade decrescente, devidos às sucessivas reflexões. O som original fica, conseqüentemente, com falta de nitidez, o que não só é desagradável como também diminui grandemente a inteligibilidade. Além disso, a realimentação da energia sonora através de um microfone, se êste é usado, aumenta ainda mais a reverberação, freqüentemente ao ponto de ocasionar uma microfonia, tornando inutilizável o sistema.

O som pode ser orientado con-

forme o desejo, usando-se cornetas e alto-falantes de cone dispostos em linha, ou seja, em colunas acústicas. Uma corneta concentra o som ao longo de seu eixo central, e geralmente torna-se mais direcional à medida que a freqüência se eleva. O grau de diretividade é determinado pelo tamanho da boca da corneta e da abertura desta. A Fig. 1 mostra as características. Uma corneta de abertura acentuada é um pouco menos direcional que aquela que se abre gradualmente, quaisquer que sejam as freqüências, exceto aquelas próximas do limite inferior de sua faixa (denominada freqüência de corte). Nesta faixa inferior, o tamanho da boca desempenha um papel importante na determinação da diretividade.

Alto-falantes de corneta são en-

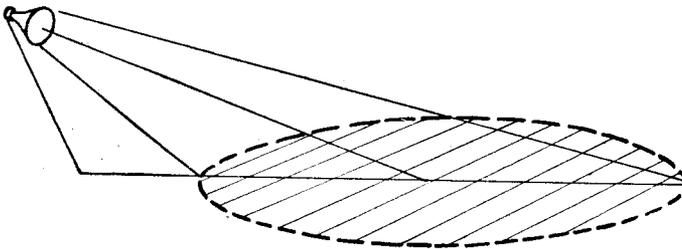
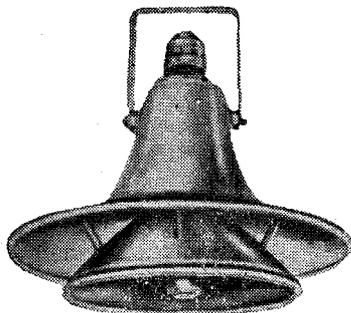


Figura 4

Uma corneta elevada a um plano superior ao da audiência e inclinada para baixo produz uma característica de distribuição elíptica.



O projetor radial tipo Reflex dá cobertura de 360°.

contrados em várias formas, alguns dando cobertura de áreas maiores que outros (fig. 2).

Dimensionando-se a corneta de forma que a abertura e a boca tenham tamanhos diferentes em relação aos seus planos ortogonais de simetria, é possível obter-se características direcionais inteiramente distintas em cada um desses planos. Isso é útil onde o som deve ser espalhado amplamente no plano horizontal e concentrado no plano vertical. As características direcionais de um corneta desse tipo acham-se ilustradas na Fig. 3.

As correntes tornam-se muito volumosas quando projetadas para reprodução de frequências baixas, e poucas cornetas para aplicação em audição pública precisam reproduzir sons inferiores a 100 Hertz. (Todavia, em teatros e cinemas usam-se enormes cornetas de audição pública para frequências baixas). Mesmo as maiores cornetas A.P. perdem muito de sua diretividade abaixo

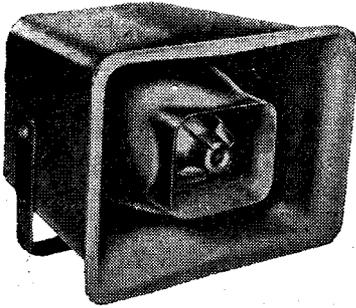
de 500 ciclos. Isso significa que sons de frequências mais baixas não podem ser orientados como era de se desejar. Felizmente, a maioria dos distúrbios, tais como microfonia, é causada por frequências mais elevadas.

Grande parte das cornetas grandes apresentam seções retas circulares, de modo que seu ângulo de distribuição é relativamente pequeno. Este tipo de alto-falante corneta é geralmente usado num local elevado e destina-se a cobrir uma área específica. A fig. 4 ilustra uma tal aplicação. Note-se que não obstante a seção reta da corneta e do cone de distribuição serem circulares, a área coberta é elíptica. Sob esse aspecto,



Figura 5

Conjunto de alto-falantes dispostos em linha, usado em sonofletores retilíneos ou colunas acústicas.



Alto-falante coaxial à prova de intempéries.

quais o alto-falante está a poucos metros de distância do amplificador. Entretanto, afastando-se consideravelmente os alto-falantes (mais de 15 metros), a resistência dos condutores causará perdas consideráveis devido à corrente relativamente elevada que os percorre. Neste caso, desejando-se manter aqueles mesmos condutores e baixar as perdas, o conveniente é reduzir a corrente que os percorre. Lembrando que $POTÊNCIA = CORRENTE \times TENSÃO$, fica evidente que, para ter a mesma potência disponível no extremo dos condutores, será imprescindível aumentar a tensão. Ora, para aumentar a tensão é necessário automaticamente um aumento da impedância da fonte que alimenta os condutores. Esta fonte, em nosso caso, é o secundário do transformador de saída do amplificador. O valor padronizado para instalação de alta impedância é o de 500 ohms.

O mesmo recurso (de elevação da

impedância) aplica-se ao caso em que diversos alto-falantes estão ligados a um mesmo amplificador, pois as suas bobinas conectadas em paralelo tendem a diminuir a impedância total das mesmas. O amplificador, entretanto, continuaria fornecendo a impedância de saída nominal, o que, provocando um casamento imperfeito, diminuiria a eficiência do sistema. Naturalmente, quando se trata de 2 ou 3 falantes, êsse descasamento é praticamente imperceptível.

A solução dêste problema consiste também no emprêgo de transformador de impedância (transformador de linha).

Escolha-se para utilizar, como transformador de saída do amplificador, um modelo cujo secundário possua, além das tomadas de impedância comuns (4, 8 ou 16 ohms), uma tomada especial de alta impedância, de 500 ohms (por exemplo, o Mod. 4517 da Willkason, que se destina a circuitos push-pull de saída ultralinear utilizando válvulas 6V6, 6AQ5 ou EL84). A transmissão do sinal far-se-á então em alta impedância, até ao alto-falante. Junto dêste, deverá ser então instalado um transformador que case a alta impedância da linha com a baixa impedância da bobina móvel do alto-falante. Este transformador, comumente chamado "reductor de impedância", deverá ter o primário com impedância de 500 ohms, e o secun-

a consumir potência nas frequências abaixo de 300 Hertz, porém sem nenhuma finalidade. De fato, maior parte da potência de áudio é desperdiçada em indesejáveis (e inaudíveis) sinais de baixas frequências.

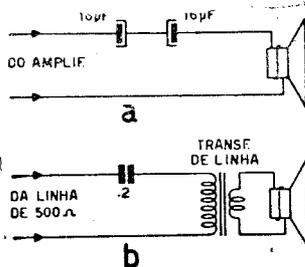
Conectando um condensador de 8 μF em série com a bobina de um alto-falante de 16 ohms, a potência útil, para o propósito de reproduzir voz, será dobrada. A resposta em frequências baixas terá seu corte aproximadamente em 400 Hertz. Como um condensador de 8 μF de papel, ou impregnado a óleo, é muito caro, as duas seções de um duplo eletrolítico de 16 μF , podem ser conectadas em oposição.

trafase) e, quando se emprega uma linha de 500 Ω para os falantes, é usado um condensador de 0,2 μf em série com a linha (Fig. 7-b).

A figura 8 mostra os valores de capacidade para vários pontos de corte nos graves e para diferentes valores de impedância. Para uso desta figura, procure, na primeira e segunda coluna da tabela, a reta que deve ser usada. Em seguida, escolha o ponto da frequência de corte da corneta acústica na escala vertical à esquerda do gráfico, e veja onde esta intercepta a reta escolhida anteriormente. Dêste ponto, desça verticalmente até à escala na parte inferior do gráfico. Este ponto dará

Figura 7

Um condensador de 8 μF , ou dois de 16 μF em contrafase (a), elimina as frequências baixas indesejáveis. Se o falante estiver ligado à linha de 500 ohms (b) a capacidade necessária do condensador será reduzida a 0,2 μF .



Em 400 Hertz, o fluxo de corrente na bobina móvel é diminuído numa relação de 4 vezes (12 db); em 1.250 Hertz a corrente cai à metade (6 db); em 3.000 Hertz a atenuação é somente de 2 db.

Em 10.000 Hertz, a perda devida ao condensador é inferior a 1 db.

Para um alto-falante de 8 ohms, é usado um condensador de 16 μF (dois eletrolíticos de 32 μF em con-

o valor do condensador (em μF) quando multiplicado pelo fator indicado na terceira coluna da tabela.

TRANSFORMADORES DE IMPEDÂNCIA

Quando o alto-falante de um sistema de A.P. fica bastante distante do amplificador, a interligação entre ambos significa uma sensível perda de energia. Conforme explicado na

IMPED. Ω	LINHA	MULT. POR
4	E	100
8	G	100
16	H	100
32	K	10
45	J	10
100	C	10
125	F	10
165	H	10
250	E	1
500	D	1
1000	C	1
2000	A	1
5000	D	1

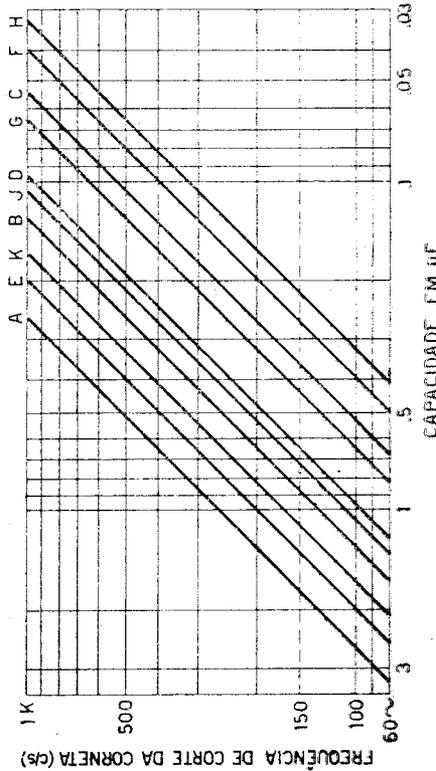
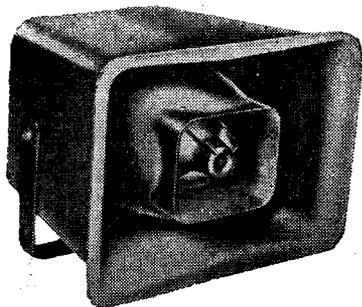


Figura 8

Gráfico e tabela para cálculo do valor de capacidade para corte de graves na frequência desejada, em sistema com diversas impedâncias.

Lição Teórica Nº 2, a perda de energia num condutor com determinada resistência é proporcional ao quadrado da corrente multiplicado por essa resistência (isto é, $PERDA = R \times I^2$). Nos circuitos de baixa impedância (alto-falantes, por exem-

plo), têm-se correntes elevadas em conjunto com tensões reduzidas. As perdas existentes nestes circuitos manter-se-ão baixas somente no caso de ser desprezível a resistência dos condutores. Este é o caso de instalações domésticas comuns, nas



Alto-falante coaxial à prova de intempéries.

quais o alto-falante está a poucos metros de distância do amplificador. Entretanto, afastando-se consideravelmente os alto-falantes (mais de 15 metros), a resistência dos condutores causará perdas consideráveis devido à corrente relativamente elevada que os percorre. Neste caso, desejando-se manter aquêles mesmos condutores e baixar as perdas, o conveniente é reduzir a corrente que os percorre. Lembrando que $POTÊNCIA = CORRENTE \times TENSÃO$, fica evidente que, para ter a mesma potência disponível no extremo dos condutores, será imprescindível aumentar a tensão. Ora, para aumentar a tensão é necessário automaticamente um aumento da impedância da fonte que alimenta os condutores. Esta fonte, em nosso caso, é o secundário do transformador de saída do amplificador. O valor padronizado para instalação de alta impedância é o de 500 ohms.

O mesmo recurso (de elevação da

impedância) aplica-se ao caso em que diversos alto-falantes estão ligados a um mesmo amplificador, pois as suas bobinas conectadas em paralelo tendem a diminuir a impedância total das mesmas. O amplificador, entretanto, continuaria fornecendo a impedância de saída nominal, o que, provocando um casamento imperfeito, diminuiria a eficiência do sistema. Naturalmente, quando se trata de 2 ou 3 falantes, êsse descasamento é praticamente imperceptível.

A solução dêste problema consiste também no emprego de transformador de impedância (transformador de linha).

Escolha-se para utilizar, como transformador de saída do amplificador, um modelo cujo secundário possua, além das tomadas de impedância comuns (4, 8 ou 16 ohms), uma tomada especial de alta impedância, de 500 ohms (por exemplo, o Mod. 4517 da Willkason, que se destina a circuitos push-pull de saída ultralinear utilizando válvulas 6V6, 6AQ5 ou EL84). A transmissão do sinal far-se-á então em alta impedância, até ao alto-falante. Junto dêste, deverá ser então instalado um transformador que case a alta impedância da linha com a baixa impedância da bobina móvel do alto-falante. Este transformador, comumente chamado "reductor de impedância", deverá ter o primário com impedância de 500 ohms, e o secun-

dário com impedância igual à da bobina móvel do alto-falante (comercialmente, está padronizado o valor de 16 ohms para o secundário, como por exemplo, o Mod. 6044 da Willkason).

A necessidade de se usar ou não estes transformadores é ditada pela extensão das instalações que se pretendem efetuar. Para servir de indicação aos alunos, damos na Tabela I as distâncias máximas que pode ter uma instalação, segundo o n° do fio e a impedância de saída do amplificador utilizado (que é naturalmente a mesma da bobina móvel do alto-falante). Esta tabela refere-se a instalações que não usam transformadores de impedância, ou seja, instalações simples em que apenas se alonga a distância entre amplificador e alto-falante (s).

Já na Tabela II damos as distâncias máximas que podem ter instalações que utilizem alta impedância para a transmissão do sinal, isto é, utilizem saída do amplificador em 500 ohms e transformador "reductor de impedância" junto ao alto-falante. De imediato, podemos concluir que, no caso específico de instalações longas, o uso de transformadores de alta impedância reduzirá em alto grau os gastos em fios, pois é possível usar um condutor de calibre bem menor, como se poderá notar observando as duas tabelas.

TABELA I

N° do fio	IMPEDÂNCIA		
	4 ohms	8 ohms	16 ohms
14	38 m	75 m	135 m
16	17 m	45 m	90 m
18	15 m	30 m	60 m
20	7 m	15 m	30 m

TABELA II

N° do fio	IMPEDÂNCIA de 500 ohms
14	1 260 m
16	750 m
18	500 m
20	370 m

Quando são muitos os alto-falantes conectados a um amplificador, em instalações que por sua extensão exigem a transmissão do sinal em alta impedância, serão numerosos os transformadores "reductores de impedância" com primário de 500 ohms e a sua ligação em paralelo resultará numa impedância total inferior aos 500 ohms requeridos para ligação à linha de alta impedância. A solução para este caso está em utilizar, como "reductores de impedância" junto aos alto-falantes, transformadores de saída simples, do tipo utilizado em rádio-receptores.

Sua impedância secundária deverá

ser de acôrdo com a impedância dos alto-falantes usados;

Sua impedância **primária** dependerá do número de alto-falantes do sistema, conforme se segue:

- de 4 a 6 alto-falantes: primário de 2.500 ohms
- de 7 a 15 alto-falantes: primário de 5.000 ohms
- de 16 a 30 alto-falantes: primário de 10.000 ohms.

Utilizando os transformadores adequados, quando forem conectados em paralelo, apresentarão uma impedância total próxima de 500 ohms, que se casará com a alta impedância da instalação, evitando assim perdas inúteis de potência.

OS AMPLIFICADORES DE A.P.

A função dos amplificadores de A.P. é fornecer aos alto-falantes a energia elétrica, a qual será transformada por êstes em energia sonora. Os requisitos essenciais para um amplificador dêsse tipo são: alta eficiência, robustez, simplicidade no circuito e em certos casos facilidade de transporte. Por **alta eficiência** entendemos a propriedade de produzir o máximo de potência útil (de audiofrequência) com o menor consumo de energia da rêde. **A robustez** é essencial, pois os sistemas de A.P. operam freqüentemente sob condições adversas, como excesso de calor, umidade, vibração, etc. Um circuito simples é mais fácil de consertar e ao mesmo tempo possui menor

número de componentes sujeitos a estragar-se.

O circuito que descrevemos a seguir é típico e servirá para fornecer aos alunos uma idéia do tipo de aparelho empregado em sistemas de A.P.

AMPLIFICADOR DE 50 WATTS PARA A.P.

Descrição do estágio preamplificador para microfone

O uso dêsse estágio em amplificadores de A.P. se faz necessário para perfeito funcionamento do equipamento, uma vez que o sinal fornecido pelos microfones dinâmicos (comumente empregados neste serviço) é muito mais fraco que o dos fonocaptadores cerâmicos a cristal.

Neste amplificador (Fig. 9), êsse estágio utiliza a válvula 6F86. A escolha recai sôbre êsse tipo, por ser antimicrofônico, ter uma boa relação sinal/ruído e principalmente um elevado fator de amplificação. Esta última particularidade permite o uso de uma só válvula nesse estágio, o que, diminuindo o tamanho e o pêso do conjunto, torna-o ideal para sistema de A.P. onde quase sempre um transporte fácil é requerido. Além disso, o uso de uma só válvula no preamplificador facilita consideravelmente a reparação.

A tensão de alimentação de placa e grade auxiliar é adicionalmente filtrada por R-5 e C-5, a fim de atenuar o mais possível a freqüência

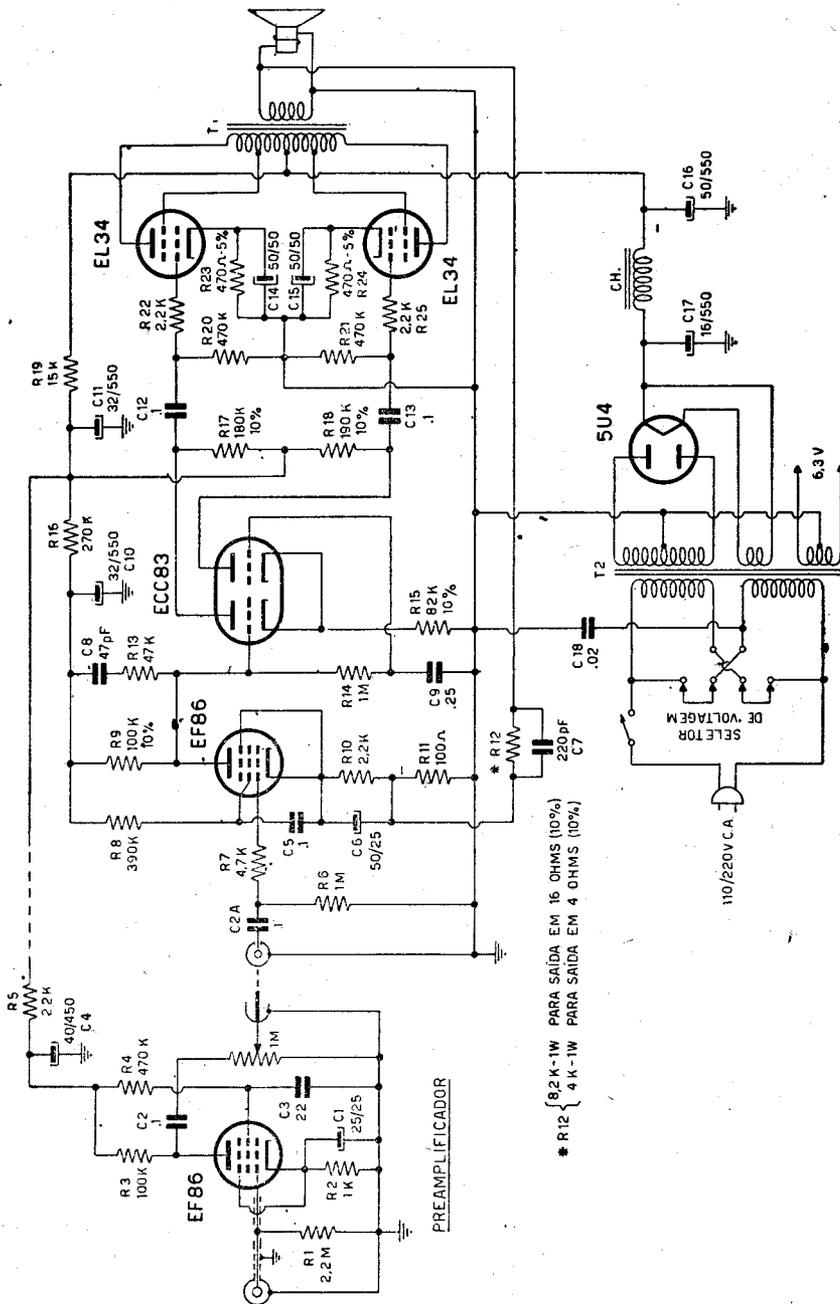


Fig. 9 — DIAGRAMA ESQUEMATICO DO AMPLIFICADOR PARA AUDIÇÃO PÚBLICA COM PREAMPLIFICADOR PARA MICROFONE. Os transformadores usados são da marca EASA. T-1 é um transformador de saída ultralinear para a válvula EL34, tipo 5034. T-2, um transformador de força para 110/220, é do tipo F-5020/450. O choque de filtro CH é do tipo 5180. O preamplificador deve, de preferência, ser montado bem próximo do microfone, em um chassi separado, e a interligação com o amplificador (acoplamento) feita com fio blindado (shieldado).

espúria de 60 KHz introduzida pela linha do +B.

A polarização da válvula se faz pela inclusão em seu cátodo da resistência R-2. O condensador em paralelo de 25 μ F é usado para evitar a degeneração na válvula, o que diminuiria a amplificação. Assim, esse condensador faz com que o cátodo dessa válvula fique ao mesmo potencial que o chassi, com relação aos sinais de áudio.

O sinal amplificado por essa válvula é acoplado ao terminal superior do potenciômetro de 1 megohm, que permite controlar o volume de reprodução. Do cursor desse potenciômetro o sinal é injetado no amplificador propriamente dito.

Estágio excitador

A primeira válvula do amplificador propriamente dita é do tipo EF86, usada também no preamplificador. O seu cátodo vai ligado, depois da devida polarização (R-10 e C-6), a um divisor de tensão formado por R-11 e R-12 alimentado pelo secundário do transformador de saída. Essa ligação assegura a suficiente realimentação negativa no estágio, melhorando indubitavelmente a fidelidade do amplificador.

A placa desta válvula está acoplada diretamente à válvula seguinte, uma ECC83.

Estágio inversor de fase

O tipo de inversor de fase usado

neste amplificador, conhecido pelo nome "amplificador diferencial", utiliza o duplo-tríodo ECC83. Neste tipo de inversor de fase, os cátodos de ambas as seções são ligados em comum, sendo polarizados a uma alta tensão positiva por R-15 (de 82 K).

No primeiro tríodo a grade está altamente **positiva em relação ao chassi**, devido ao acoplamento direto com placa da válvula anterior, mas, apesar disso, está **negativa com relação ao cátodo**. Assim, o funcionamento desse primeiro tríodo é semelhante ao sistema comum. R-14 é a resistência de escape dessa seção da válvula. Essa resistência não vai ligada diretamente à terra para não influir na polarização positiva da grade com relação ao chassi. Nesse caso a resistência vai ligada através de um condensador de 0,25 μ F (C-9) que, para a audiodiferência aí circulante, é praticamente um curto-circuito, barrando, entretanto, a passagem de CC.

O acoplamento dessa 1ª seção tríodo com a válvula de saída correspondente é feito através do condensador C-12.

Assim, podemos verificar que o funcionamento dessa seção é convencional. Vejamos agora como a fase é invertida pela 2ª seção.

Como podemos verificar, o acoplamento do primeiro tríodo com o segundo é feito pela ligação comum dos cátodos.

Quando a grade do 1º triódo é positiva haverá maior fluxo de corrente na válvula, tornando o terminal superior de R-15 mais positivo com relação ao chassi.

Estando R-15 ligado também ao cátodo do 2º triódo, o cátodo dessa seção, é claro, ficará, da mesma forma, mais positiva que antes. Como a grade desse 2º triódo está mantida a um potencial fixo (positivo para C.C. do +B e nulo para sinais de áudio — com relação ao chassi), podemos dizer que, ficando êsse cátodo mais positivo, a grade (sem mudar de polarização) ficará mais negativa que antes com relação a êsse cátodo; isto acarreta diminuição da corrente através dêste triódo.

Assim, quando na 1ª seção a condução aumenta (lado positivo do ciclo), na outra diminui, e quando diminui (lado negativo do ciclo) na segunda seção, a corrente aumenta, pois o seu cátodo fica mais negativo.

Verificamos, portanto, que no 2º triódo a fase está invertida (180 graus) com relação ao 1º triódo.

A carga da placa dessa 2ª seção é a resistência R-18 de 190 K; o acoplamento à válvula de saída correspondente é feito através de C-13, de 0,1 μ F.

O valor da resistência de carga do 2º triódo (R-18) é ligeiramente maior que a resistência de carga do 1º triódo (R-17, de 180 K). Isso é necessário, para compensar a peque-

na assimetria própria dêste circuito inversor.

Estágio de saída

O estágio de saída dêste amplificador utiliza 2 válvulas EL34, uma versão moderna da 6L6. O circuito trabalha em classe AB, pelo sistema ultralinear. Nesse caso, o transformador de saída deve ser especial, ou seja, possuir duas tomadas extras no primário do transformador de saída para alimentar devidamente as grades auxiliares das válvulas pentodo de saída.

Em todos os casos, a realimentação negativa para o estágio excitador é tirada do secundário do alto-falante, sendo acoplada ao excitador por meio de R-1 e C-7.

ATENÇÃO: A grade supressora de cada válvula (não desenhada no esquema) deve ser ligada **externamente** ao respectivo cátodo (ligação do pino 1 — grade supressora — ao pino 8 — cátodo).

Fonte de alimentação

A fonte de alimentação dêste amplificador é do tipo convencional. O primário do transformador de força tem dois enrolamentos de 110 volts. Uma chave comutadora liga êsses enrolamentos em série (para 220 V) ou em paralelo (para 110 V). Êsse artifício permite o uso de fio

mais fino para ambos os enrolamentos primários, sem prejuízo para a utilidade do transformador, Isso é possível, pois para 110 volts, onde a corrente é maior, os enrolamentos ligados em paralelo dividem a corrente entre si, e para 220 volts, sendo a corrente reduzida à metade, a ligação em série é perfeitamente viável.

Os secundários de alta tensão e de filamento para a retificadora são normais. O secundário de 6,3 volts para filamentos tem uma derivação central, que vai ligada à massa. Isso reduz o zumbido da C.A. presente nos filamentos.

A barra-ônibus de massa deve ser isolada do chassi e só ligada a êie no ponto indicado no esquema, ou seja, o terminal do "jack" de entrada que se acha mecânicamente em contato com o chassi. Os eletrolíticos usados para filtragem devem ser de alta isolamento. Não sendo encontrados os valores pedidos (550 V) substitui-se cada um por dois eletrolíticos

em série, de 400 ou 450 V de isolamento e 32 μ F de capacidade.

MICROFONES PARA AUDIÇÃO PÚBLICA

Um detalhe que merece atenção quando da instalação de um sistema de A.P. é a escolha do microfone. Este deve ser robusto, com boa resposta de frequência, a fim de proporcionar boa reprodução das consoantes. Por esta razão, os microfones de carvão não são usados em A.P.

Os tipos mais freqüentemente usados para êste serviço são os microfones **dinâmicos** e os microfones de **crystal** ou **cerâmica**. Êstes últimos são os preferidos em instalações de baixo custo, enquanto que os dinâmicos são usados em sistemas de médio e alto custo, onde proporcionam boa resposta de frequência, aliada a considerável robustez e insensibilidade às condições ambientes (umidade, temperatura, etc.).



INSTITUTO RADIO TÉCNICO MONITOR S/A.
NÚCLEO DE ENSINO PROFISSIONAL LIVRE POR CORRESPONDENCIA
RUA TIMBIRAS, 263 — CAIXA POSTAL 30.277 — SAO PAULO - ZP-2
BRASIL

REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DO TEXTO E DAS ILUSTRAÇÕES,
PROIBIDA NA FORMA DA LEI