

1. Classificação <i>INPE-COM.5/NTI</i> <i>C.D.U.: 621.373.5</i>		2. Período	4. Distribuição
3. Palavras Chaves (selecionadas pelo autor) <i>ELETRÔNICA</i> <i>OSCILADOR</i>		interna ☒ externa ☐	
5. Relatório nº <i>INPE-1993-NTI/146</i>	6. Data <i>Fevereiro, 1981.</i>	7. Revisado por <i>Colle</i> <i>Naila Colla</i>	
8. Título e Sub-Título <i>OSCILADOR A CRISTAL COM FREQUÊNCIA</i> <i>VARIÁVEL POR VOLTAGEM</i>		9. Autorizado por <i>Parada</i> <i>Nelson de Jesus Parada</i> <i>Diretor</i>	
10. Setor <i>DEE/DTL</i>	Código	11. Nº de cópias <i>04</i>	
12. Autoria <i>Renato Tank</i> <i>Carlos E. Santana</i>		14. Nº de páginas <i>17</i>	
13. Assinatura Responsável <i>Renato Tank</i>		15. Preço	
16. Sumário/Notas <i>Descreve-se a construção de um oscilador a cristal com frequência variável por voltagem. São dados detalhes de montagem e ajuste, além das medidas dos parâmetros elétricos que caracterizam o oscilador.</i>			
17. Observações			

INDICE

ABSTRACT	<i>iv</i>
LISTA DE FIGURAS	<i>v</i>
1. INTRODUÇÃO	1
2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO	2
3. MODELAGEM	4
4. MEDIDAS	7
APÊNDICE A - LISTA DE COMPONENTES	

ABSTRACT

The construction of a variable frequency crystal oscillator (VCXO) is described. Details of the assembling and adjustment are given together with the measured electrical parameters which characterize the oscillator.

LISTA DE FIGURAS

1 - Circuito do VCXO	3
2 - Máscara utilizada na montagem do VCXO	5
3 - Disposição dos componentes no circuito impresso	6
4 - Gráfico da tensão de controle x frequência	9
5 - Conteúdo espectral	10
6 - Sensibilidade de variação de frequência	11

1. INTRODUÇÃO

Em estações terrenas para telecomunicações por satélite, é necessário manter a faixa de frequência intermediária centrada em seu valor nominal. Assim, durante a demodulação dos canais, ter-se-á perfeito controle de suas frequências de subportadoras.

Em geral, uma das estações da rede transmite permanentemente uma frequência piloto de referência. No receptor, uma malha de recuperação do piloto atua sobre esta frequência, para compensar desvios de frequências causados pelo transponder do satélite e pelo receptor, de maneira que a portadora de cada canal fique dentro de seu valor nominal com tolerância de ± 2 kHz.

A recuperação do piloto é feita por uma malha de fase (PLL) que inclui um oscilador a cristal com frequência variável por voltagem (VCXO). O sintetizador de frequências do receptor fornece a referência de alta estabilidade com a qual é comparado.

A utilização de um VCXO ao invés de um VCO prende-se ao fato de se desejar um oscilador local com baixo ruído de fase, e que permita operação, embora com qualidade degradada, mesmo quando houver perda temporária do piloto.

Para a aplicação específica desejada, as principais especificações do VCXO são:

- Frequência central: 178,000 MHz
- Variação de frequência: ± 75 kHz
- Linearidade mínima de 10% para variação de ± 40 kHz
- Potência de saída: ≥ 8 dBm
- Nível de espúrios: < 40 dBc
- Voltagem de controle de frequência: de -6 a +6 V.

2. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

O VCX0, cujo circuito está na Figura 1, compõem-se do VCX0 propriamente dito, seguido de um estágio amplificador-isolador, de um estágio amplificador-multiplicador e de um filtro.

O oscilador é basicamente do tipo Colpitts com o cristal operando na frequência de 14,833333 MHz, e com os elementos L4, L13, R3, C26 e D1 modificando o valor de sua ressonância-série, de modo a obter-se uma variação de frequência de pelo menos ± 6 kHz com a alteração da polarização do varicap D1. O sinal no coletor de T1, composto de pulsos na frequência do cristal, por ser rico em harmônicos, pode ser sintonizado na frequência de 59,333332 MHz, igual ao quádruplo da frequência do cristal. Tal sintonia é efetuada pelo filtro composto por L1, L2, L3, C7, C8, C9, C10, C11 e C12. O sinal na resistência de carga R11 tem baixo nível de harmônicos e espúrios, e apresenta variação de frequência de pelo menos ± 24 kHz.

O estágio constituído por T2 é um amplificador não sintonizado destinado a isolar o oscilador das variações de carga e a elevar o nível do sinal de modo a excitar o estágio seguinte.

O estágio constituído por T3 é um amplificador classe C com sintonia na base. O espectro do sinal em seu coletor, quando observado sobre uma resistência de 50Ω , é composto por um *pente* de raias espaçadas de 59,3 MHz, com nível médio de 9 dBm.

O filtro de três seções que se segue a T3 assegura a pureza espectral desejada. O atenuador composto por R19, R20 e R22 mantém a impedância de terminação do filtro mesmo para cargas descasadas. A saída para monitoração, através de R19, fica aproximadamente 20 dB abaixo da saída principal.

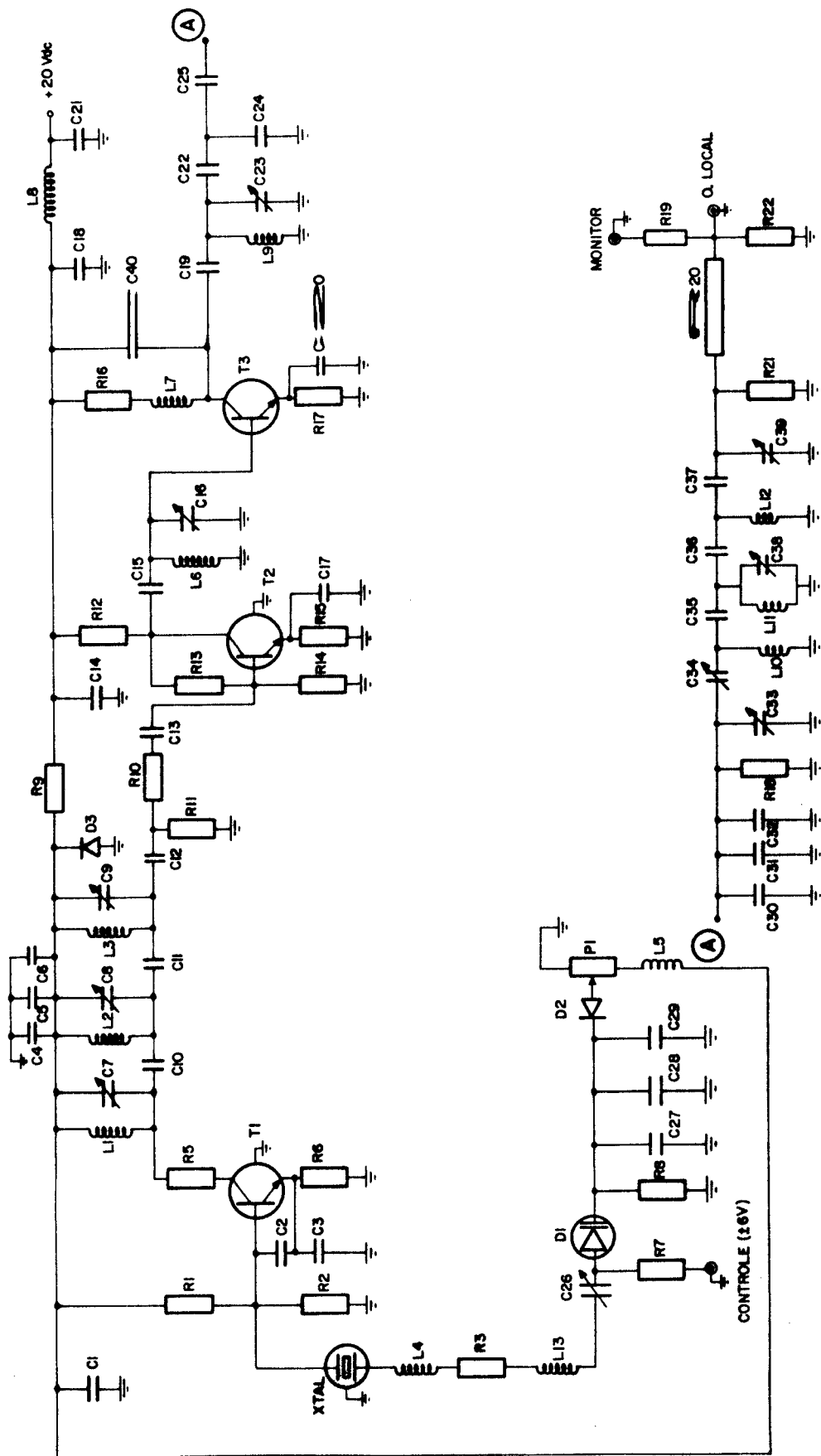


Fig. 1 - Circuito do VCX0

3. MONTAGEM E REGULAGEM

O circuito do VCX0 foi montado sobre uma placa de circuito impresso de face única. A máscara utilizada está na Figura 2. Os componentes, listados no Apêndice A, foram soldados diretamente na face cobreada, sem necessidade de furos para fixação. A disposição dos componentes no circuito impresso é mostrado na Figura 3. A placa terminada foi montada em uma caixa metálica com os perfis padrões do INPE. A tampa superior da caixa apresenta um furo diretamente sobre P1 para a regulagem final.

Para a regulagem do circuito, segue-se os seguintes passos:

1. Curto-circuitar a entrada da tensão de controle e alimentar com 20V a entrada da fonte. Aguardar cerca de dez minutos para estabilidade do VCX0.
2. Verificar o sinal depois do resistor R10. Para isto, soltar o resistor R10 no ponto onde está o capacitor C13 e soldar um cabo coaxial do terminal do resistor R10 solto à terra. Observando o analisador de espectro, obter um sinal na frequência de 59,33332 MHz com um nível de -6 dBm. As harmônicas deverão estar 40 dB abaixo da portadora. Para conseguir tal espectro de sinais, é preciso ajustar os capacitores C7, C8 e C9.
3. Depois de ter soldado o resistor R10, ligar a saída principal ao analisador de espectro com frequência central em 178 MHz e com varredura de frequência de 20 MHz por divisão.
4. Colocar o capacitor C26 e o potenciômetro P1 em suas posições intermediárias. O potenciômetro P1 é ajustado de tal maneira que em seu cursor se obtenha uma tensão de aproximadamente 6V.
5. Ajustar os capacitores C16 e C23 até obter o máximo nível de sinal na saída principal e a máxima atenuação de harmônicos.

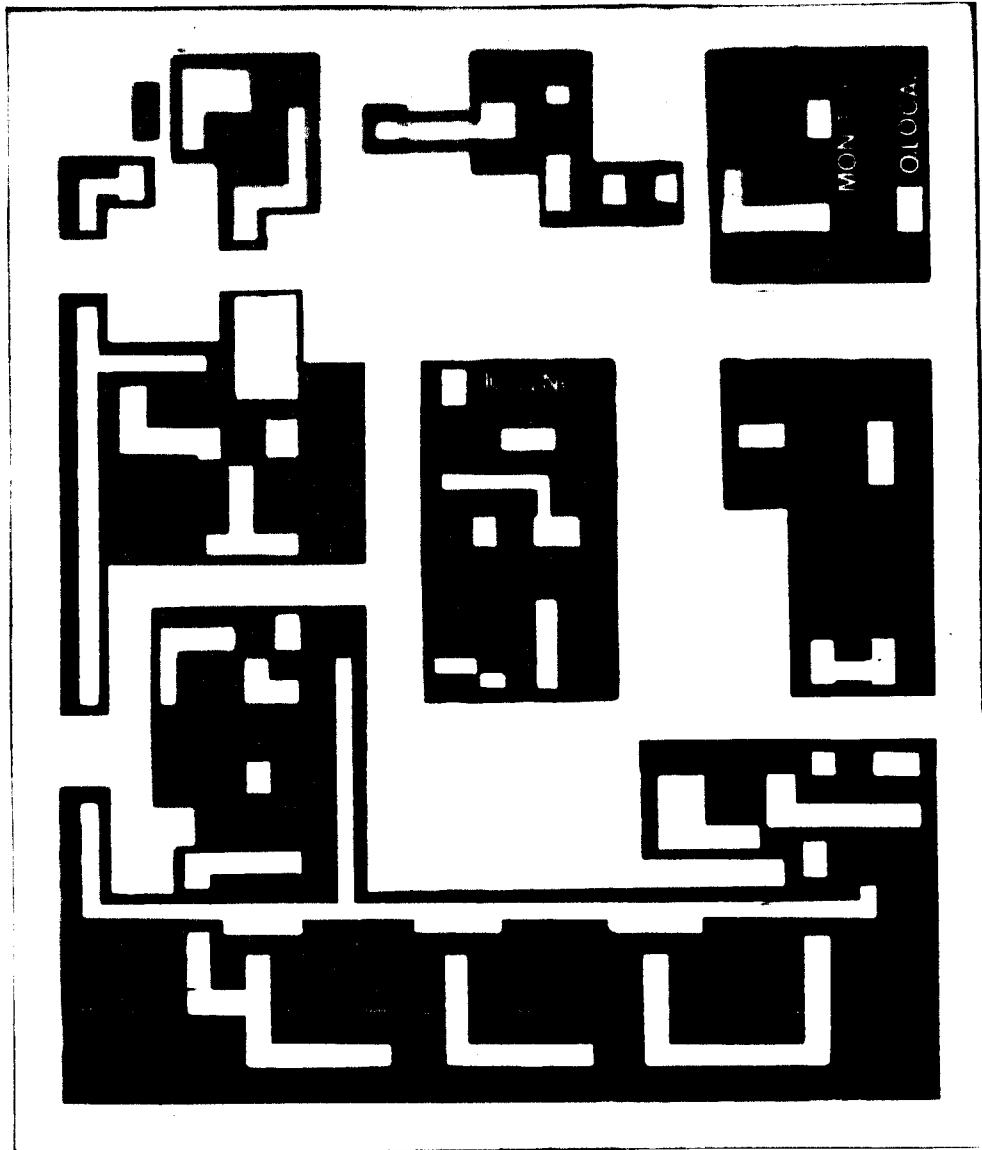


Fig. 2 - Máscara utilizada na montagem do VCX0

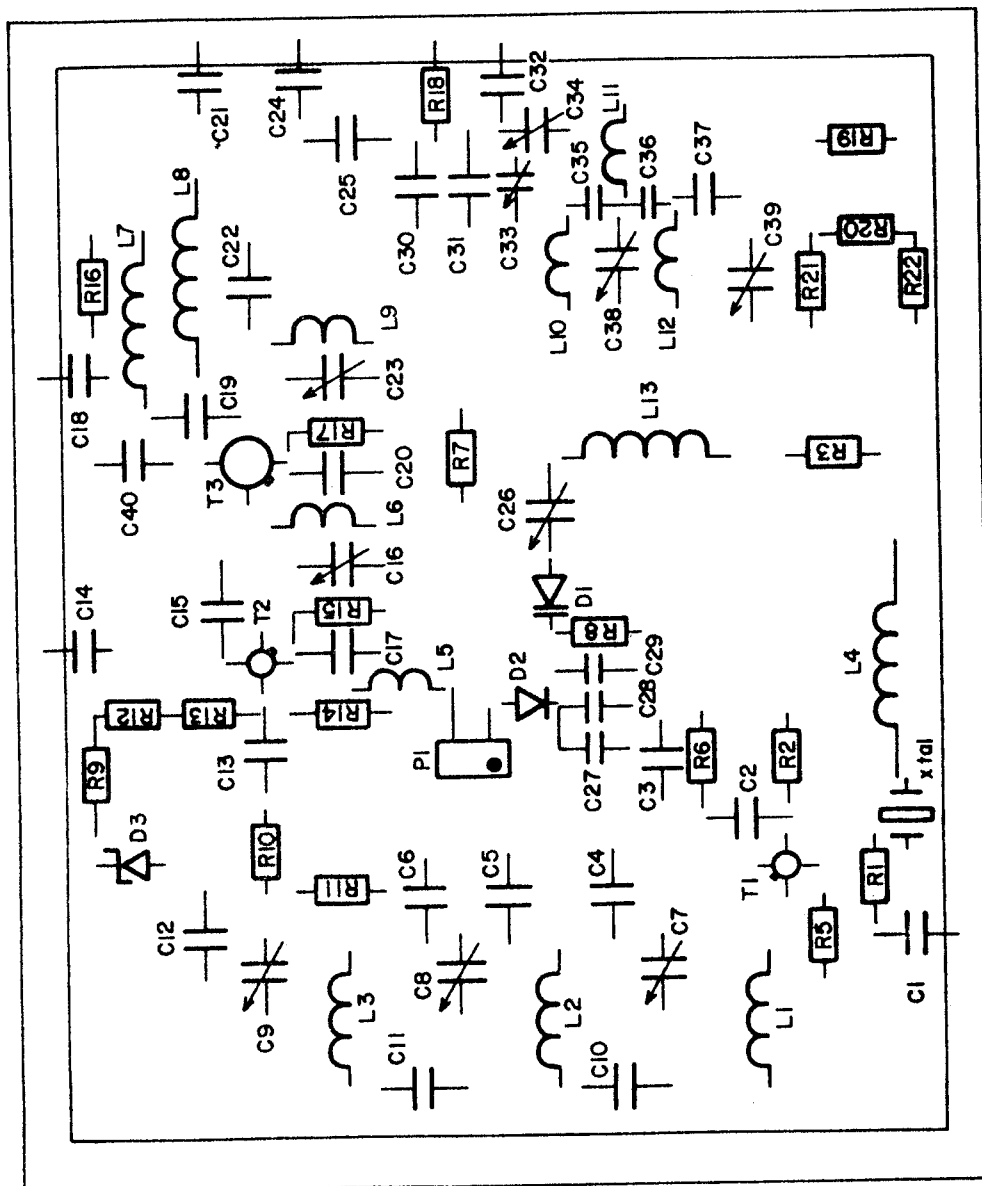


Fig. 3 - Disposição dos componentes no circuito impresso

6. Ajustar o filtro através dos capacitores variáveis C33, C34, C38 e C39. Os capacitores são ajustados para se obter máxima pureza espectral e nível de saída de aproximadamente 8 dBm.

O conteúdo espectral do sinal obtido na saída principal é mostrado na Figura 5.

Ajuste de controle

1. Ligar a saída principal ao analisador de espectro na frequência de 178 MHz e varredura de 20 kHz por divisão.
2. Ajustar o capacitor C26 para que o sinal fique em 178 MHz.
3. Retirar o curto-circuito antes colocado na entrada da tensão de controle e conectar uma fonte de alimentação sem tensão aplicada. O sinal deverá estar no centro do analisador de espectro (178 MHz).
4. Variar a tensão positiva e negativa de controle ($\pm 6V$) e verificar o desvio de frequência. Os valores desejados estão na Figura 2. Caso não se verifique a simetria do circuito, variar o potenciômetro P1 mantendo sempre a frequência central em 178 MHz.
5. Os valores da bobina L13 e do resistor R3 são selecionados para uma melhor simetria de circuito.

4. MEDIDAS

Com o circuito montado e regulado conforme as instruções da seção anterior, foram feitas as seguintes medidas de desempenho:

- a) Característica tensão de controle x frequência, mostrada na Figura 4.

- b) Estabilidade de frequência, fornecendo 1,69 ppm à temperatura ambiente.
- c) Conteúdo espectral, mostrado na Figura 5.
- d) Sensibilidade de variação de frequência, que é a derivada da curva da Figura 4, mostrada na Figura 6.
- e) Potência de saída sobre 50Ω , fornecendo 8,33 dBm na saída principal e -8,39 dBm na saída de monitoração.
- f) FM residual = 150 Hz
- g) AM incidental: médio: 3,55%

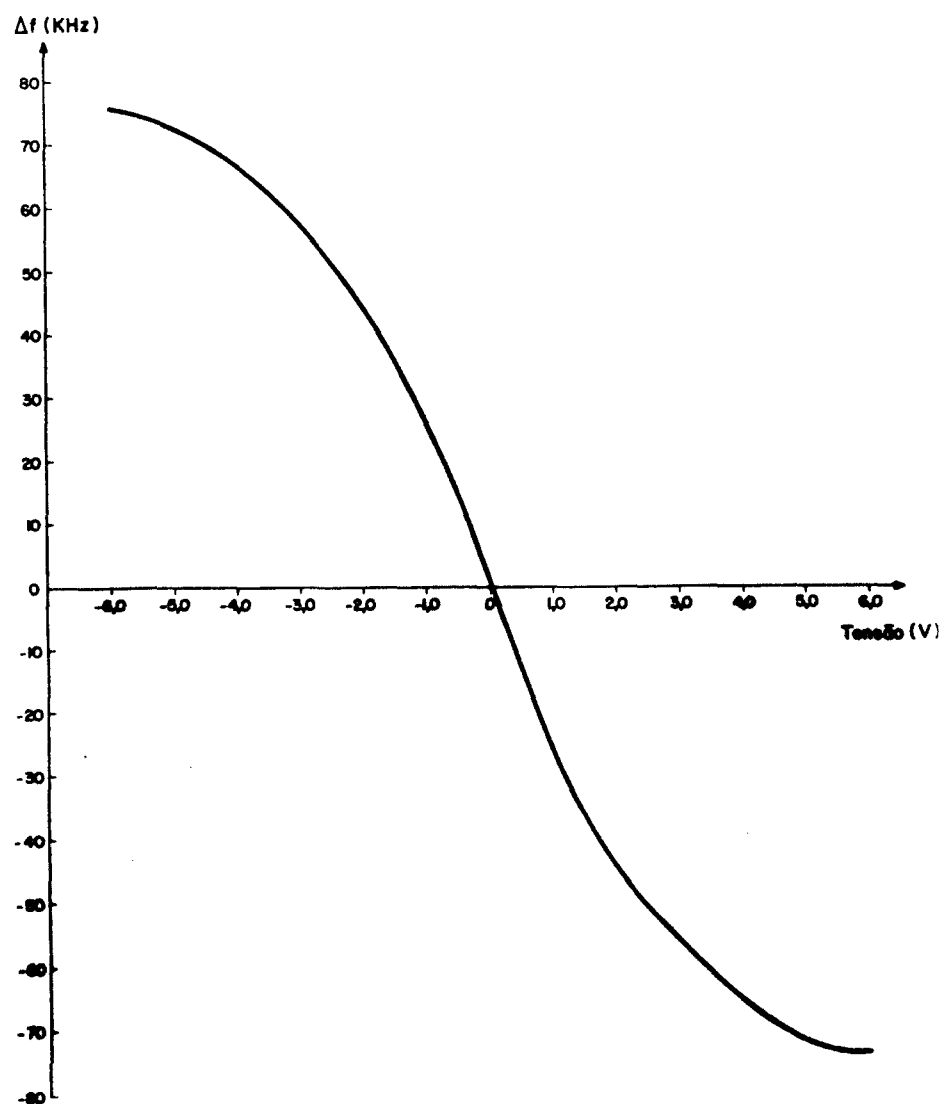


Fig. 4 - Gráfico da tensão de controle x frequência

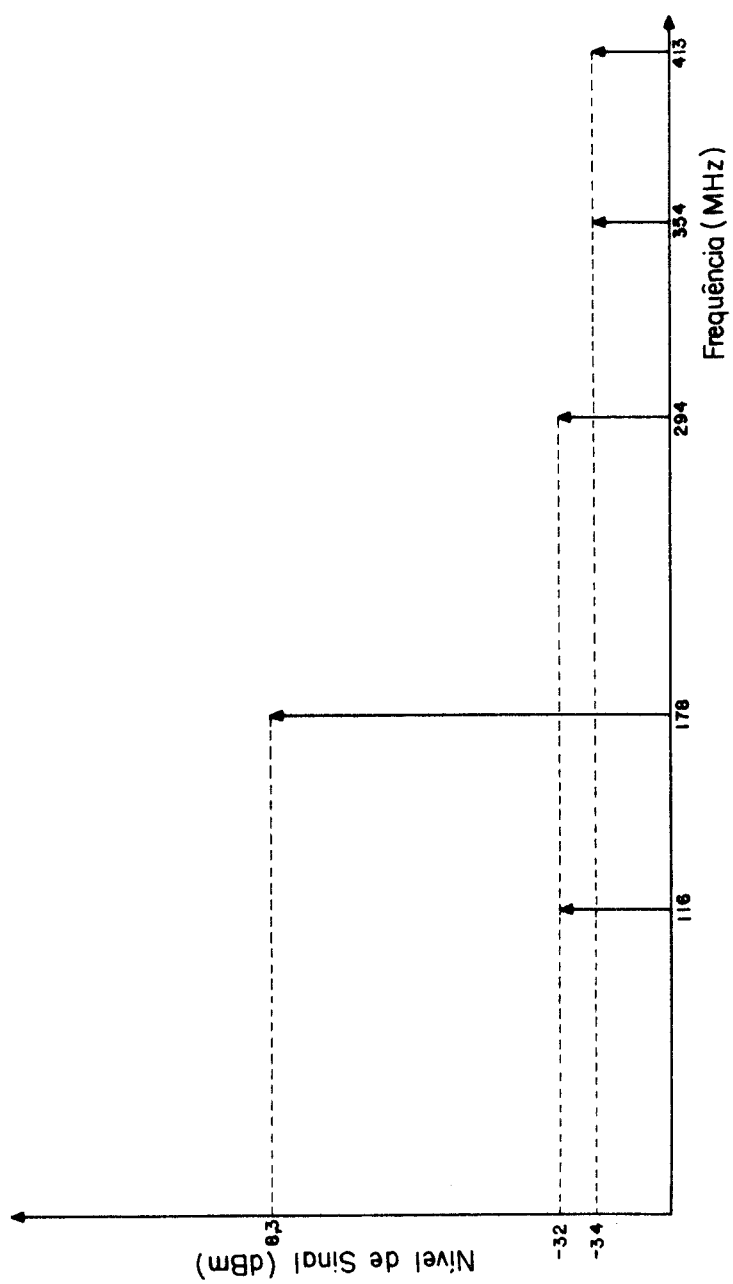


Fig. 5 - Conteúdo espectral

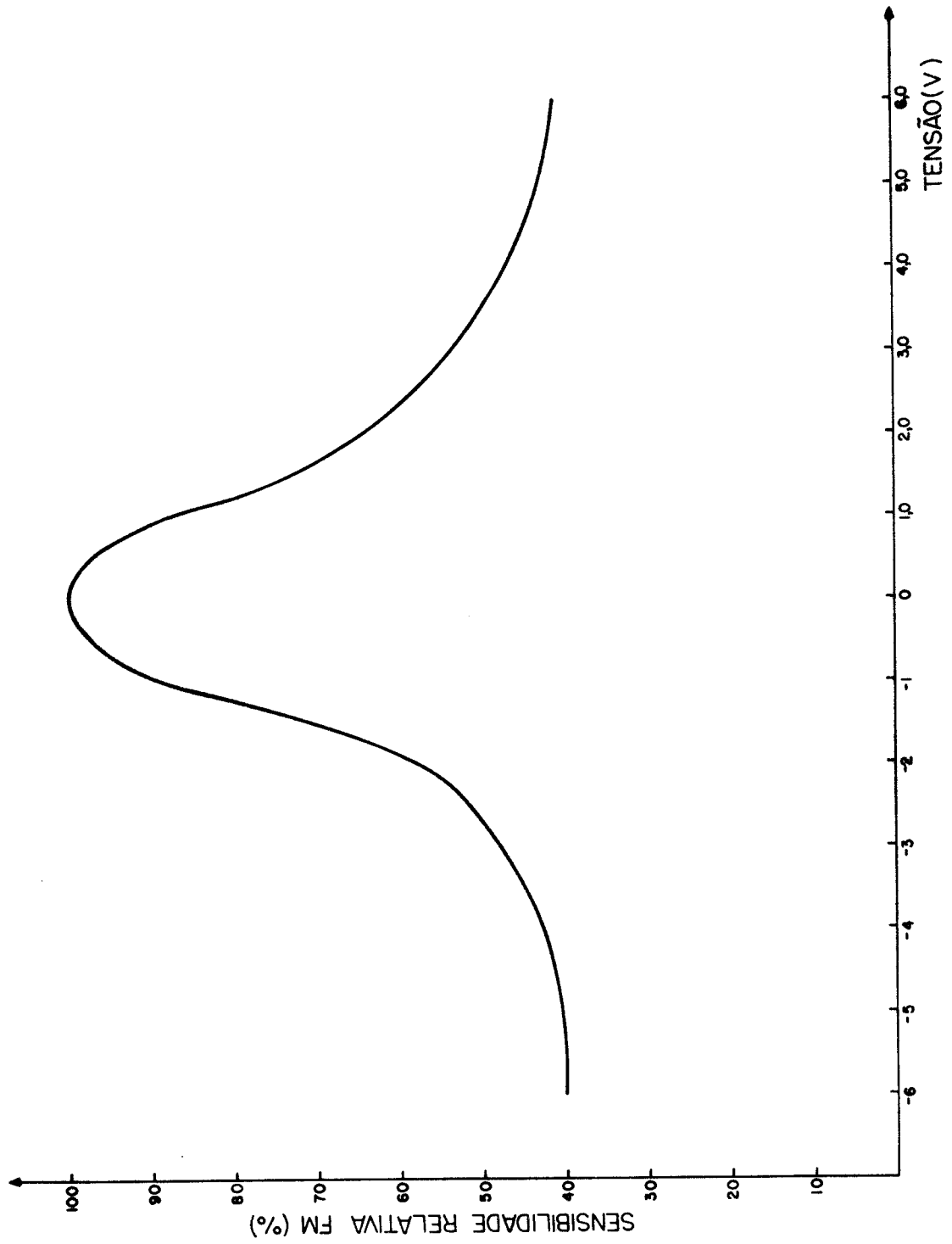


Fig. 6 - Sensibilidade de variação de frequência

APÊNDICE A

LISTA DE COMPONENTES

<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>VALOR</u>	<u>FABRICANTE</u>
T1	BFY 90	Ibrape
T2	2N5179	Motorola
T3	2N3866	Motorola
D1	MV1404	Motorola
D2	BA218	Fairchild
D3	BZX79	Ibrape
XTAL	14.833,333 kHz	R. C. Brasil
P1	5K Ω	Constanta
R1-R2	68K Ω /	Constanta
R3	190 Ω /1/4	Constanta
R5-R10-R18	56 Ω /	Constanta
R6-R11	1K Ω /	Constanta
R7-R8	100K Ω /	Constanta
R9	820 Ω /	Constanta
R12	330 Ω /	Constanta
R13	3,8K Ω /	Constanta
R14	4,2K Ω /	Constanta
R15-R16	430 Ω /	Constanta
R17	130 Ω /	Constanta
R19	510 Ω	Constanta
R20	5,6 Ω	Constanta
R21-R22	820 Ω	Constanta
C1-C5-C18-C21-C22-C25	10KpF	Mial Bras
C2-C3	68pF	Mial Bras
C4	820pF	Mial Bras
C6	1KpF	Mial Bras
C7-C8-C9-C16-C23-C26	8-80pF	Ibrape
C33-C34-C38-C39	8-80pF	Ibrape
C10-C11	1,5pF	Mial Bras
C12	15pF	Mial Bras

<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>VALOR</u>	<u>FABRICANTE</u>
C13-C14-C17-C20	1KpF	Thomson
C29	1Kpf	Thomson
C15	6,8pF	Mial Bras
C19	56 + 22pF	Mial Bras
C24-C31-C32	47pF	Mial Bras
C27	2,2 μ F	Mial Bras
C28	100pF	Mial Bras
C30	22pF	Mial Bras
C35-C36	6,8pF	Mial Bras
C37	50pF	Mial Bras
C40	5pF	Mial Bras
L1-L2-L3	30nH	5 espiras - 11 mm diâmetro
L4-L13	8,2 μ H	RFC
L5-L7-L8	1,72 μ H	RFC
L6	.2 μ H	6 espiras - 6 mm diâmetro
L9	.57 μ H	3 espiras - 6 mm diâmetro
L10-L11-L12	20nH	2 espiras - 3 mm diâmetro