

1. Publicação nº <i>INPE-3173-PRE/543</i>	2. Versão	3. Data <i>Julho, 1984</i>	5. Distribuição ☐ Interna ☒ Externa ☐ Restrita
4. Origem <i>DTL/DAF</i>	Programa <i>ETCOMS</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>OSCILADOR DE MICROONDAS</i> <i>OSCILADOR ESTABILIZADO</i> <i>CAVIDADE RESSONANTE</i>			
7. C.D.U.: <i>621.3.029.6:621.373</i>			
8. Título <i>OSCILADOR DE MICROONDAS CONTROLADO POR TENSÃO E ESTABILIZADO POR CAVIDADE RESSONANTE EM 1250 MHz</i>		10. Páginas: <i>19</i>	
		11. Última página: <i>13</i>	
		12. Revisada por	
9. Autoria <i>Paulo M. Marshall</i>		<i>Lucio B.T. Civildanes</i> 13. Autorizada por	
Assinatura responsável <i>Marshall</i>		<i>Nelson de Jesus Parada</i> Nelson de Jesus Parada Diretor Geral	
14. Resumo/Notas <i>Este trabalho apresenta o projeto e funcionamento de um oscilador controlado por tensão e estabilizado por cavidade ressonante, destinado a operar como VCO de um sintetizador de frequências para uma estação terrena SCPC FM de baixa capacidade.</i>			
15. Observações <i>Submetido para apresentação na 36ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC, de 4 a 11 de julho de 1984, em São Paulo, SP.</i>			

ABSTRACT

This work presents the design and performance of a cavity-stabilised voltage controlled oscillator, designed to operate as the VCO of a frequency synthesizer for an SCPC FM low-capacity earth station.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	<i>v</i>
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>DESCRIÇÃO DO PROJETO</u>	2
2.1 - VCO	2
2.2 - Oscilador e circuito isolador	2
2.3 - Amplificador	5
3. <u>RESULTADOS E CONCLUSÕES</u>	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Circuito do VCO	3
2 - Circuito do conjunto oscilador e isolador	4
3 - Curvas de $\Gamma_s(f)$ e $\Gamma_{in}(f)$	6
4 - Circuito do amplificador	7
5 - "Layout" do VCO	7
6 - Esquema de montagem do VCO	8
7 - Detalhes mecânicos da caixa do VCO	11
8 - Curva de sintonia do VCO	12

...

1. INTRODUÇÃO

Sintetizadores de frequências na faixa de 1 GHz que utilizam osciladores de microondas controlados por tensão (VCO) são frequentemente empregados como osciladores locais em receptores de microondas. Para aplicação em estações terrenas de baixa capacidade é importante que estes sintetizadores apresentem baixo ruído de fase aliado às características de simplicidade de montagem e pequeno porte. A estabilização de um VCO por cavidade ressonante garante excelente desempenho em ruído de fase, sem necessariamente introduzir complexidade mecânica na sua construção.

Este trabalho descreve o projeto e funcionamento de um oscilador controlado por tensão e estabilizado por cavidade ressonante na faixa de 1,15 GHz a 1,35 GHz. Este oscilador foi projetado para utilização como VCO dos sintetizadores de frequência de transmissão e recepção da Estação Terrena SCPC FM de baixa capacidade, tendo suas principais características mostradas na Tabela 1.

TABELA 1

ESPECIFICAÇÕES DO VCO

FREQUÊNCIA CENTRAL	1250 MHz
SINTONIA MECÂNICA	1150-1350 MHz
SINTONIA ELETRÔNICA (0-10V)	Min 500 KHz Max 2 MHz
POTÊNCIA DE SAÍDA	23 ± 1 dBm
IMPEDÂNCIA DE SAÍDA	VSWR < 3:1
RUÍDO DE FASE ($f > 10000$ Hz)	≤ -88 dBc/Hz

2. DESCRIÇÃO DO PROJETO

2.1 - VCO

O circuito do VCO encontra-se esquematizado na Figura 1. O circuito de sintonia é formado pela cavidade (CAV), diodo varactor (D1) e capacitores de acoplamento (C_1 e C_2). A saída do transistor oscilador T_1 é acoplada através de C_3 à entrada do transistor T_2 , que age como isolador de T_1 . Os capacitores C_4 e C_5 são utilizados como casadores da impedância de saída de T_2 para a entrada do estágio de potência em T_3 . O casamento de saída deste último é realizado através de L_1, L_2, L_3 e C_6 . Os resistores R_1 e R_2 agem na polarização do diodo varactor D1, enquanto $R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8, R_9$ e R_{10} são utilizados na polarização de T_1, T_2 e T_3 . R_{11} e R_{12} são usados para adequar as tensões de alimentação requeridas pelos transistores à fonte de +21V. A cavidade coaxial, com excitação do tipo magnética, é sintonizada através de um parafuso que se encontra alinhado com o condutor central.

2.2 - OSCILADOR E CIRCUITO ISOLADOR

O conjunto oscilador e isolador é inicialmente projetado para apresentar resistência negativa na base de T_1 , através da realimentação série do tipo indutiva. Esta realimentação, que pode ser representada por uma indutância (L_R), como indicado na Figura 2, é formada pelo próprio terminal do resistor R_6 . Medidas realizadas com o diodo GC51112 mostram que é possível obter uma variação de capacitância da ordem de 3:1, com tensão de controle (V_c) na faixa de 0V a 15V. Visando atender o requisito de sintonia eletrônica fina e a preservação do Q ao circuito de sintonia, o varactor é desacoplado do circuito através de C_2 e sua variação em capacitância é controlada através do divisor de tensão formado por R_1 e R_2 .

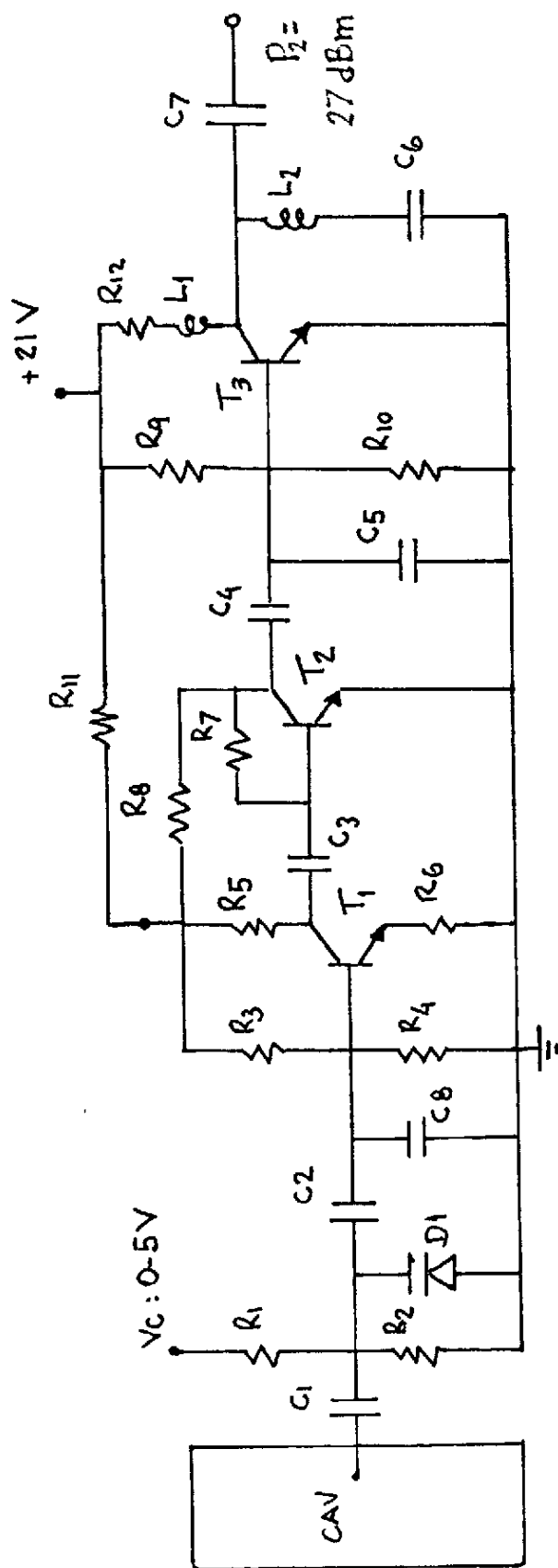


Fig. 1 - Circuito do VCO.

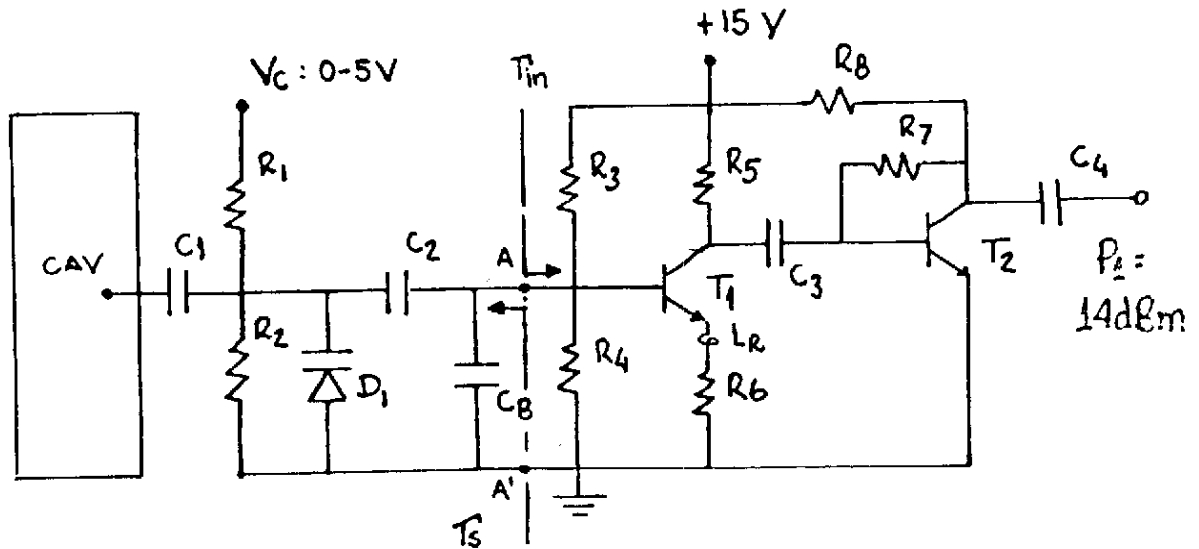


Fig. 2 - Circuito do conjunto oscilador e isolador.

A impedância do circuito de sintonia, representada por $Z_s(f)$, assim como o capacitor de acoplamento de saída, C_4 , são ajustados de maneira a proporcionar máxima potência de saída na frequência de 1250 MHz. É necessário verificar a presença de resistência negativa na impedância de entrada do transistor oscilador, $Z_{in}(f)$, em toda a faixa de frequências de interesse. Esta medida é realizada substituindo o circuito de sintonia por um analisador de malhas e excitando a base do transistor T_1 com um nível de sinal que proporcione a mesma potência na saída. Na Figura 3 encontra-se plotado o inverso do coeficiente de reflexão:

$$\Gamma_{in}(f) = \frac{Z_{in}(f) - Z_0}{Z_{in}(f) + Z_0} \quad (1)$$

medido na faixa de frequências de 1150 MHz a 1350 MHz. Igualmente, $Z_s(f)$ pode ser avaliada na faixa de 1150 MHz a 1350 MHz. Atuando em C_1 e no "loop" de excitação da cavidade, ajusta-se a curva do coeficiente de reflexão,

$$\Gamma_S(f) = \frac{Z_S(f) - Z_0}{Z_S(f) + Z_0},$$

para que esta se sobreponha à curva de $1/\Gamma_{in}(f)$. Observa-se que para que isto seja possível o circuito de sintonia, que pode ser representado por um circuito RLC paralelo, estará ligado de forma superacoplada ao circuito do oscilador (Sucher and Fox, 1963). A existência da condição de oscilações estáveis em toda faixa de frequências de interesse é verificada quando se considera a variação da tensão de controle (V_c) que atua sobre a curva de $1/\Gamma_{in}(f)$. (Marshall, 1982). Deve-se tomar cuidado com a possível degradação do fator de qualidade (Q) da cavidade decorrente de ajustes na impedância do circuito de sintonia.

2.3 - AMPLIFICADOR

O circuito do amplificador, projetado para um ganho de 13 dB, é montado separadamente como mostrado na Figura 4. O ajuste de ganho e planura de ganho na faixa de 200 MHz é realizado atuando-se em C_5 , C_6 , C_7 , L_1 e L_2 . É conveniente a substituição de C_5 e C_7 por um capacitor variável para facilitar o ajuste. O circuito de polarização de T_3 deve proporcionar 18,5V de tensão coletor-emissor com 45 mA de corrente no coletor.

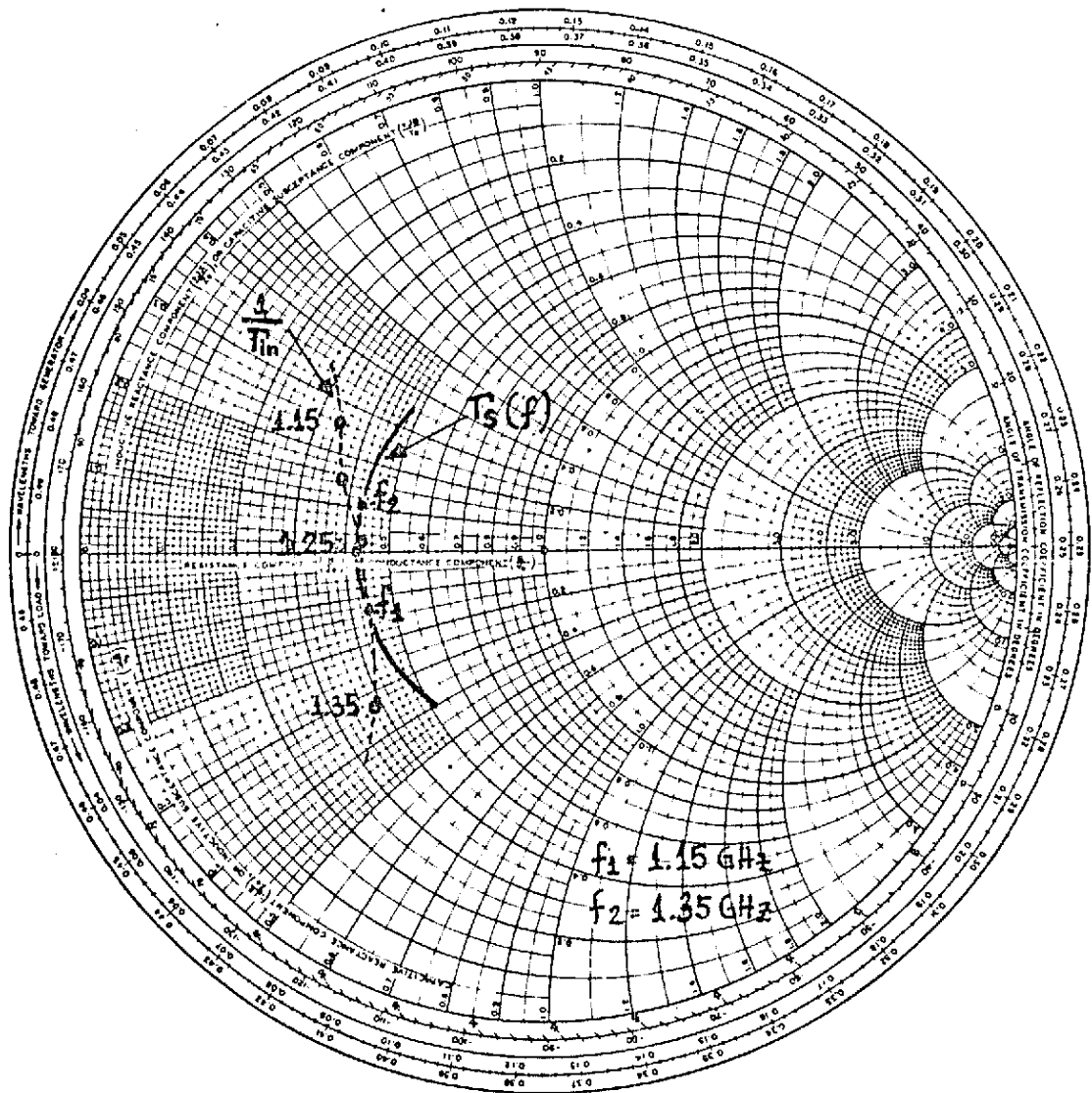


Fig. 3 - Curvas de $\Gamma_s(f)$ e $\Gamma_{in}(f)$.

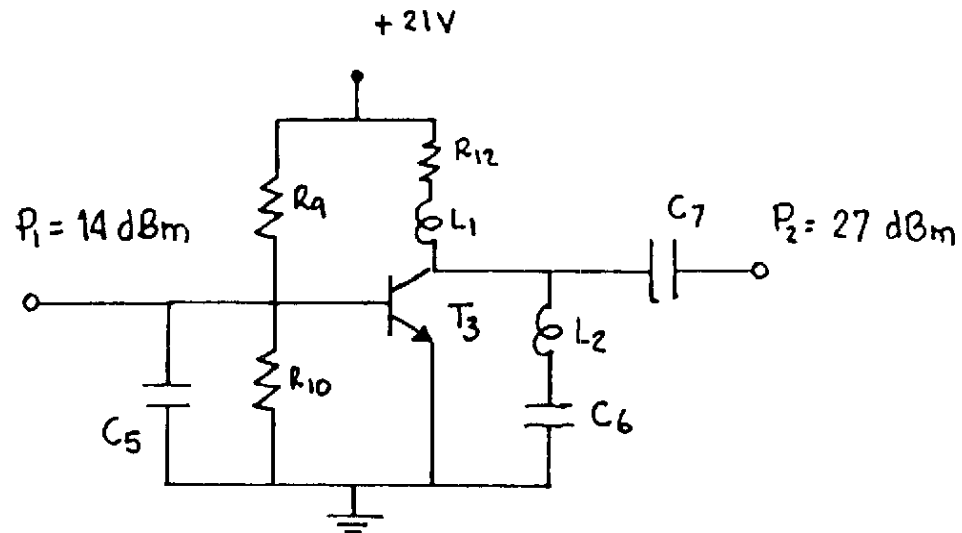


Fig. 4 - Circuito do amplificador.

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Todas as partes do circuito do oscilador foram integradas em uma só placa dielétrica de fibra de vidro, de dimensões 65 mm x 25,4 mm x 1,59 mm, cujo "layout" está mostrado na Figura 5. Um esquema detalhado da montagem é mostrado na Figura 6, enquanto a lista dos componentes utilizados é apresentada na Tabela 2. Detalhes mecânicos da caixa do VCO estão mostrados na Figura 7.

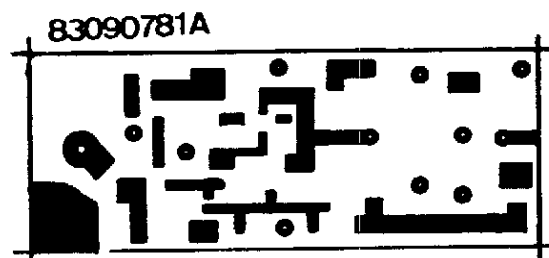


Fig. 5 - "Layout" do VCO.

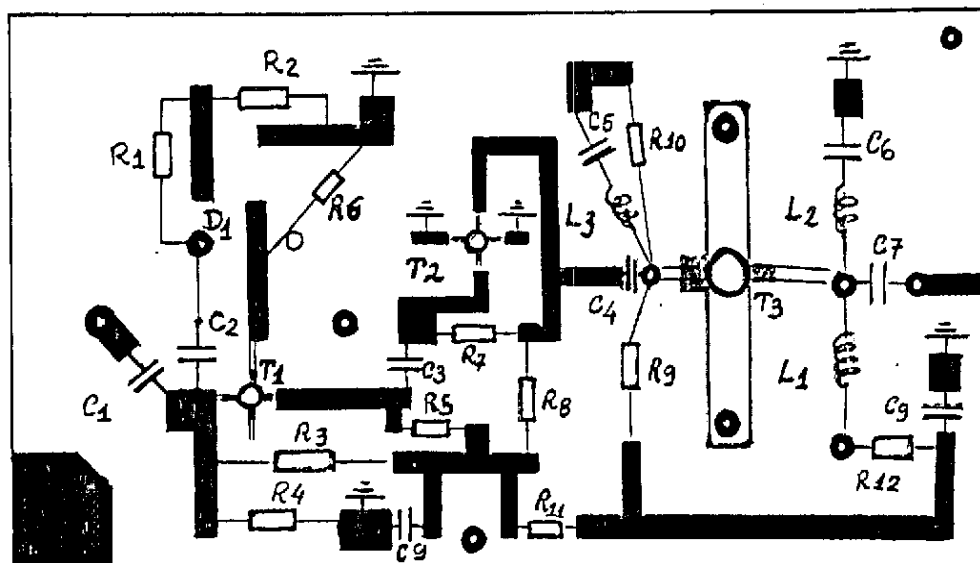


Fig. 6 - Esquema de montagem do VCO.

TABELA 2

LISTA DE COMPONENTES DO VCO

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	FABRICANTE
T ₁ , T ₂	Transistor NE02135	NEC
T ₃	Transistor HXTR5102	Hewlett Packard
D ₁	Diodo GC51112	GHz Devices
C ₁ , C ₉	Capacitor 20 pF	ATC
C ₃ , C ₄ , C ₅	Capacitor 5,6 pF	ATC
C ₆	Capacitor 13 pF	ATC
C ₇	Capacitor 7,5 pF	ATC
C ₂ , C ₈	Capacitor 2,0 pF	ATC
R ₁	Resistor 1K Ω /0,125W	Constanta
R ₂	Resistor 3K Ω /0,125W	Constanta
R ₃ , R ₄ , R ₇	Resistor 10K Ω /0,125W	Constanta
R ₅	Resistor 120 Ω /0,125W	Constanta
R ₆	Resistor 360 Ω /0,125W	Constanta
R ₈	Resistor 270 Ω /0,125W	Constanta

(continua)

Tabela 2 - Conclusão

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	FABRICANTE
R ₉	Resistor 8K2Ω/0,125W	Constanta
R ₁₀	Resistor 1K2Ω/0,125W	Constanta
R ₁₁	Resistor 270Ω/0,5W	Constanta
R ₁₂	Resistor 56Ω/0,125W	Constanta
L ₁	Bobina 7 espiras $\phi = 3\text{mm}$	
L ₂ , L ₃	Bobina 1 espira $\phi = 3\text{mm}$	

O oscilador construído apresenta a curva de sintonia mostrada na Figura 8. A variação da potência de saída em toda a faixa é menor do que $\pm 0,8$ dB. De maneira a atender a especificação de baixo VSWR ($<3:1$), foi utilizado um atenuador de 3 dB na saída do oscilador. O valor do atenuador corresponde à margem de potência obtida considerando-se as especificações da Tabela 1. O ruído de fase medido a 10 KHz de afastamento da portadora é de -90 dBc/Hz e a sensibilidade do oscilador à tensão de controle é de aproximadamente 50 kHz/V, atendendo portanto às especificações mostradas na Tabela 1.

Em vista dos resultados obtidos e da generalidade do método de projeto descrito, verifica-se que este é adequado para o projeto de osciladores de microondas controlados a tensão e estabilizados por cavidades ou outro tipo de ressoadores. Por exemplo, o mesmo procedimento pode ser utilizado em frequências elevadas (acima de 2 GHz) quando se torna conveniente a realização dos circuitos do oscilador com elementos distribuídos, utilizando a técnica de microfita em vez de elementos concentrados. Nestes casos, é possível substituir a cavidade por um ressoador dielétrico constituído por cerâmica de baixa perda e elevada constante dielétrica em frequências de microondas, obtendo-se uma realização vantajosa sob aspectos de integração dos circuitos e simplicidade da montagem (Marshall, 1982). Projetos de VCOs estabilizados por ressoadores dielétricos em frequências acima de 2 GHz serão objeto de relatórios futuros.

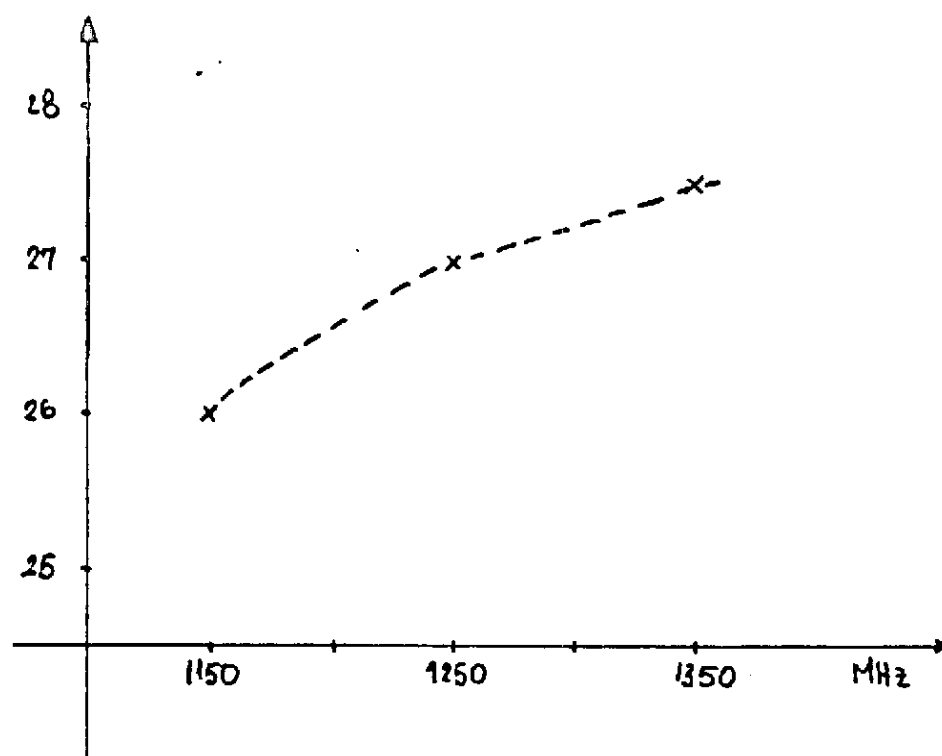


Fig. 8 - Curva de sintonia do VCO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MARSHALL, P.M. *Estabilização de osciladores de microondas utilizando ressoadores dielétricos cilíndricos*. São José dos Campos, INPE, maio 1982. (INPE-2403-TDL/090).
- SUCHER, M.; FOX, J. *Handbook of microwave measurements*. New York, John Wiley, 1963. V. 2.