

CBPF-NT-003/1981  
AMPLIFICADORES SELETIVOS E RETI  
FICAÇÃO SÍNCRONA  
("LOCK-IN AMPLIFIERS")

por

J. E. Rangel Martins

Laboratório de Instrumentação Científica  
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas/CNPq  
Av. Wenceslau Braz, 71, fundos - R.J.  
22290 - Rio de Janeiro - Brasil

Neste trabalho, feito para ser utilizado pelo LMC, são apresentados dois modelos de amplificadores seletivos que foram usados na obtenção de espectros fotoacústicos.

O primeiro, usando técnica convencional, mostrou-se sensível às variações de velocidade do "chopper" mecânico usado, o que obrigava ao uso de baixo fator de seletividade ("Q") do circuito sintonizado.

Neste ponto duas alternativas se apresentam: A perfeita estabilização da velocidade angular do motor do "chopper" ou um circuito que fosse síncrono com a velocidade.

Escolhida a segunda alternativa foi projetado um filtro digital que acompanha a frequência do "chopper".

O método usado foi empregar a frequência do "chopper", multiplicada por um circuito do tipo detetor de fase ("Phase lock amplifier"), para acionar o chaveamento dos capacitores do filtro digital ("N path filter").

São apresentados também, para os interessados em análise fotoacústica, os circuitos preamplificadores, retificadores síncrono e não síncrono e o divisor de função usado para a normalização do espectro com referência de corpo negro.

O resultado, apesar do emprego de lâmpada de projetor de 50W e microfone de eletreto de baixo custo, foi satisfatório, como demonstra o espectro anexo.

### Filtro digital

O filtro foi calculado para frequência entre 80 e 120Hz e o valor do "Q" para 100 Hz é:

$$Q = \pi NRCf = 314 \quad \text{sendo } R = 1M\Omega, \quad C = 0,1\mu F \quad \text{e } N = 10$$

(Vide: "High "Q"N path filter using diode bridge" Electr. Eng., 1969 Jan., pag 76)

Note-se que o "Q" do amplificador seletivo convencional usado alternativamente é 20.

Como as variações de freqüência do "Chopper" são lentas devido à inércia do volante, o circuito do "Phase lock amplifier" não tem dificuldade em manter o sincronismo com a constante de tempo que foi usada.

O sinal, após a passagem pelo filtro, é retificado e, como se deseja a relação entre amostra e referência de corpo negro, dividido pelo sinal proveniente da célula de referência que sofreu o mesmo tratamento.

#### 1) Descrição de circuito filtro digital

##### a) Preamplificador e filtro (igual para amostra e referência) (fig. 1)

O sinal proveniente do microfone é amplificado por Q1, otimizado pela relação sinal-ruído, e por IC1, onde o ganho pode ser controlado por RV1 (ajuste interno do instrumento).

O sinal é entregue ao banco de 10 capacitores de  $1\mu F$  via resistor de  $1M\Omega$ . As chaves 4016 ou 4066 são acionadas pelo contador decimal 4017, tipo Johnson que é alimentado pelo oscilador controlado à voltagem do CI7-4046.

##### b) Circuito de referência e "Phase lock amplifier" (fig. 2)

A freqüência de referência é obtida no "chopper" por intermédio de um circuito fotodetector tipo "HI382", amplificada e formada no IC6 (4001).

A freqüência de saída do oscilador controlado a vol

tagem do 4046 é dividida por 10 no 4017 e retorna, para comparação com a referência ao 4046 ("Phase lock amplifier"). Assim é obtida uma frequência para comutar os capacitores que é múltipla da de referência e que a acompanha no caso de variação de velocidade do "chopper".

A sincronização é indicada pelo LED comutado por Q2.

Como não foram tomados cuidados especiais contra a interferência da rede, deve ser evitada a operação em frequência da linha e seus harmônicos.

#### c) Circuito de "gate"

A operação de rotação de fase do sinal de referência, quando usado, consiste na retirada da saída do VCO e multiplicação da frequência por 10, seguido de circuito de coincidência que escolherá 1 dos 99 estados possíveis. (fig. 3)

A largura do "gate" é determinada pelo resistor variável RV e o capacitor CV.

A adição de outro par 4046 e 4017 aumentaria a resolução para os 0,36 graus.

Note-se que a rotação de fase independe da frequência.

#### d) Retificação, divisão do sinal e filtro de saída

Como a saída do filtro digital só contém a frequência do "chopper" e seus harmônicos é desnecessária, na maioria dos casos, a retificação síncrona. (fig. 4).

2) Descrição do amplificador sintonizado com retificação síncrona. (Fig. 5).

Após a amplificação do sinal em Q1, Q2 o sinal é filtrado num filtro seletivo de "Q" variável que utiliza somente um resistor variável para sintonia (veja se a discussão do assunto no "General Radio Experimenter" vol. 35 nº 7, July 1961 e o IRE Transaction on Circuit Theory Sept. 1955, pag. 283).

A demodulação síncrona é realizada por Q3 (FET tipo N, BFW61 ou equivalente) que recebe o sinal de referência do circuito de deslocamento de fase constituído por Q4 (inversor), Q5 e Q6 (filtro de harmônicos da referência) Q8 e Q9 (deslocadores de fase) e Q10, Q11 (gatilho de Schmitt).

Os transistores usados são do tipo BC107. (Fig. 6). Na fig. 7 se pode observar o espectro de óxido de neodímio obtido com o uso do filtro digital e retificação não síncrona.

#### AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Professor Rubens Torres Carrilho pelo estímulo e assistência na realização deste trabalho e a Rubem Pereira Pinto pelas sugestões no desenvolvimento do projeto e montagem do protótipo.

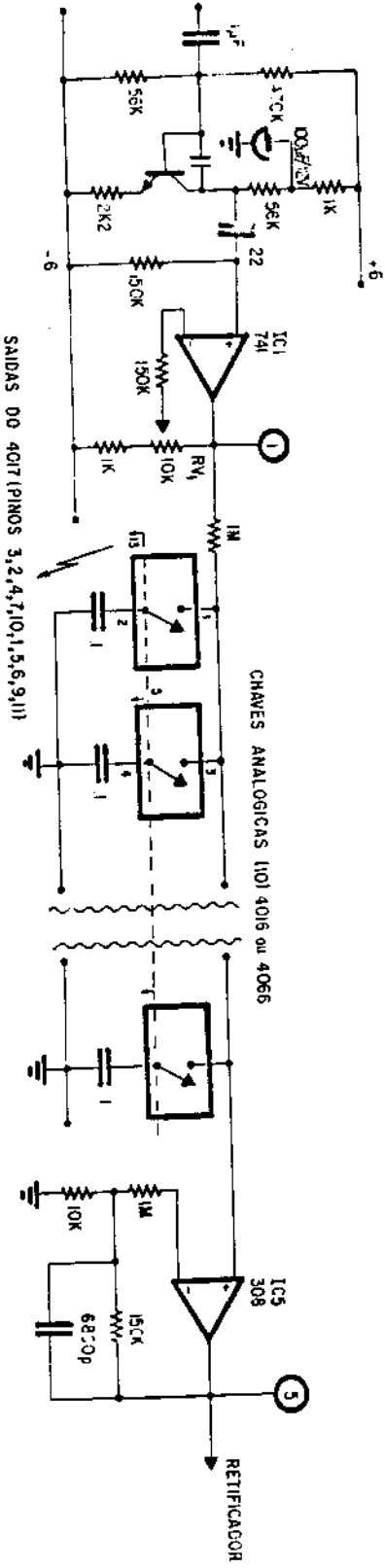
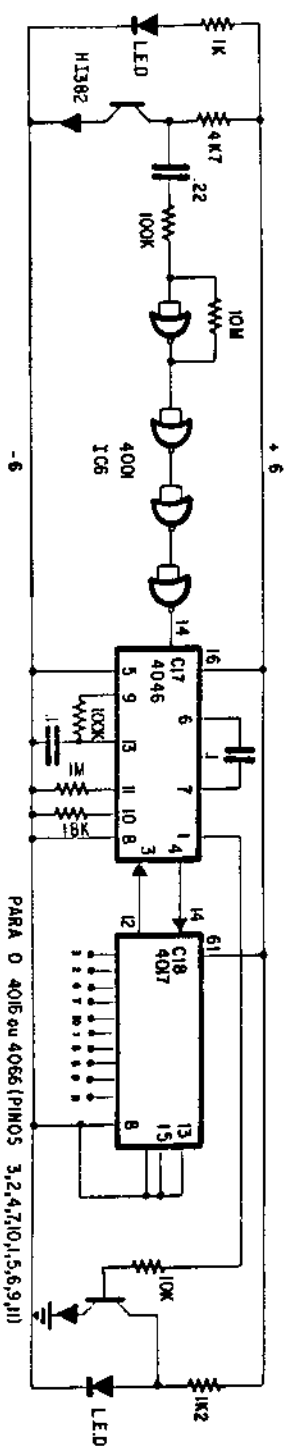


FIG. 1

\*Vide página 1.



-6

PARA O 4015 ou 4066 (PIMOS 3,2,4,7,10,1,5,6,9,11)

Fig. 2

\*Vide página 2.

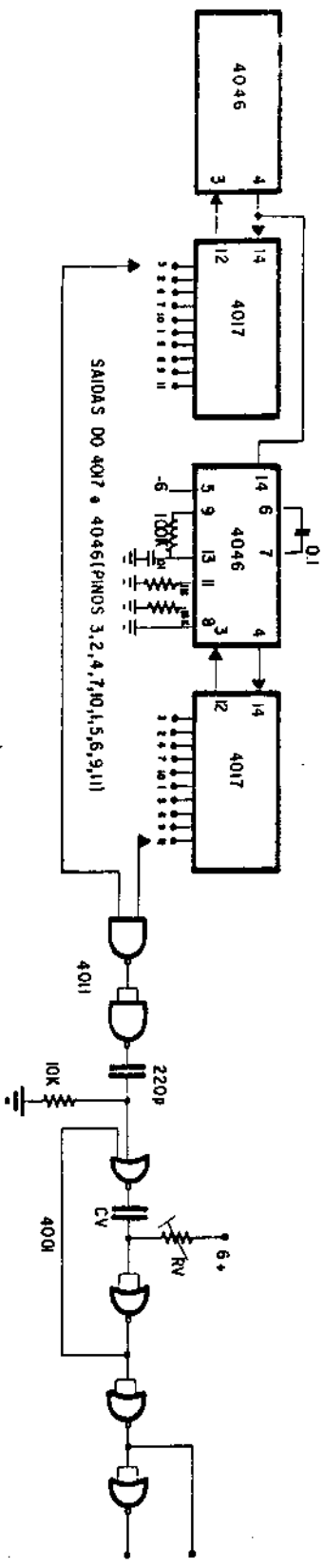
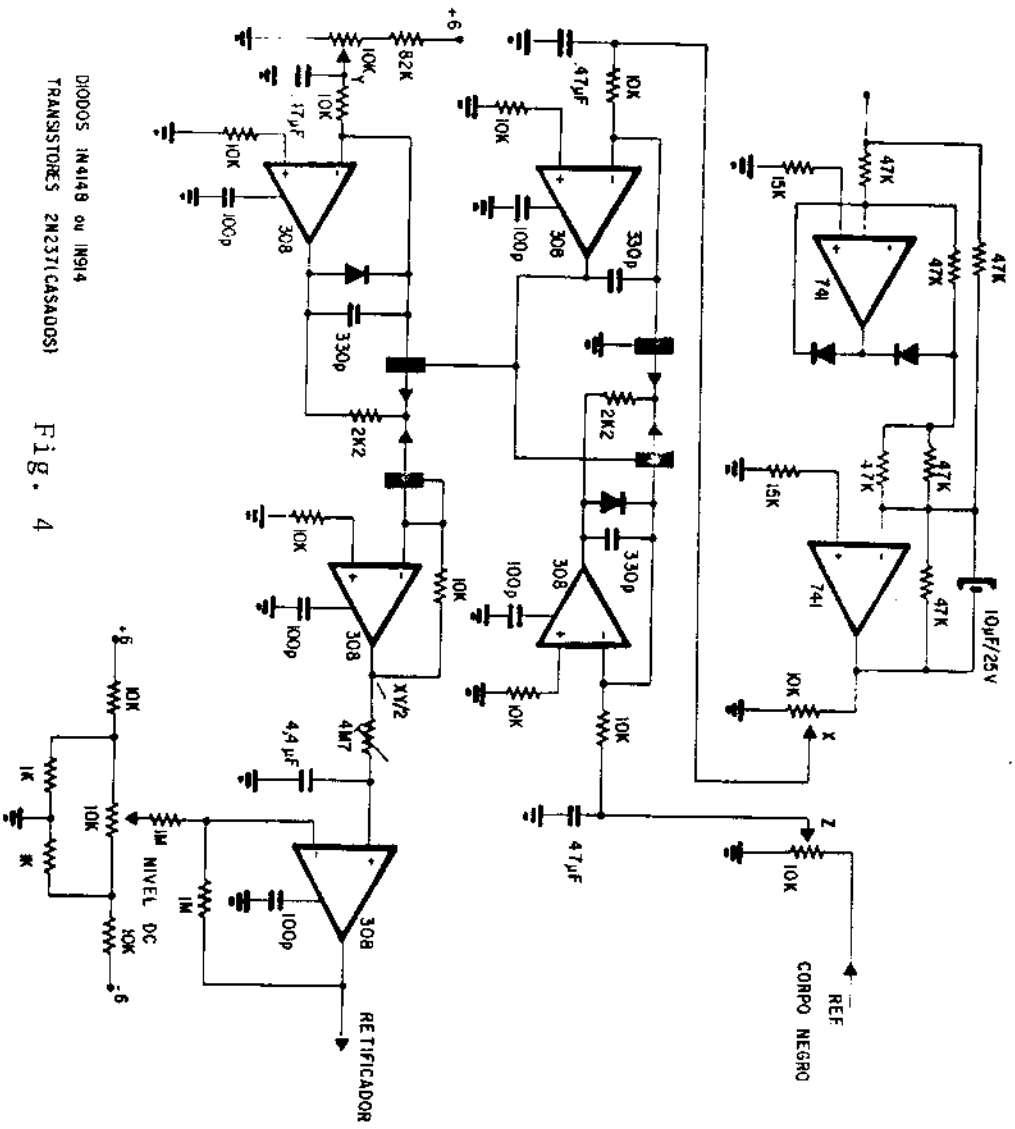


Fig. 3

\*Vide página 3





DIODOS 1N4148 ou 1N914  
 TRANSISTORES 2N2371(CASAUOSI)

Fig. 4

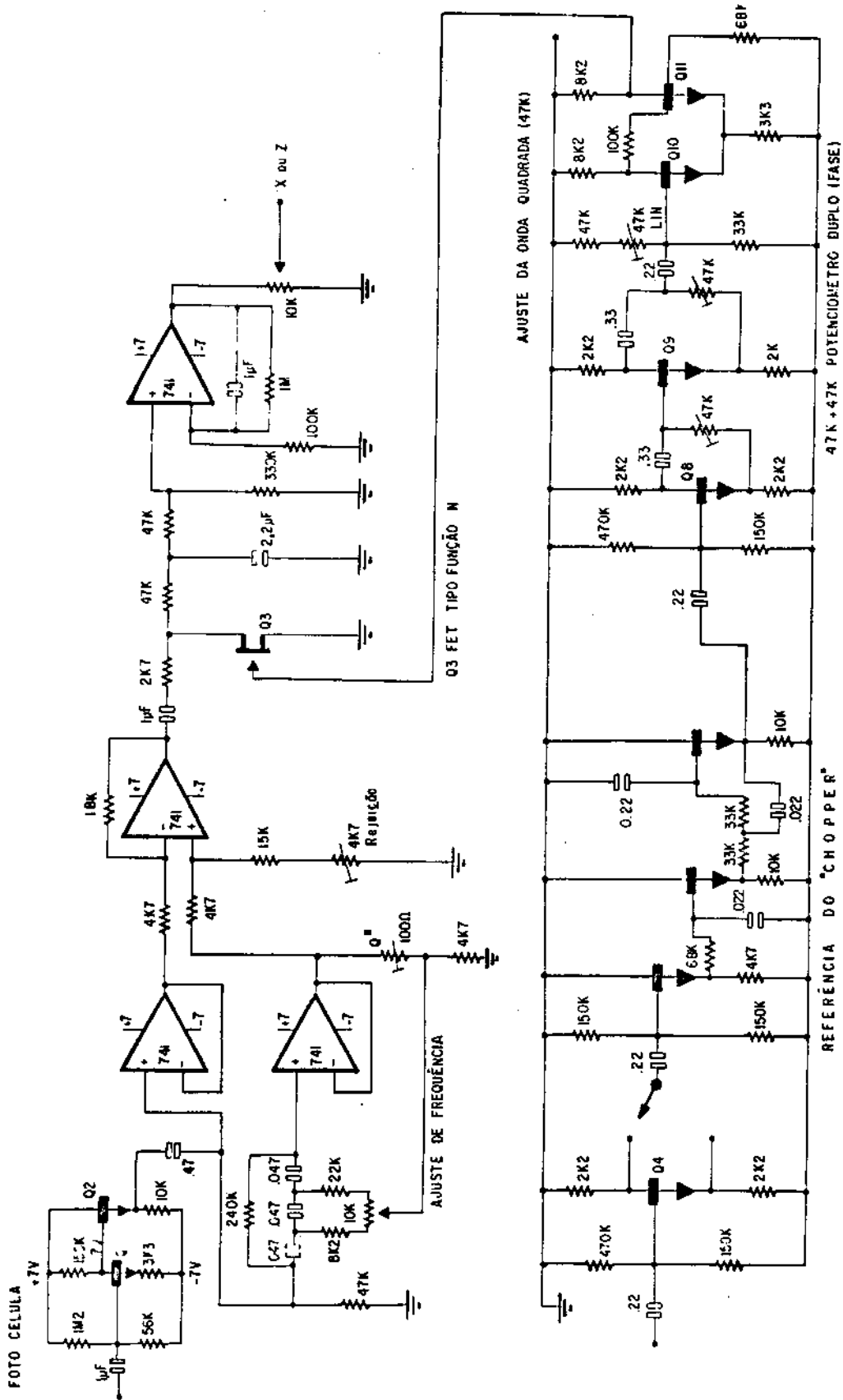


Fig. 5

\*Vide página 4

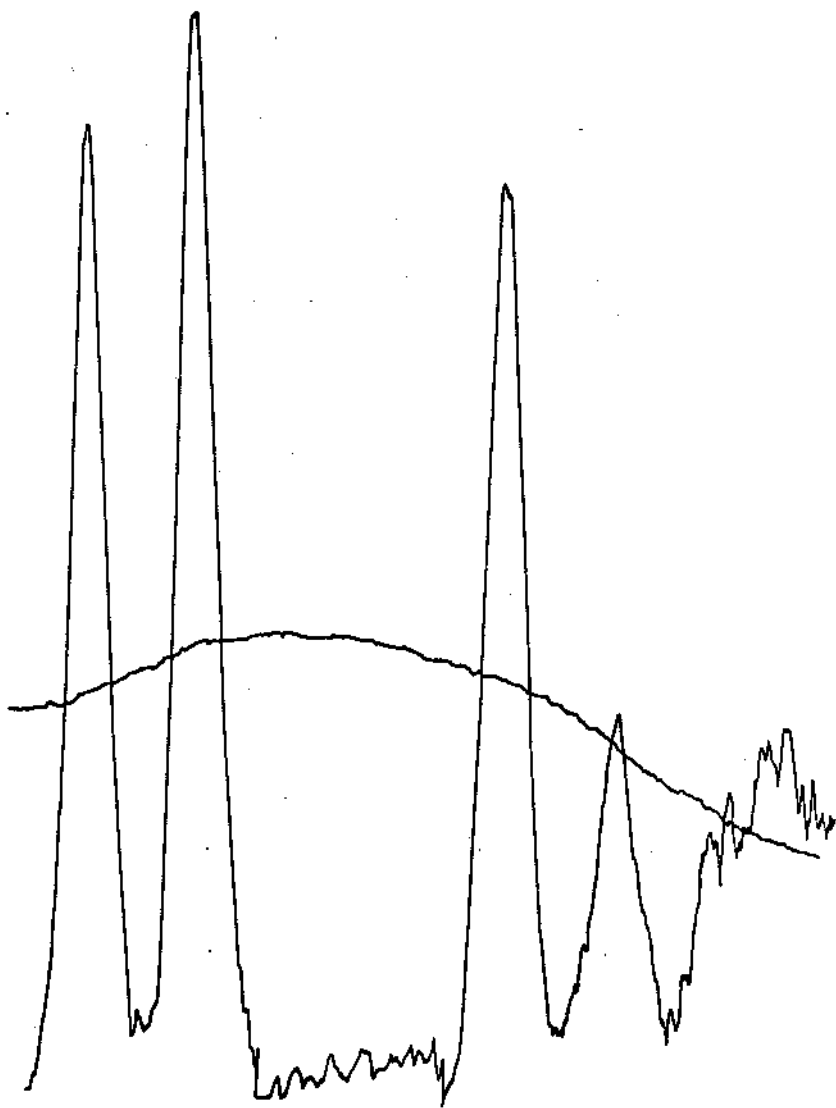


Fig. 6

\*Vide p̄gina 1.