

- [5] C. K. N. PATEL, *Selective excitation through vibrational energy transfer and optical maser action in N<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>*, Phys. Rev. Letters, **13**, p. 617-619, 1964.
- [6] A. L. S. SMITH, *Molecular Composition. Changes in a flowing CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>-He-H<sub>20</sub> laser*, J. App. Phys. D, Vol. 2, Ser. 2, 1969, p. 1129-1133.
- [7] R. M. OSGOOD, W. C. EPPERS, *High Power CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>-He laser*, Appl. Phys. Letters, **13**, p. 409-411, 1968.
- [8] H. KOGELNIK, T. LI, *Laser Beams and Resonators*, Proc. IEEE, **54**, Oct. 1966, p. 1312-1329.
- [9] E. D. BOYD, H. KOGELNIK, *Generalised Confocal Resonator theory*, Bell. S. T. J., **41**, p. 1347-1349, July 1962.
- [10] G. SIMONSOHN, *Moden des Fabry-Perot-Resonators mit ebenen parallelen Spiegeln*, Optica Acta, **19**, No. 1, p. 45-79, 1972.

## II — Experiências escolares com o osciloscópio de raios catódicos em que se utiliza a base de tempo

por RÓMULO DE CARVALHO

O maior interesse do osciloscópio de raios catódicos reside na possibilidade de nos fornecer sinais luminosos, no alvo, que traduzem, graficamente, variações de tensão em função do tempo.

Quando se pretende estudar, sem osciloscópio, variações dessa natureza relativamente a um dado circuito, poder-se-ão recolher dados numéricos obtidos por meio de instrumentos de medida apropriados (medidas de tensões e medidas de tempo) e com eles traçar um gráfico utilizando um sistema de coordenadas rectangulares em que no eixo das abcissas se marcam os valores dos tempos e no das ordenadas os valores das tensões.

Um dos grandes merecimentos do osciloscópio é exactamente o de nos fornecer esse mesmo gráfico, já feito, no alvo.

Para conseguir tal resultado existe, no osciloscópio, certa montagem eléctrica que permite fazer aparecer, no alvo, um traço luminoso horizontal que corresponde ao eixo dos tempos nos gráficos que habitualmente se desenham. A visão desse traço resulta de um movimento muito rápido a que é sujeito o ponto luminoso provocado pelo feixe electrónico em virtude de certas tensões aplicadas às placas

verticais contidas no tubo. Os valores dessas tensões sucedem-se, desde um mínimo até um máximo, aumentando continuamente de tal modo que o sinal pontual luminoso se desloca, horizontalmente, com movimento uniforme, o que quer dizer que o deslocamento do ponto é uma função linear do tempo. Atingido o valor máximo da tensão, esta desce bruscamente até o referido mínimo, obrigando o ponto luminoso a regressar à posição inicial. O processo vai-se repetir, exactamente nas mesmas condições, e repete-se com uma frequência suficiente para que o observador veja, no alvo, um traço luminoso de certo comprimento, estacionário.

Designa-se este traço por *base de tempo*, e designa-se por *tensão de varredura* (*tension de balayage*) qualquer valor da tensão que se utilize para deslocar o sinal luminoso nas condições referidas.

O gráfico da figura 33 traduz as variações de tensão de varredura com o tempo. O segmento AB corresponde ao crescimento uniforme da tensão que ao alcançar o valor máximo  $V_m$  (ponto B) desce rapidamente (segmento BC) a um valor mínimo. B' C representará o inter-

valo de tempo de queda da tensão do máximo ao mínimo, o qual deverá ser o mais curto possível. A partir de C o fenómeno repete-se.

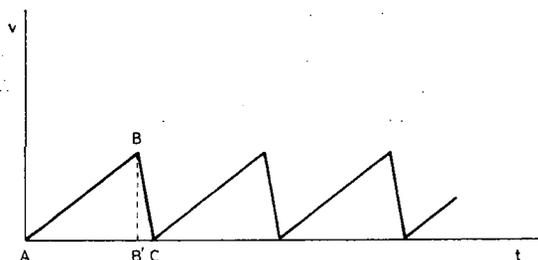


Fig. 33 — Gráfico representativo da tensão em dente de serra (variação da tensão de varredura com o tempo).

Pela configuração que o gráfico apresenta, diz-se que a tensão de varredura é uma *tensão em dente de serra*.

A frequência da base de tempo é regulável no osciloscópio.

No modelo MAE pode-se fazer variar esta frequência desde 15Hz até 10kHz e, para isso, possui, o modelo, no painel de comando da face anterior do osciloscópio (fig. 34), um manípulo que pode ocupar

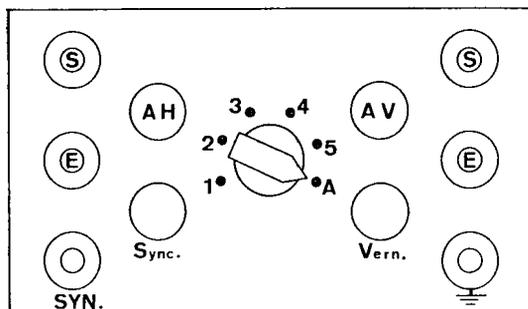


Fig. 34 — Painel de comando da face anterior do osciloscópio do modelo MAE. A posição A corresponde à supressão da tensão de varredura. As posições 1 a 5 correspondem a tensões de varredura que vão de 15 Hz a 10 kHz.

cinco posições diferentes, numeradas de 1 a 5 (1). De número para número a frequência aumenta muito mas podem-se utilizar valores intermédios por meio do

botão «vernier» colocado no mesmo painel de comando.

Obtem-se no alvo o traço da base de tempo, neste modelo, ligando apenas a saída (S) do amplificador horizontal (fig. 34) à placa X1 (fig. 35). Feita a ligação, as

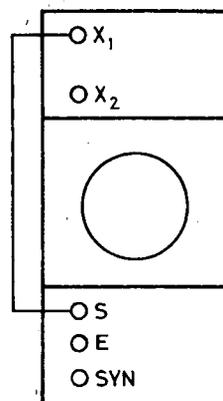


Fig. 35 — Única ligação necessária no modelo MAE para se obter, no alvo, o sinal da base de tempo.

operações a seguir são:

- 1) obter o ponto luminoso
- 2) colocar o regulador das frequências na posição que se deseja (por exemplo, no ponto 1)
- 3) mover o botão do amplificador horizontal (AH, fig. 34) para aumentar convenientemente a tensão de varredura
- 4) manobrar o botão do «vernier» para fixar o sinal da base de tempo (traço horizontal)
- 5) Como ensaio de observação, pôr o regulador das frequências noutras posições e proceder como anteriormente.

(1) A posição A corresponde à supressão da tensão de varredura, e foi nessa posição que dissemos (4.2. nota) que se deveria colocar o manípulo na realização das experiências descritas até aqui.

No modelo *Phywe*, o terceiro bloco do conjunto (fig. 3) é ele próprio designado por «base de tempo» pois é por seu intermédio que se obtém o traço horizontal luminoso a que se dá aquele nome. Ao centro do painel do bloco vê-se o regulador das frequências (fig. 36) que pode

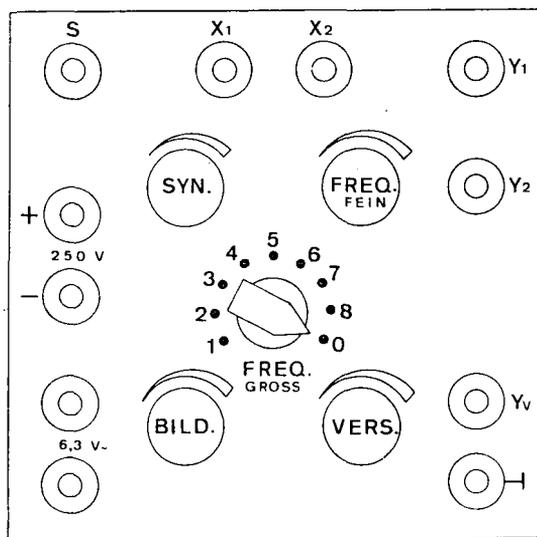


Fig. 36 — Painel do bloco da «base de tempo» (terceiro bloco da figura 3) do modelo *Phywe*. A posição 0 corresponde à supressão da tensão de varredura. As posições 1 a 8 correspondem a tensões de varredura que vão de 10 Hz a 80 kHz.

colocar-se em oito posições diferentes, numeradas de 1 a 8<sup>(1)</sup>. A gama total das frequências vai de 10 Hz a 80 kHz, e a sua regulação fina consegue-se manobrando o potenciômetro onde se lê *Frequenz fein*.

Com este modelo obtém-se o traço luminoso horizontal da base de tempo seguindo as mesmas indicações anteriores para o modelo *MAE*. O amplificador da tensão de varredura é manobrado por meio do manipulo que diz *Bildbreite* e a fixação da imagem é feita pelo botão *Frequenz fein*.

Em qualquer modelo o traço luminoso designado por base de tempo resulta,

como dissemos, de certas tensões aplicadas às placas  $X_1$ ,  $X_2$ , de desvio horizontal. Se, simultaneamente, aplicarmos às placas  $Y_1$ ,  $Y_2$  uma tensão alternada, a sua acção sobre o feixe electrónico irá combinar-se com a acção da tensão da varredura. Enquanto esta provoca um deslocamento horizontal do ponto luminoso, aquela provoca, no mesmo ponto, um movimento vibratório sinusoidal na direcção vertical. Se o tempo de uma varredura, na horizontal, for igual ao tempo de uma vibração completa, na vertical, o ponto luminoso é obrigado a descrever a fracção da sinusóide correspondente a um período de vibração (fig. 37).

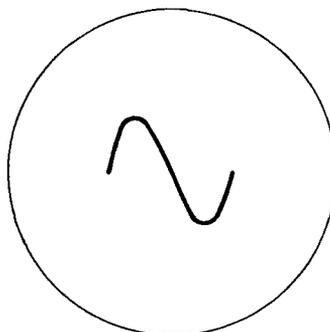


Fig. 37 — Figura sinusoidal obtida no alvo quando o tempo de uma varredura do ponto luminoso na horizontal for igual ao tempo de uma vibração desse mesmo ponto, na vertical.

As figuras, obtidas no alvo, que resultam dos efeitos simultâneos das duas tensões aplicadas, na horizontal e na vertical, podem ser muito variadas e as suas formas dependem da razão entre os valores das frequências dos dois movimentos periódicos a que o feixe está sujeito. Obtêm-se fracções da sinusóide correspondentes a 1, 2, 3, etc. períodos de vibração, quando a frequência da tensão aplicada na vertical (placas  $YY$ ) for igual à da base de

(1) A colocação do manipulo na posição zero põe fora do circuito a tensão da varredura.

tempo ou dupla, ou tripla, etc., dela. Para uma dada tensão alternada aplicada às placas YY é normalmente possível obter a imagem das sinusóides escolhendo a frequência da base de tempo que mais convenha, na vasta gama de possibilidades que o osciloscópio apresenta, primeiro grosseiramente, depois afinando a imagem com o recurso do *vernier* (*MAE*) ou da *frequenz fein* (*Phywe*).

Também se pode facilitar a imobilização da curva obtida no alvo recorrendo ao terminal SYN, de sincronização, existente em ambos os modelos que temos considerado. No modelo *MAE* liga-se o terminal SYN ao terminal de saída (S) do amplificador vertical (à direita do painel inferior, fig. 34) e faz-se a regulação por meio do botão de sincronização, à esquerda. Analogamente se procede no modelo *Phywe* utilizando os terminais  $Y_0$  e S, e regulando com o botão *Synchronisierung* (fig. 36).

Como precaução sempre conveniente todas as experiências deverão ser realizadas com os respectivos aparelhos ligados à Terra (no *MAE*, painel inferior, em baixo, à direita, fig. 34; no *Phywe*, bloco de funcionamento, em baixo, ao centro, fig. 5).

#### *Sumário das experiências:*

12. Obtenção da base de tempo.
13. Análise de uma tensão sinusoidal de 50 Hz.
  - 13.1. tensão fornecida por um transformador.
  - 13.2. tensão fornecida pelos próprios blocos de alimentação.
14. Observação da igualdade de fase dos valores de  $v$  e de  $i$  relativamente a uma resistência pura percorrida por corrente alternada.

15. Descarga de um condensador.
  - 15.1. através de uma resistência
  - 15.2. através de uma bobina
16. Análise de sons.
17. Obtenção de frequências acústicas
  - 17.1. oscilações mantidas
  - 17.2. sobreposição de oscilações sinusoidais.
18. Rectificação de corrente alternada
  - 18.1. rectificação de meia onda
  - 18.2. rectificação de onda inteira
19. Conclusão

\*

#### 12. Obtenção da base de tempo.

Para melhor arrumação do assunto, repetimos o que dissemos há pouco. As operações a efectuar são as seguintes:

- 1) ligar a saída (S, fig. 34) do amplificador horizontal ao terminal  $X_1$  (modelo *MAE*).
- 2) colocar o regulador das frequências no ponto 1 (por exemplo).
- 3) obter o ponto luminoso no alvo.
- 4) ampliar a tensão de varredura (botão AH, fig. 34, ou *Bild.*, fig. 36).
- 5) imobilizar a imagem por meio do *vernier*, ou *frequenz fein*.

#### 13. Análise de uma tensão sinusoidal de 50 Hz.

- 13.1. Tensão fornecida por um transformador.

Pode-se utilizar, para o efeito, um transformador constituído por duas bobinas, uma de 1200 espiras, que serve de primária

rio, e outra de 150 espiras que serve de secundário. Liga-se o primário à rede (220 V) e o secundário às placas YY.

Tendo já, no alvo, o traço horizontal da base de tempo, observar-se-à agora uma linha sinusoidal que se procura estabilizar.

Se a amplitude da respectiva sinusóide for pequena pode-se aumentá-la amplificando a tensão aplicada às placas YY e manobrando o respectivo potenciômetro.

A figura 38 representa o esquema da montagem no caso de se utilizar a amplificação vertical (modelo *MAE*).

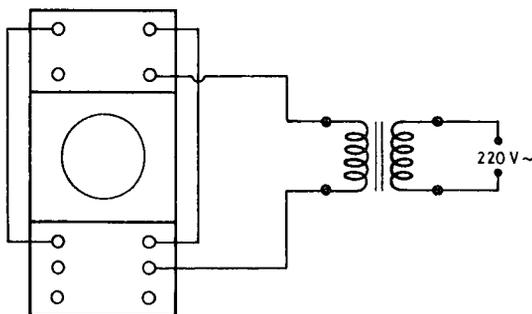


Fig. 38 — Aplicação de uma tensão sinusoidal de 50 Hz às placas YY, por intermédio de um transformador, com utilização do amplificador vertical do osciloscópio.

Didacticamente tem interesse orientar a experiência de modo a poderem-se apreciar os efeitos das duas tensões, separadamente e simultaneamente. Para isso realiza-se toda a montagem mantendo os amplificadores, horizontal e vertical, no zero. Observa-se o ponto luminoso no alvo e amplifica-se a tensão de varredura para se seguir o crescimento do traço horizontal luminoso. Regressa-se com o amplificador ao zero e amplifica-se agora a tensão na vertical, o que permite ver um traço luminoso segundo essa direcção. Anula-se esta amplificação e volta-se ao ponto luminoso. Apreciaram-se, deste modo, os efeitos das duas tensões separadamente.

Amplifica-se agora a tensão de varredura e, de seguida, a tensão aplicada nas placas YY. Obtem-se o sinal sinusoidal.

### 13.2. Tensão fornecida pelos próprios blocos de alimentação.

Aplica-se às placas YY, com amplificação, a tensão alternada de 6,3 V fornecida pelos respectivos blocos de alimentação.

A figura 39 exemplifica a montagem no caso do modelo *MAE*, quando se estabiliza a curva sinusoidal recorrendo ao terminal de sincronização das tensões.

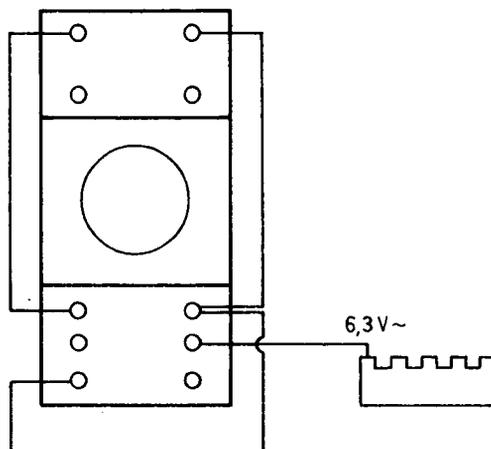


Fig. 39 — Aplicação de uma tensão alternada de 50 Hz às placas YY, utilizando o próprio bloco de alimentação do osciloscópio. A tensão está a ser amplificada e estabilizada.

### 14. Observação da igualdade de fase dos valores de $v$ e de $i$ relativamente a uma resistência pura percorrida por corrente alternada.

O circuito esquematizado na figura 40 representa um transformador cujo primário, de 300 espiras, está ligado à tensão alternada de 4 V fornecida por uma caixa de alimentação. A tensão obtida no respectivo secundário, de 1200 espiras, vai

alimentar um circuito constituído por uma resistência ( $R$ ) de  $1000\ \Omega$  e por uma bobina ( $B$ ) de eixo horizontal colocada próxima do tubo electrónico (nas condições já consideradas em 1.2 ou em 9) e destinada a provocar um desvio vertical do feixe electrónico. No caso do modelo *MAE* já essa bobina faz parte do equipamento. Pode-se, entretanto, usar qualquer outra, que tenha indutância elevada.

A corrente obtida no secundário, de certa intensidade  $i$ , vai provocar, por acção da bobina  $B$ , um movimento vibratório do sinal pontual luminoso, segundo a direcção vertical. Este movimento, com-

significa que os valores da intensidade da corrente que percorre a resistência  $R$  e os valores da tensão nos seus terminais, estão em fase.

## 15. Descarga de um condensador.

### 15.1. Descarga de um condensador através de uma resistência pura.

A experiência consiste em carregar um condensador  $C$  (fig. 41) e em fazê-lo seguidamente descarregar através de uma resistência pura  $R$ .

O condensador vai ser carregado por

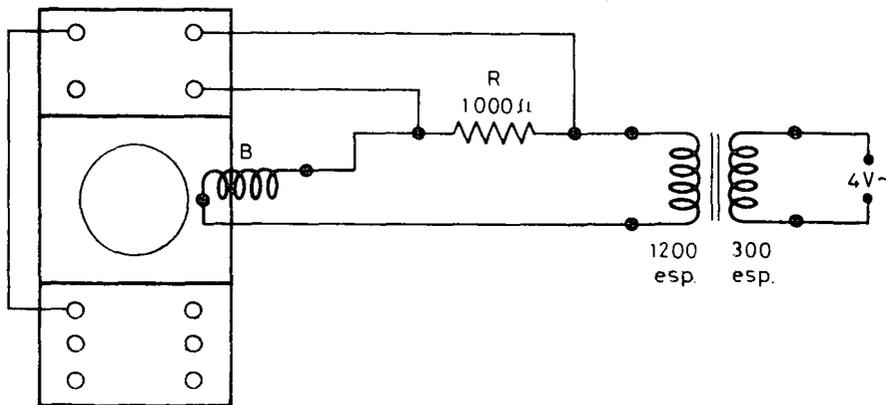


Fig. 40 — Montagem para observação da igualdade de fase dos valores de  $v$  e de  $i$  relativamente a uma resistência pura percorrida por corrente alternada.

binado com o deslocamento do mesmo sinal luminoso provocado pela tensão de varredura, na horizontal, dá origem a uma linha sinusoidal, no alvo, que traduz a variação da intensidade da corrente alternada fornecida pelo secundário, em função do tempo.

Se agora ligarmos os terminais da resistência  $R$  às placas  $YY$  (conforme está representado na figura 40) iremos também sujeitar o feixe electrónico aos efeitos da variação da tensão nos terminais de  $R$ . No alvo continuar-se-á a observar a linha sinusoidal mas agora de amplitude maior do que a anterior, o que

intermédio da tensão de varredura. Para isso liga-se uma das suas armaduras ao terminal de saída do amplificador daquela tensão ( $S_H$ ) e a outra armadura à Terra ( $Y_2$ ).

A carga do condensador  $C$  é feita no intervalo de tempo durante o qual a tensão de varredura desce do seu valor máximo ao mínimo. Seguidamente, enquanto aquela tensão agora aumenta, vai o condensador descarregar-se através da resistência  $R$ , evitando-se que a respectiva carga eléctrica regresse pelo troço  $A$  a  $S_H$ , com a colocação de um segundo condensador ( $C_1$ ) nesse troço.

Ligando os terminais do condensador em estudo (C) às placas YY (com amplificação como a figura 41 indica) observar-se-á, no alvo, a figura resultante da combinação dos efeitos das tensões aos dois pares de placas XX e YY.

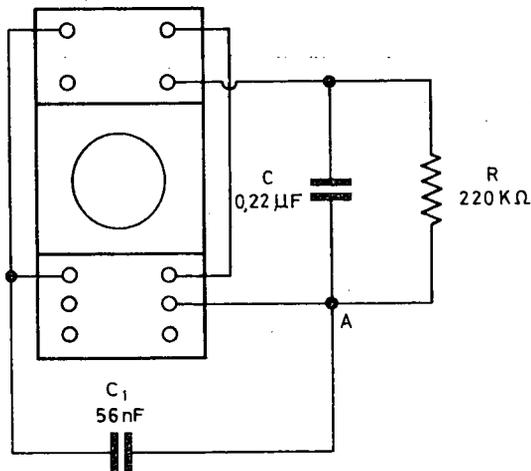


Fig. 41 — Montagem para estudo da descarga de um condensador (C) através de uma resistência pura (R).

A repetição das cargas e descargas sucessivas do condensador (C) através da resistência (R), no mesmo ritmo em que a base de tempo se repete, permite obter, no alvo, uma curva fechada representativa dos fenômenos em causa (fig. 42). A parte mais fina da curva

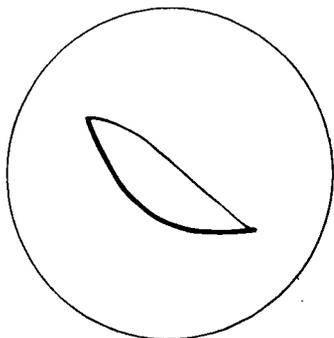


Fig. 42 — Sinal luminoso obtido no alvo do osciloscópio resultante das cargas e descargas sucessivas do condensador (C) segundo a montagem da figura 41.

corresponde à carga; a mais cheia, à descarga.

Os valores utilizados na experiência para C, R e  $C_1$  foram, respectivamente,  $0,22 \mu\text{F}$ ,  $220 \text{k}\Omega$  e  $56 \text{nF}$ .

Convém imobilizar a curva obtida recorrendo à sincronização da tensão de varredura.

No modelo *Phywe* as ligações são feitas de modo análogo: as dos terminais do condensador C ao amplificador vertical, e a do troço que contém  $C_1$  ao terminal  $X_1$ , como aliás sucede no esquema relativo ao modelo *MAE*.

### 15.2. Descarga de um condensador através de uma bobina.

A montagem, análoga à da experiência anterior, pode ser efectuada conforme indica a figura 43 (que se refere ao mo-

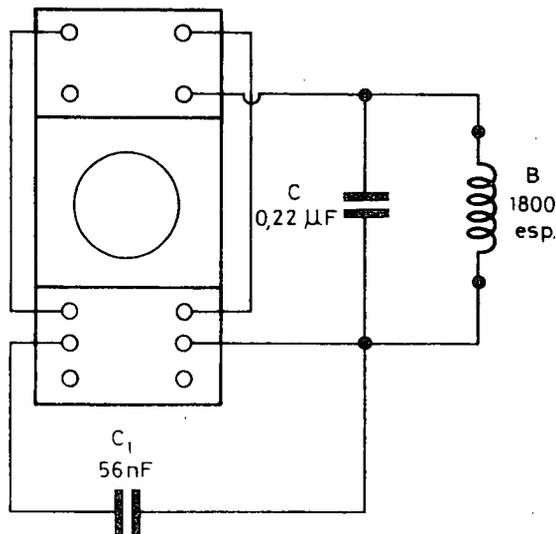


Fig. 43 — Montagem para estudo da descarga de um condensador (C) através de uma bobina (B).

delo *MAE*). O sinal luminoso obtido no alvo é do tipo do que está representado na figura 44. A sua amplitude máxima, a rapidez do seu decrescimento e o número de oscilações no intervalo de tempo de varredura, dependem da capacidade

do condensador (C) empregado e da indutância da bobina (B), supondo que se mantém o restante circuito.

Diminuindo o valor da capacidade de C, aumenta o número de oscilações na descarga. Com um condensador de  $0,22 \mu\text{F}$

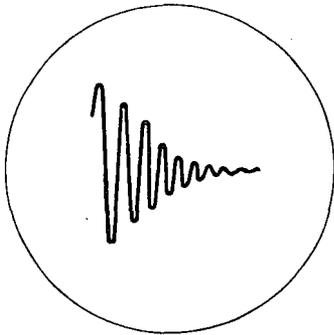


Fig. 44. — Sinal luminoso obtido no alvo do osciloscópio resultante das cargas e descargas sucessivas de um condensador (C) segundo a montagem da figura 43.

obteve-se um sinal com 7 oscilações; com  $0,1 \mu\text{F}$ , um sinal com 10 oscilações; com  $47\,000 \text{ pF}$ , um número muito elevado de oscilações. Em todos os casos a bobina utilizada foi de 1800 espiras.

Utilizando bobinas com menor número de espiras (de 1200; 600; e 300) a amplitude das oscilações diminui. Introduzindo um núcleo de ferro em qualquer das bobinas aumenta-se a amplitude e provoca-se um amortecimento mais vagaroso.

No modelo *Phywe* obtém-se um sinal de descarga bem elucidativo empregando uma bobina de 1200 espiras montada em derivação sobre um condensador de  $0,1 \mu\text{F}$ , um segundo condensador de  $10 \text{ nF}$  e o regulador das frequências na posição 3.

## 16. Análise de sons.

O osciloscópio permite traduzir por sinais luminosos característicos os sons produzidos num microfone.

A figura 45 representa um transformador a cujo primário, de 600 espiras, está ligado um microfone e uma fonte de tensão que pode ser, simplesmente, uma pilha de  $4,5 \text{ V}$ . O secundário é uma bobina de 1200 espiras.

Quando se fala defronte do microfone, as variações de corrente que assim se provocam vão originar variações de tensão no secundário que poderão ser traduzidas por sinais luminosos no osci-

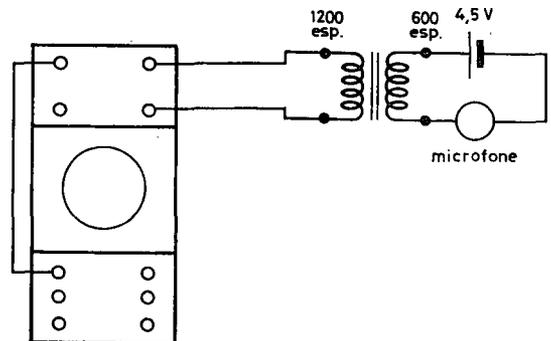


Fig. 45 — Montagem para observação dos sinais luminosos que se obtêm no alvo do osciloscópio quando se lhe aplicam tensões variáveis provocadas pela emissão de sons junto do microfone

loscópio quando se ligam os terminais daquele às placas YY.

Feitas as ligações que o esquema indica e introduzida a base de tempo, bastará emitir qualquer som defronte do microfone para se observarem modificações sensíveis na forma do sinal luminoso. Tem muito interesse didático observar esses sinais quando se faz vibrar um diapasão, quando se toca um instrumento de sopro (uma clarina, que faz parte do material das caixas de Acústica), quando se fala, se assobia ou se emitem os sons das vogais, junto do microfone.

O experimentador procurará a zona das frequências de tensão de varredura que melhor resultado lhe possa proporcionar, e também verá se lhe convém, ou não, ampliar a tensão colhida no secun-

dário. Quanto à tensão de 4,5 V da pilha poderá verificar-se ser insuficiente.

Atendendo a todos estes condicionamentos conseguem-se efeitos muito sugestivos para os estudantes.

### 17. Obtenção de frequências acústicas.

Designam-se por «frequências acústicas» as frequências cujos valores estão incluídos na gama das frequências audíveis.

Na experiência que indicaremos em primeiro lugar, sob esta rubrica, não se utiliza o osciloscópio mas apresenta-mo-la porque serve de base às experiências que se seguirão dentro da mesma rubrica. O que se pretende com ela é apresentar uma montagem que permite transformar oscilações eléctricas em vibrações sonoras.

A figura 46 representa o esquema da montagem para o fim em vista, que inclui

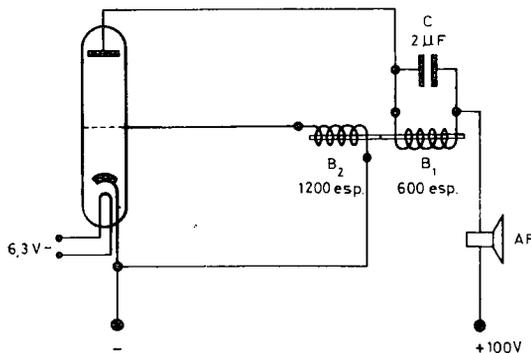


Fig. 46 — Montagem para observação de frequências acústicas.

um condensador, um transformador, um triodo e um altifalante. A tensão utilizada, de 100 V contínuos, pode-se ir buscar à caixa de alimentação *Phywe*, habitualmente usada nos laboratórios de Física dos liceus<sup>(1)</sup>.

O condensador C vai ser carregado

pelo estabelecimento da tensão de 100 V entre as suas placas e, para o efeito, uma delas está ligada ao positivo da fonte utilizada e a outra ao negativo, passando a ligação, entretanto, por um triodo, de tal modo que a placa deste fique ligada ao positivo da fonte. O circuito referido ficará fechado pelo fluxo de electrões emitidos pelo cátodo do triodo quando o filamento respectivo tiver sido aquecido. A tensão de aquecimento é a dos 6,3 V que se pode ir buscar ao mesmo bloco *Phywe*.

Uma vez carregado o condensador, irá efectuar-se a sua descarga através de uma bobina  $B_1$  que, com ele, constitui um circuito oscilante.

A bobina  $B_1$  serve de primário de um transformador cujo secundário,  $B_2$ , faz parte de um outro circuito que inclui o cátodo e a grelha do referido triodo. Este circuito torna-se também sede de oscilações eléctricas por indução electromagnética da bobina  $B_1$  sobre  $B_2$ .

No conjunto, o triodo funciona como amplificador graças às variações de intensidade da corrente da placa provocadas pelas variações de tensão do circuito da grelha. As oscilações, amplificadas, vão originar ondas sonoras no altifalante (AF).

Numa experiência efectuada usámos um condensador de  $2 \mu F$ , um primário de 600 espiras, um secundário de 1200 espiras e um altifalante de  $5 k \Omega$  que faz parte do material fornecido aos liceus. As bobinas do transformador foram colocadas sobre a mesa, na continuação uma da outra, para facilitar os movimentos, à mão, dos seus núcleos de ferro laminado, quando convier movê-los.

(1) Dispensa-se a inclusão de um voltímetro no circuito notando que aquele bloco fornece os 100 V desejados quando o ponteiro do botão do potenciómetro de 0 V a 250 V ( $P_2$ , fig. 7), alcança o início da mancha branca que assinala o sentido crescente das tensões.

Feita a montagem e começando a elevar a tensão da fonte que fornece os 100 V, logo se ouve um som agudo cuja intensidade aumenta quando se aumenta a tensão (1). Movimentando os núcleos no interior das bobinas, os sons variam de altura tornando-se mais agudos quando empurramos os núcleos no sentido de os fazermos sair pela bobina de 1200 espiras, e mais graves no sentido contrário.

Substituindo o condensador de  $2\ \mu\text{F}$  por outros, diferentes, verifica-se que as frequências dos sons produzidos são tanto mais elevadas quanto menores forem os valores das capacidades dos condensadores. Substituindo as bobinas por outras, mas conservando no circuito um determinado condensador, verifica-se que as frequências dos sons emitidos são tanto maiores quanto menores forem os valores das indutâncias utilizadas.

#### 17.1. Oscilações mantidas, de frequências acústicas

Pode-se observar, no alvo do osciloscópio, o gráfico das oscilações mantidas fornecidas pela montagem anterior. Para isso introduz-se a base de tempo no osciloscópio e ligam-se os terminais do condensador (de  $2\ \mu\text{F}$ , por exemplo) às placas YY, com a respectiva amplificação.

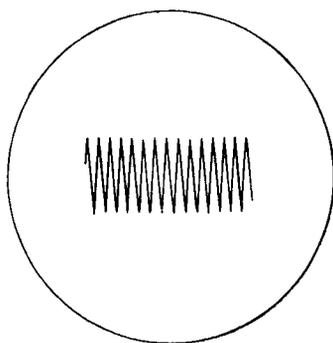


Fig. 47 — Imagem de uma sucessão de oscilações mantidas, de frequência acústica, obtida no alvo do osciloscópio, a partir da montagem da figura 46.

Regulando convenientemente a frequência da tensão de varredura e a tensão aplicada às placas do condensador, torna-se possível obter no alvo uma boa imagem das oscilações mantidas (fig. 47). Consegue-se facilmente imobilizar a imagem por meio de pequenos deslocamentos dos núcleos de ferro no interior das bobinas.

#### 17.2. Sobreposição de oscilações sinusoidais.

Obtida, no alvo, a imagem das oscilações mantidas, podemos sobrepor-lhe a imagem de outras oscilações cuja frequência seja diferente da frequência das primeiras e, de preferência, bastante diferente para que os efeitos sejam mais notórios.

Conservando toda a montagem da experiência anterior, vai-se utilizar uma terceira bobina, por exemplo de 300 espiras, com núcleo de ferro, a cujos terminais se aplica a tensão de  $6,3\ \text{V} \sim$  (ou  $12,6\ \text{V} \sim$ ) do bloco *Phywe*, de 50 Hz.

Aproximando, esta bobina, do primário do transformador incluído na montagem da figura 46, na altura em que se está observando no alvo a imagem das oscilações mantidas, sobreporemos nesta a imagem das oscilações de 50 Hz. Os aspectos resultantes da sobreposição das duas imagens depende de se aproximar mais ou menos a terceira bobina (fig. 48 e 49).

#### 18. Rectificação de correntes alternadas.

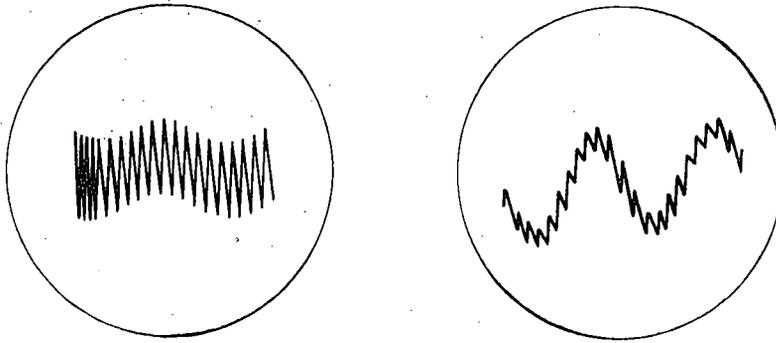
Entre o material fornecido aos liceus para reapetrechamento dos laboratórios de Física, encontram-se diodos de vazio

(1) Se suceder atingirem-se os 100 V sem se ouvir nenhum som, experimente-se trocar as ligações em uma das bobinas.

constituídos por uma ampola de vidro, cilíndrica, que contém os eléctrodos designados por filamento e placa. O modelo tem interesse didáctico porque permite observar claramente os elementos que o compõem.

*Phywe* fornece 4V~ para aquecimento do filamento do díodo e 6,3V~ para o primário, de 300 espiras, do referido transformador.

Estabelecendo a base de tempo no osciloscópio, devidamente amplificada, e



Figs. 48 e 49 — Imagens obtidas no alvo do osciloscópio por sobreposição de oscilações sinusoidais.

#### 18.1. Rectificação de meia onda.

O conjunto *ABC* da figura 50 representa o díodo a que nos referimos, no qual *A* e *B* são os terminais do filamento, e *C* a placa. O díodo está incluído num circuito em série onde se encontram uma resistência (*R*) de 220 k $\Omega$  e uma bobina de 1200 espiras que serve de secundário a um transformador. O bloco

ligando os terminais da resistência às placas *YY*, obteremos, no alvo, a imagem da corrente rectificada de meia onda, pois a tensão alternada do circuito do secundário só tem acção sobre o feixe electrónico do tubo catódico nas alternâncias em que a placa do díodo é positiva em relação ao filamento.

Obtem-se uma imagem muito correcta usando um díodo OA 91, que é fácil de

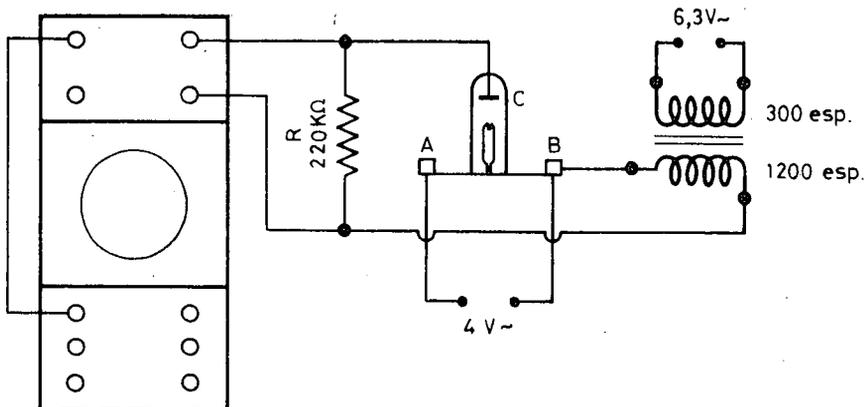


Fig. 50 — Montagem para obtenção do sinal luminoso, no alvo do osciloscópio, correspondente à rectificação de meia onda de uma corrente alternada sinusoidal.

encontrar no mercado. Neste caso convém utilizar uma resistência exterior muito mais baixa, de  $500\ \Omega$  em vez de  $220\ k\Omega$  (fig. 51).

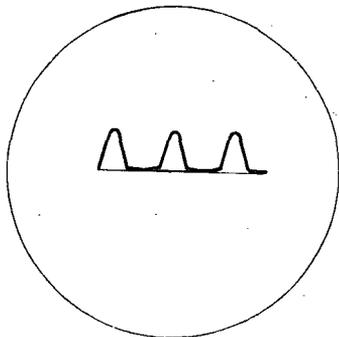


Fig. 51 — Imagem resultante da rectificação de meia onda de uma corrente alternada sinusoidal.

### 18.2. Rectificação de onda inteira.

A rectificação de onda inteira pode ser conseguida por meio de dois díodos,  $D_1$  e  $D_2$ , dispostos segundo o esquema da figura 52. Os díodos estão montados em série, com as respectivas placas orientadas no mesmo sentido, no circuito do secundário de um transformador. Convém usar, para secundário, para comodidade de montagem, uma bobina com três ter-

minais, composta de duas bobinas em série, de 1800 espiras cada uma. O terminal central da bobina permite instalar, em derivação, uma resistência (de  $500\ \Omega$ ) que assim é percorrida, sempre no mesmo sentido, pelas duas alternâncias da corrente.

O primário do transformador é uma bobina de 300 espiras, alimentada por  $6,3\ V\sim$  da caixa *Phywe*.

A figura obtida no alvo do osciloscópio, quando se introduz a tensão de varredura amplificada, e se ligam as placas YY aos terminais da resistência de  $500\ \Omega$ , mostra a rectificação das duas alternâncias (fig. 53).

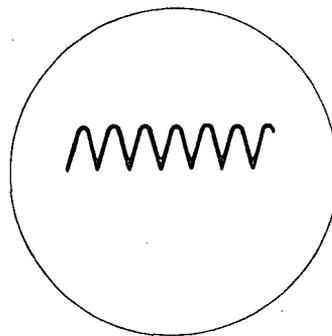


Fig. 53 — Imagem resultante da rectificação de onda inteira de uma corrente alternada sinusoidal.

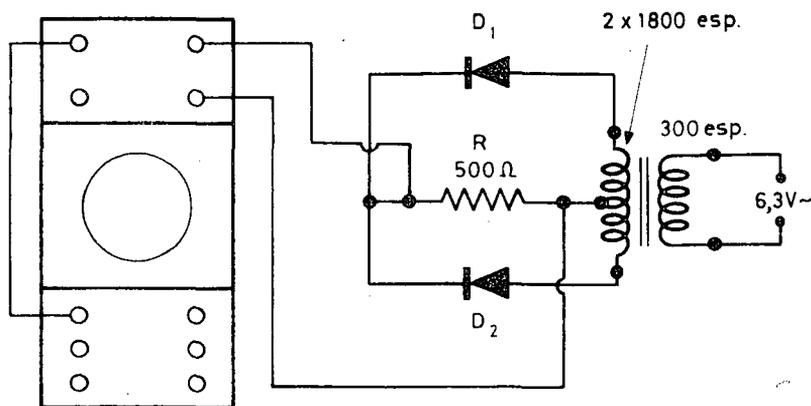


Fig. 52 — Montagem para obtenção do sinal luminoso, no alvo do osciloscópio, correspondente à rectificação de onda inteira de uma corrente alternada sinusoidal.

## 19. Conclusão.

Muitas outras experiências se poderiam juntar às que foram descritas. As que apresentámos são aquelas que parece terem maior interesse para os professores de Física do Ensino Liceal, de acordo com o programa dessa disciplina muito embora não esteja nele expresso o uso do osciloscópio.

Fora dos limites das aulas, é de crer que os professores tenham gosto em expe-

rimentar um instrumento tão sugestivo como este e em explorar as suas possibilidades. Sempre que num dado circuito haja variações de tensão eléctrica com o tempo decorrido, ou haja variações de qualquer outra grandeza que possam ser traduzidas em variações de tensão, recomenda-se o uso do osciloscópio para o que basta, em princípio, introduzir-lhe a base de tempo e ligar às placas YY os dois terminais do circuito entre os quais se pretende estudar as referidas variações.

# Técnicas de fabricação de transístores

pelo Eng. PEDRO MARTINS DA SILVA

## 1. Introdução

O interesse pelo estudo das propriedades dos materiais semicondutores vem já do século passado, quando, em 1873, foi observado que a condutância dos cristais de selénio dependia do nível de iluminação.

Nos primeiros anos do nosso século, os semicondutores eram utilizados largamente como detectores de sinais de rádio. O dispositivo mais comum consistia num cristal de sulfureto de chumbo em contacto com um fio flexível, o «pesquisador». Era este o órgão central das tão conhecidas «galenas».

O sucesso destes detectores seria, porém, efémero, dado que os tubos electrónicos trouxeram a possibilidade de uma detecção mais perfeita e, ainda, de amplificar os sinais.

Durante a Segunda Guerra Mundial, a necessidade de aperfeiçoar os sistemas de Radar por forma a tornar possível a localização de alvos de pequenas dimensões, obrigou à utilização de frequências

muito elevadas, domínio em que os misturadores com tubos electrónicos tinham comportamento deficiente. Ensaios realizados com cristais misturadores mostraram ser o silício quem melhor podia desempenhar tais funções.

Investigações detalhadas levadas a cabo sobre os materiais semicondutores vieram demonstrar que o silício e o germânio apresentavam propriedades que podiam ser utilizadas proveitosamente em dispositivos diversos a integrar em circuitos electrónicos. Um dos primeiros frutos desta investigação foi um díodo de germânio do tipo «contacto».

Em 1948 foi construído nos laboratórios da Bell Telephone o primeiro transistor de contacto e, em 1951, um transistor de junção, que, rapidamente, se afirmou como bastante superior ao de contacto.

A aplicação dos transístores generalizou-se. Pode dizer-se que, maravilhosa minúscula, constituiu o símbolo de uma época. E diz-se «constituiu» porque o transistor, unidade individualizada, tór-