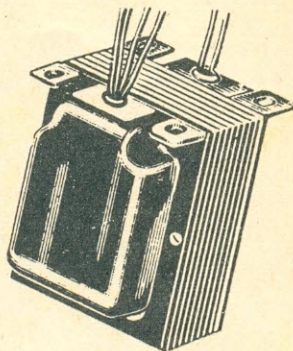
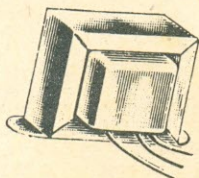
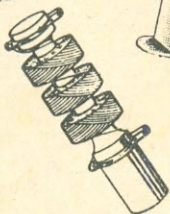
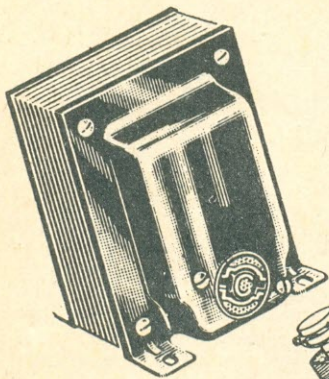


A Auto-Indução*

J. P. OEHMICHEN

PARTE II (Fim)**



NA Parte I vimos o fenômeno da indução em uma bobina, a auto-indução (a influência que a bobina exerce em si mesma), apresentamos algumas experiências que o leitor pode realizar para comprovar os fenômenos que ocorrem nas bobinas e definimos o Henry, que representa o coeficiente de auto-indução. Descrevemos, ainda, uma experiência muito interessante que utiliza os materiais chamados supercondutores.

Prosseguindo com o estudo da auto-indução, iremos ver como se comporta a bobina quando alimentada por uma tensão constante, a influência da auto-indução em circuitos de varredura de televisores, formas de onda produzidas pela corrente em uma bobina, a sobre-corrente de ruptura e, finalmente, analisaremos os inconvenientes e vantagens da auto-indução.

CASO DE UMA TENSÃO CONSTANTE

Suponhamos (Fig. 7) que temos a bobina B, de indutância L , e que a ligamos, no tempo 0, a uma pilha de tensão V .

Podemos concluir, pelas leis da auto-indução, que a tensão que se manifestará nos terminais da bobina será igual a:

$$L \frac{di}{dt}$$

e, portanto, proporcional à indutância L e à velocidade de variação da corrente.

Ora, essa tensão só pode ser igual a V (supomos que a pilha não tem resistência

interna), visto que não há nenhuma resistência no circuito.

Temos, portanto:

$$L \frac{di}{dt} = V$$

donde:

$$\frac{di}{dt} = \frac{V}{L}$$

Mas V/L é uma constante, e dizer que di/dt é constante equivale a dizer que a velocidade de variação de i em função do tempo é constante e, em consequência, que i cresce uniformemente, a cada segundo, de um certo número de ampères (que já sabemos, é igual a V/L).

A intensidade da corrente deve crescer, por conseguinte, segundo uma lei linear:

$$i = \frac{V}{L} t$$

isto é, conforme a lei expressa pela curva (1) (em linha cheia) da Fig. 8.

Isso é uma consequência direta da definição do coeficiente de auto-indução, ou indutância. Dizemos que uma bobina de 1 H é aquela nos terminais da qual manifesta-se uma tensão auto-induzida de 1 V, quando a

(*) Le Haut-Parleur, nº 1.544.

(**) Parte I, Eletrônica Popular, vol. 44, nº 1.

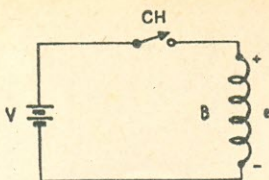


FIG. 7 — Quando fechamos o interruptor CH, aplicamos a tensão constante V aos terminais da bobina L : a corrente deveria crescer proporcionalmente ao tempo (crescimento linear).

corrente pela bobina experimenta uma variação de 1 A/s .

Logo, nessa mesma bobina de 1 H , a tensão gerada entre seus terminais será de A volts, se a corrente tiver uma variação de A ampères por segundo. Se a bobina tiver uma indutância de L henrys, uma variação de corrente de A ampères por segundo determinará o aparecimento entre seus terminais de uma tensão de AL volts.

A curva (1) da Fig. 8 pode causar uma certa estranheza: alguns espíritos se rebelam ante a idéia de uma corrente a crescer indefinidamente (sobretudo com o quilowatt-hora tão caro como está!).

De fato, há circunstâncias que irão modificar um pouco o resultado prático. Para começar, a pilha não pode fornecer uma corrente infinita (ela tem sua resistência interna). Depois, a bobina, não sendo supercondutora, tem também uma pequena resistência. Tudo isso junto faz com que a variação da corrente obedeça realmente à lei da curva (2) da Fig. 8 (linha tracejada).

Esta curva confunde-se inicialmente com a curva (1), para depois afastar-se dela tangencialmente, de forma a tender para um determinado valor limite, sem porém jamais alcançá-lo. A curva possui uma tangente "no infinito", que denominamos **assintota**, a qual, como podemos ver pela figura, é uma horizontal tirada pelo ponto do eixo das ordenadas (e , portanto, de i) correspondente ao valor V/R , sendo R a resistência total do circuito, composta da resistência própria da bobina, da resistência interna da pilha e da resistência dos fios de ligação.

UMA PEQUENA VARREDURA

Vocês devem ter reparado que insistimos sobre o fato de que a curva (2) se confundia inicialmente com a curva (1). Assim procedemos porque isso é muito importante.

Com efeito, na prática, vamos encontrar muitos exemplos de bobinas alimentadas por uma tensão constante, e nas quais consideramos que a intensidade da corrente cresce com o tempo segundo uma lei linear.

O exemplo mais conhecido é talvez o que diz respeito à varredura horizontal dos televisores.

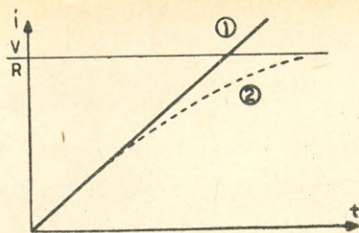


FIG. 8 — Quando uma bobina é alimentada sob uma tensão constante, a intensidade da corrente deveria crescer proporcionalmente ao tempo (1), mas, na realidade, a presença de resistência de diversas naturezas limita o crescimento da corrente, que se processa segundo a curva (2).

Sabemos, efetivamente, que a "mosca" (o ponto luminoso) que desenha a imagem na tela do cinescópio de um televisor é defletida por campos magnéticos gerados pelas bobinas de deflexão, agrupadas em torno do pescoço do cinescópio.

Numa primeira aproximação, a deflexão da "mosca" é proporcional à intensidade da corrente pela bobina. Ora, para efetuar a varredura horizontal de 525 linhas em $1/30$ de segundo, são necessários $1/(525 \times 30) = 63,5 \mu\text{s}$, para cada exploração completa, sendo cerca de $57,5 \mu\text{s}$ para o traçado das linhas (da esquerda para a direita) e $6 \mu\text{s}$ para o retorno. É evidente que, neste caso, é necessária uma corrente que cresça linearmente na bobina de deflexão horizontal.

A solução adotada consiste na aplicação do resultado que foi estabelecido há pouco: ao aplicarmos uma tensão constante a uma bobina, circula por esta uma corrente que cresce uniformemente com o tempo, pelo menos nos primeiros instantes.

Aplicamos, portanto, uma tensão constante aos terminais da bobina de deflexão horizontal, durante a ida da "mosca", e obtemos automaticamente um deslocamento desta velocidade constante.

Os leitores mais afeitos aos detalhes de técnica de televisão poderão objetar que é preciso introduzir uma "correção em S", para compensar o grande valor do ângulo de deflexão, mas, de qualquer forma, o princípio permanece válido.

Temos, por conseguinte, uma aplicação útil do fenômeno da auto-indução, na geração de uma varredura linear. Mas o caso não está encerrado: o lado "contestatório" da auto-indução não se calou ainda: durante a volta da "mosca", retorno que tem de ser muito rápido, torna-se necessário fazer variar muito rapidamente a intensidade da corrente na bobina de deflexão horizontal. Nestas condições, a reação da auto-indução será formidável: aparecerá nos terminais da bobina uma tensão muito alta.

É, aliás, essa tensão alta que dificulta a transistorização dos sistemas de varredura

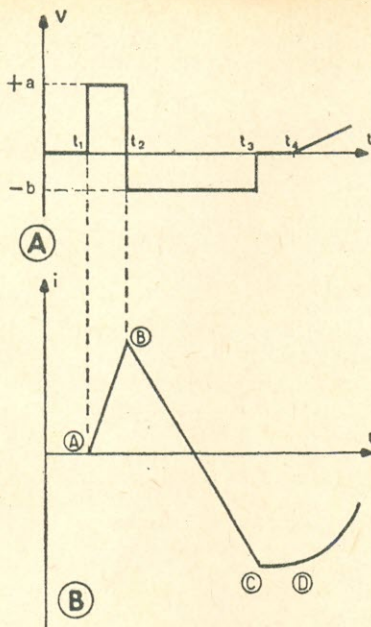


FIG. 9 — Quando aplicamos a uma bobina ideal (sem resistência) uma tensão que varia como em (a), a intensidade da corrente varia como em (b).

horizontal dos cinescópios cromáticos (eles requerem bobinas de maiores proporções e, portanto, de maior indutância que a dos tubos de imagem em preto e branco). A sobretensão de retorno é de tal forma elevada, que há perigo de danificação até dos transistores mais adaptáveis a esses circuitos.

A solução da tensão constante para a obtenção de um crescimento de corrente linear é bem adequada ao caso da deflexão horizontal, mas é bastante inconveniente em se tratando da varredura vertical. Por quê? Muito simplesmente porque, neste último caso, não se trata mais de deslocar a "mosca" em 63,5 μ s, mas sim em 16,6 ms (frequência de repetição de 60 Hz). Nestas condições, a derivada di/dt da corrente na bobina é muito menor, e as perturbações devidas à resistência da bobina tornam-se predominantes, motivo pelo qual não podemos mais considerar como satisfatória a solução de manter a tensão constante.

OUTROS TIPOS DE VARIAÇÃO DE CORRENTE

Vamos agora supor que um gerador de tensão, sem resistência interna, aplica a uma bobina de indutância L uma tensão V , que varia em função do tempo segundo uma lei conhecida, e tentemos deduzir a lei de variação da corrente na bobina.

Suporemos (Fig. 9a) que a tensão V , inicialmente nula, passa bruscamente para o

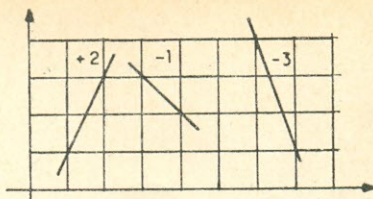


FIG. 10 — A inclinação de uma reta é definida como o quociente das variações da ordenada pelas variações da abscissa de um ponto que se desloca ao longo da reta. As inclinações representadas são de + 2, - 1 e - 3.

valor $+ a$ no tempo t_1 , e nele permanece até o tempo t_2 , quando então passa bruscamente para o valor $-b$, que mantém até o tempo t_3 , quando se anula. A tensão V permanece então nula até o tempo t_4 , quando recomeça a crescer progressivamente.

Suporemos, também, que a corrente na bobina era nula inicialmente (no tempo zero).

Estamos em condições de traçar facilmente a curva da Fig. 9b, que exprime a variação da intensidade da corrente em função do tempo.

Essa intensidade vai variar a partir do momento t_1 . Sua variação será linear (proporcional ao tempo). A curva que representa essa variação será, portanto, uma reta. A inclinação dessa reta será igual a a/L , porquanto devemos ter, durante a manutenção da tensão a aplicada aos terminais da bobina, uma variação i de acordo com a fórmula:

$$L = \frac{di}{dt} = a$$

donde:

$$\frac{di}{dt} = a/L$$

Para quem esteja esquecido, lembramos que a inclinação de uma reta (Fig. 10) é a relação entre a **variação** da ordenada e a **variação** da abscissa de um ponto que se desloca sobre essa reta.

No caso da Fig. 10, representamos dois segmentos de retas correspondentes a inclinações sucessivas (da esquerda para a direita) de 2, -1 e -3 . A notação (que tanto atemoriza os "matematófobos")

$$\frac{di}{dt}$$

representa a **velocidade de variação** de i em função de t e, por conseguinte, no caso de uma variação uniforme de i (representada por uma reta), representa a relação entre as

variações de i e as variações de t , que as determinaram. Por exemplo: se o aumento de i é de 0,0032 A durante um tempo de 0,001 s, a **velocidade de variação** correspondente é de:

$$\frac{di}{dt} = \frac{0,0032}{0,001} = 3,2 \text{ A/s}$$

Portanto, a partir do tempo t_1 , o valor de i cresce segundo uma lei linear (representada por uma reta), à razão de a/L ampères por segundo, isto é, temos uma inclinação de a/L para a reta representativa da variação de i .

No tempo t_2 , a tensão nos terminais da bobina torna-se bruscamente negativa e igual a $-b$. A intensidade da corrente deixa então de aumentar, subitamente, e começa a diminuir. A variação instantânea da inclinação traduz-se por um ângulo vivo na curva que exprime i em função de t .

Supondo que b é a metade de a (em valor absoluto) e que o período $t_3 - t_2$ é quatro vezes maior que o período $t_2 - t_1$, devemos ter uma reta representativa de i que, a partir do ponto B, decresça com uma inclinação duas vezes inferior à da inclinação da reta representativa de i entre os pontos A e B. Como, porém, ela se estende, entre B e C, por um período quatro vezes maior, em relação ao período entre os pontos A e B, ela desce de B a C (diferença de tensões) duas vezes mais do que cresceu de A a B.

O ponto C terá, então, uma ordenada negativa, igual em valor absoluto à ordenada do ponto B.

A partir do tempo t_3 , correspondente ao ponto C, a tensão nos terminais da bobina se anula. Não há problema: a corrente na bobina mantém-se constante (estamos considerando uma bobina sem resistência).

Chegado o tempo t_4 , a tensão nos terminais da bobina começa a crescer progressivamente. Teremos, portanto, um crescimento cada vez mais rápido da intensidade da corrente, isto é, a curva representativa de i em função de t não será mais uma reta, mas sim uma curva. A concavidade desta curva está voltada para o alto, o que traduz o fato de que a inclinação da tangente da curva (mais uma vez a indefectível $di/dt!$) é crescente.

Os leitores poderão, para ganhar prática, tentar fazer o levantamento inverso do que fizemos: partindo da curva de variação de i numa bobina, deduzir a curva de variação da tensão auto-induzida nos terminais da bobina.

AINDA A SOBRECORRENTE DE RUPTURA

Na experiência da Fig. 4, utilizamos a sobretensão, que se produz nos terminais de

uma bobina quando cortamos a sua corrente, para acender uma lâmpada néon. Mas, em certos casos, os efeitos da auto-indução, quando a corrente é cortada, são bem mais devastadores.

Nossa lâmpada néon suportou a reação da bobina porque a energia contida nesta era pequena. Quando, entretanto, cortamos uma corrente de alta intensidade que circula numa bobina de grande indutância, os resultados podem ser espetaculares (ou catastróficos, se preferirem).

Como a variação da intensidade da corrente é extremamente rápida, a tensão de auto-indução pode ser muito grande. Frequentemente, ela é suficiente para chegar a opor-se à interrupção da corrente por meio de uma descarga de corrente, sob a forma de um "arco", entre as peças que estavam em contato, antes da abertura do circuito.

Na melhor das hipóteses, o acontecimento traduz-se por uma centelha bem visível: a dissipação da energia da bobina consome-se através da volatilização do cobre nos pontos das peças que deixaram de estabelecer contato por último, na operação de interrupção do circuito.

Mesmo que as palhetas que estabelecem o contato tenham inicialmente uma superfície de contato ampla (quando, por exemplo, elas estejam comprimidas uma com a outra pela aplicação de uma força energética), no momento que pretendemos abrir o contato, a pressão sobre as palhetas diminui. A zona de contato entre elas diminui de amplitude, até o instante em que se reduzem a um simples ponto.

Como o fenômeno da auto-indução mantém a corrente num valor quase constante, nesse ponto de contato há uma densidade de corrente muito elevada, o que determina a volatilização do cobre e o desencadeamento da centelha.

Entretanto, se a energia armazenada pela bobina é considerável, as coisas não ficam por aí. Quando as últimas zonas que dão passagem à corrente se separam um pouco, no momento em que acaba de saltar a centelha, a tensão nos terminais do contato sobe vertiginosamente, podendo chegar a provocar uma passagem de corrente pela zona onde a volatilização do cobre, por ocasião da centelha, tenha dado início a um processo de ionização do ar.

Nesse momento, uma espécie de fita azulada aparece entre as peças do contato, volatilizando o cobre e permitindo a passagem da corrente. É o arco elétrico, justamente temido, visto que, na melhor das hipóteses, encerra o risco de deteriorar profundamente o contato, mas pode chegar até a provocar incêndios. É o fenômeno chamado "sobrecorrente de ruptura". Como vemos, a auto-indução, sem trocadilho, é fogo!

Sempre topamos com dificuldades quando pretendemos cortar bruscamente a cor-

TABELA I — ANALOGIA ENTRE GRANDEZAS MECÂNICAS E ELÉTRICAS

Inércia
 Massa m , em kg
 Velocidade, em m/s
 Rapidez do aumento da velocidade, ou
 aceleração, em m/s^2
 Força de inércia F , em N

$$F = - m \frac{dv}{dt}$$

Energia $E = mv^2/2$

Aceleração progressiva sob o efeito de
 uma força constante
 Velocidade nula ou constante em ausência
 de força
 Efeito de choque por uma interrupção
 brusca do movimento
 Tendência a manter constante a velocidade,
 mediante oposição às suas variações
 Impossibilidade de variação instantânea da
 velocidade

Auto-indução
 Indutância L , em H
 Intensidade, em A
 Velocidade de variação da intensidade,
 em A/s
 Tensão de auto-indução e , em V

$$e = - L \frac{di}{dt}$$

Energia $E = Li^2/2$

Aumento progressivo da corrente sob o
 efeito de uma tensão constante
 Corrente nula ou constante, em ausência de
 tensão
 Sobretensão elevada pelo corte da corrente
 Tendência a manter constante a corrente,
 mediante oposição às suas variações
 Impossibilidade de variação instantânea da
 corrente

rente de um circuito (infelizmente, podemos dizer que **todos** os circuitos são dotados de auto-indução, em maior ou menor grau). Se há um transistor no circuito, é preciso incluir meios de proteção, bem como um caminho para dar escoamento à energia armazenada na bobina.

Um método simples, conquanto não seja o mais eficiente, para limitar o desgaste do contato consiste (Fig. 11) em derivar a bobina por um resistor. Naturalmente, este resistor terá uma resistência elevada, para que, quando alimentarmos a bobina (que tem uma resistência r), só passe uma fração relativamente pequena da intensidade total da corrente pelo resistor R .

Quando cortamos bruscamente o circuito que alimenta a bobina (e que tenha levado a intensidade da corrente nesta última ao valor i), a corrente i não pode passar senão pelo resistor R . A princípio ela terá o valor i , pois a intensidade da corrente não pode variar instantaneamente numa bobina, o que gera uma tensão máxima Ri nos terminais do conjunto resistor-bobina. Em seguida, em razão da dissipação da energia contida na bobina por parte do resistor, a intensidade da corrente vai diminuindo progressivamente.

Tomemos um exemplo numérico. Seja uma bobina de relé, alimentada sob 24 V e que tenha uma resistência de 343 Ω , o que implica uma corrente nominal de $24/343 = 0,07$ A, ou 70 mA. Se derivarmos a bobina por um resistor de 1.200 Ω , ou seja, com uma resistência 3,5 vezes superior à da bobina, quando alimentarmos o conjunto com

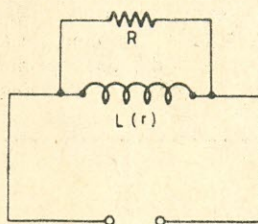


FIG. 11 — Para limitar a sobretensão nos terminais de uma bobina percorrida por uma corrente de intensidade i , no momento em que interrompemos a passagem da corrente, podemos derivar a bobina por meio de um resistor R , quando então a sobretensão será limitada ao valor Ri .

uma tensão de 24 V, passarão 70 mA pela bobina (corrente útil) e 20 mA por R (corrente de perda). Mesmo assim, teremos enviado 78% da corrente total à bobina propriamente dita.

Cortemos, agora, a corrente do conjunto. Um microssegundo antes desse corte (supomos que o interruptor seja perfeito) circulam 70 mA pela bobina. Por conseguinte, 1 microssegundo depois do corte passam ainda os mesmos 70 mA pela bobina. Como eles só podem escoar pelo resistor, isso representa uma sobretensão de:

$$1.200 \times 0,07 = 84 \text{ V}$$

Esta tensão não é para se desprezar, mas não pode ser comparada com a tensão

que teríamos, caso não tivéssemos usado o resistor de proteção. Em muitos casos, os técnicos constatam, desalentados, que a sobretensão é capaz de destruir a bobina do relé ou o transistor encarregado de cortar a corrente, ou mesmo ambos, se o azar for muito.

A AUTO-INDUÇÃO É UMA CATÁSTROFE?

Poderíamos concluir do que vem de ser dito que os fenômenos da auto-indução constituem um verdadeiro flagelo, de conseqüências unicamente desastrosas. Mas isso seria um julgamento apressado.

Se, em numerosos casos, deploramos vivamente os efeitos de natureza indutiva dos circuitos nos quais tenhamos de interromper rapidamente a corrente, várias outras circunstâncias existem, felizmente, em que utilizamos a auto-indução com muito bom proveito.

Logo no início do artigo, vimos que uma bobina, se tiver uma resistência suficientemente baixa, deixa passar perfeitamente a corrente contínua, opondo-se, no entanto, a toda e qualquer variação da corrente. Logo, já podemos consignar uma aplicação para o fenômeno: a bobina pode fun-

cionar como filtro elétrico, impedindo a passagem das componentes alternadas de uma tensão ondulante.

Por outro lado, uma bobina alimentada com C.A. comporta-se como um pseudo-resistor (a resistência oferecida por ela é a célebre "impedância"), cuja resistência é proporcional à freqüência. A bobina poderá ser usada, portanto, para a obtenção de uma dada impedância a uma freqüência também determinada, como é o caso na construção de filtros elétricos.

Finalmente, e o que é mais importante, quando associamos uma bobina e um capacitor, obtemos o que se chama um "circuito oscilante", que constitui a base de todos os osciladores, de todos os filtros seletivos, de todos os circuitos geradores e amplificadores de R.F. Portanto, sem a auto-indução não haveria nem rádio, nem televisão, nem fornos de alta-freqüência, nem ignição de automóveis, nem filtros... e parece que chega.

A imensa importância do fenômeno da auto-indução justifica, a nosso ver, a extensão com que foi tratado, mas, em todo o caso, pedimos desculpas a alguém que nos haja seguido até aqui e se tenha entediado. ©

Quando sua indústria estiver projetando um sintonizador AM-FM-Stereo, converse conosco, pois podemos oferecer os sintonizadores, canais de F.I. e decodificadores mais utilizados no país.

UNITAC Componentes Eletrônicos Ltda.

**Rua Jorge Hennings, 762 - Campinas, SP
Caixa Postal 984 - Fones (0192) 41-2043 e 41-7110**

Filtro Ativo



para CW

PAULO EDSON MAZZEI, PY2PH

Melhore suas recepções em CW
com este filtro simples e de fácil
construção.

A maioria dos receptores e transceptores para radioamadores normalmente são adquiridos sem um filtro de alta seletividade para CW. Alguns fabricantes ainda oferecem filtros a cristal como acessório, mas geralmente a preços inacessíveis, além da dificuldade de encontrar tais filtros no comércio.

Quem pratica regularmente CW, principalmente DX, sabe como é difícil separar as estações nas subfaixas congestionadas, com alto nível de ORM e QRN.

Nós nos defrontamos com os mesmos problemas e como pretendíamos corujar a faixa de 160 metros, resolvemos testar um outro tipo de filtro: o filtro ativo com amplificadores operacionais.

O princípio do filtro ativo usando amplificadores operacionais de alto ganho é bem conhecido, e vários artigos já foram publicados a respeito nas revistas especializadas. Também o uso de filtros de áudio não é novo, sendo que a E-P já publicou artigos sobre os mesmos. O problema maior reside no fato de que estes filtros usam indutores

e outros componentes volumosos, além de uma certa precisão requerida para os componentes. Com o desenvolvimento de amplificadores operacionais em circuitos integrados, ficou bem mais fácil fazer um filtro de áudio, de alta seletividade, com um preço acessível.

O CIRCUITO

O filtro descrito neste artigo está baseado no amplificador operacional 741, conectado como mostra a Fig. 1. O ganho do amplificador da Fig. 1, chamado de A_f , é determinado pela equação:

$$A_f = \frac{R_f}{R_1} + 1$$

onde: A_f = ganho do amplificador com malha de realimentação fechada.
 R_1 e R_f = resistores de realimentação.

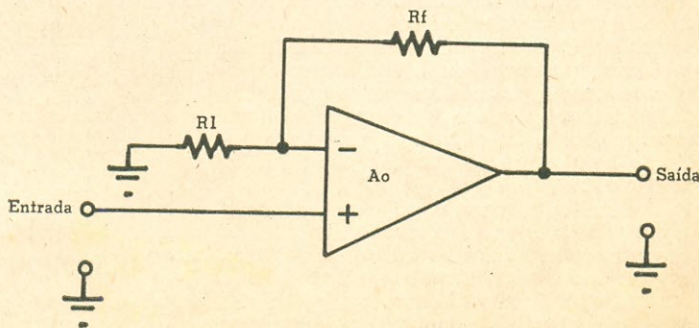


FIG. 1 — Circuito básico utilizado em nosso filtro. Seu ganho depende da quantidade de realimentação introduzida por R_f .

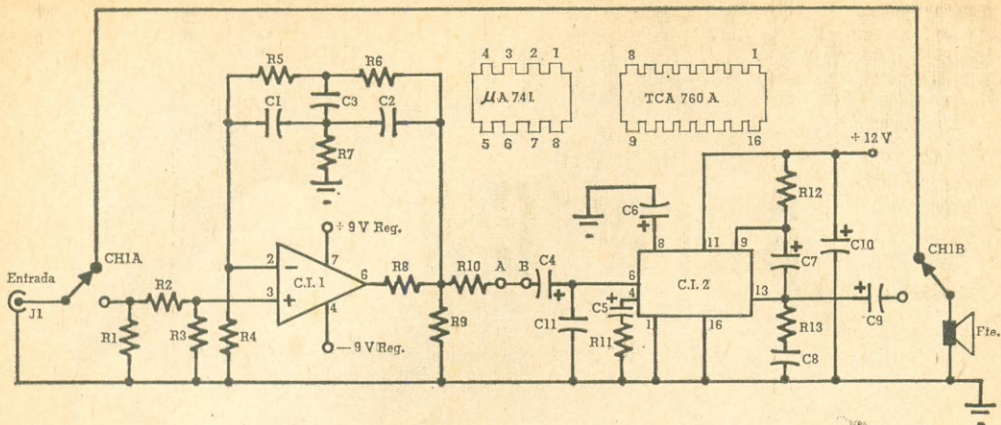


FIG. 2 — Diagrama esquemático do filtro ativo e do amplificador de áudio.

LISTA DE MATERIAL

Semicondutores

- C.I.1 — Amplificador operacional μ A741
- C.I.2 — Amplificador de áudio TCA 760 A

Resistores (todos de $\frac{1}{8}$ W, $\pm 5\%$, salvo indicação contrária)

- R1 — 10Ω , 1 W
- R2 — $1 M\Omega$
- R3 — 27Ω
- R4 — 180Ω
- R5, R6 — $3,3 k\Omega$
- R7 — 270Ω
- R8 — 150Ω
- R9 — $1 k\Omega$
- R10 — $27 k\Omega$
- R11 — 47Ω
- R12 — 100Ω
- R13 — 1Ω

Capacitores

- C1, C2, C3 — $0,1 \mu F$, 250 V, poliéster metalizado ou cerâmico de disco
- C4 — $2,2 \mu F$, 63 V, eletrolítico
- C5, C7 — $47 \mu F$, 16 V, eletrolítico
- C6, C10 — $220 \mu F$, 16 V, eletrolítico
- C8 — $0,15 \mu F$, 250 V, poliéster metalizado
- C9 — $470 \mu F$, 16 V, eletrolítico
- C11 — $560 pF$, cerâmico de disco ou "plate"

Diversos

- CH1 — Chave de 2 pólos x 2 posições
- J1 — Jaque tipo telefone
- Fte. — Alto-falante pequeno, 8Ω
- Plaqueta de circuito impresso
- Fio, solda, etc.

Podemos notar que quanto maior for R_f em relação a R_1 , maior será o ganho do amplificador.

No nosso circuito, Fig. 2, em lugar do resistor de realimentação R_f , usamos uma rede RC composta de C1, C2, C3, R5, R6 e R7. Uma das propriedades desta rede é que na frequência central f_c , a sua impedância é máxima e o ganho do amplificador operacional é muito grande. Entretanto, em outras frequências o ganho é menor, caindo rapidamente. A Fig. 3 mostra o aspecto apresentado pela curva de resposta de frequência do filtro.

A frequência central f_c para o nosso filtro é de 880 Hz. Ela pode ser mudada para outro valor, com a alteração dos componentes da rede RC. Por exemplo, para uma f_c de 1200 Hz, os valores de R5 e R6 devem ser alterados para $2,2 k\Omega$ e R7 deve

FIG. 3 — Aspecto apresentado pela curva de resposta de frequência do filtro ativo para CW.

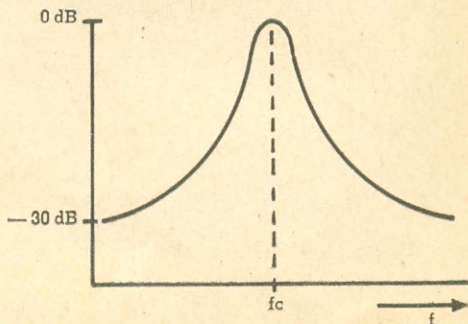


FIG. 4 — Diagrama em blocos da conexão do filtro ativo no interior do receptor ou transceptor.

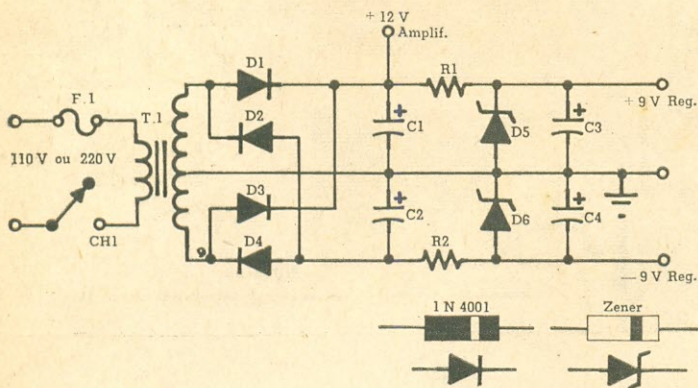
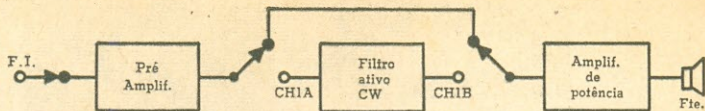


FIG. 5 — Diagrama esquemático da fonte de alimentação.

LISTA DE MATERIAL

Semicondutores

D1 a D4 — Diodo de silício 1N4001 ou similar
 D5, D6 — Diodo zener, 9,1 V, 400 mW
 (BZX71C9V1 ou similar)

Resistores

R1, R2 — 150 Ω , 2 W, carvão

Capacitores

C1, C2 — 2200 μ F, 16 V, eletrolítico
 C3, C4 — 330 μ F, 16 V, eletrolítico

Diversos

T1 — Transformador de alimentação: primário — tensão da rede; secundário — 9 V-0-9 V, 0,5 A
 F1 — Fusível, 1/4 A
 CH1 — Interruptor simples
 Plaqueta de circuito impresso
 Fio, solda, etc.

ser alterado para 180 Ω . Os valores de C1, C2 e C3 permanecem os mesmos.

Pelo circuito da Fig. 2, podemos observar que a saída de áudio do receptor ou transceptor é injetada em J1. Um resistor de 10 Ω , 1 ou 2 W, absorve a maior parte do sinal de áudio do receptor, fazendo com que apenas uma fração deste sinal seja injetada na entrada de C.I. 1.

Como a saída de áudio em C.I. 1 é muito pequena, insuficiente para excitar um alto-falante, nós usamos um estágio de amplificação de áudio, constituído de um outro circuito integrado, C.I. 2, um TCA 760 A, que dá uma saída de aproximadamente 1,5 W, suficiente para acionar um alto-falante ou um par de fones. Qualquer outro circuito integrado que proporcione uma saída de 1 a 2 W pode ser usado, com as devidas alterações.

Uma outra alternativa é montar somente a parte do filtro (C.I. 1) dentro do próprio receptor, num estágio de baixo nível, antes do amplificador de potência de áudio. Para isso, a placa de circuito impresso foi desenhada de maneira a poder ser cortada no ponto onde o sinal de áudio sai do filtro (ponto A na Fig. 2 e no impresso). Pode ser notado que neste ponto existe um fio para conectar a saída de C.I. 1 na entrada de C.I. 2. Porém, para esta alternativa vai ser necessário furar o painel do receptor ou transceptor para colocar a chave CH1, que conecta o filtro ao circuito. Será também necessário retirar o resistor R1 da entrada do filtro, pois, caso contrário, o sinal de entrada, que agora é de baixo nível, será muito atenuado. O diagrama em blocos