

Radiodifusão de TV

PTC3547 – Codificação e
Transmissão Multimídia

Guido Stolfi – EPUSP
06/2022

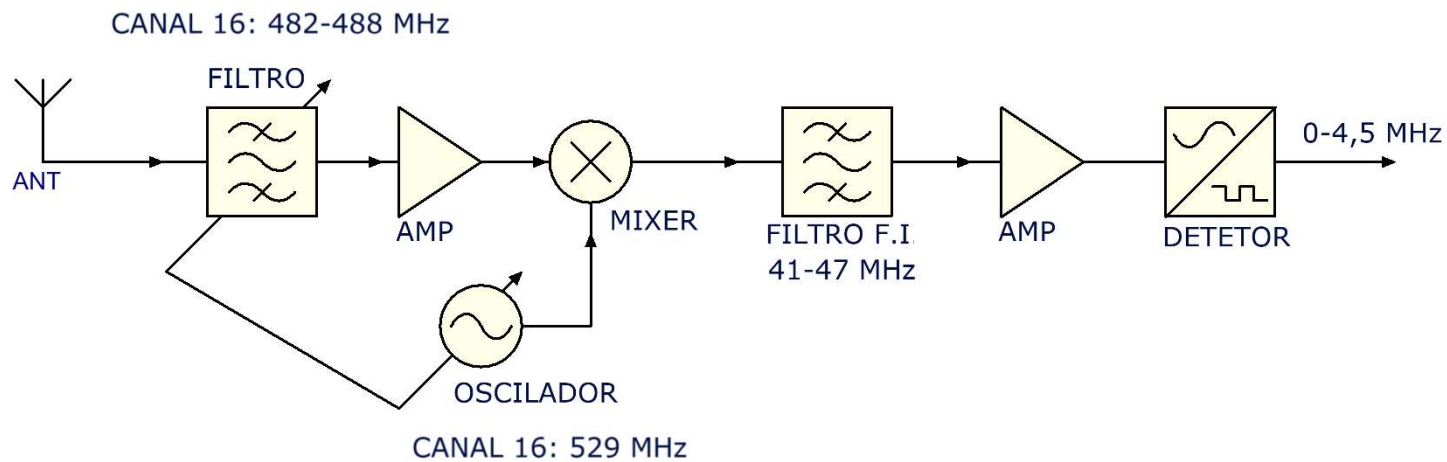
Ref.: NAB Engineering Handbook



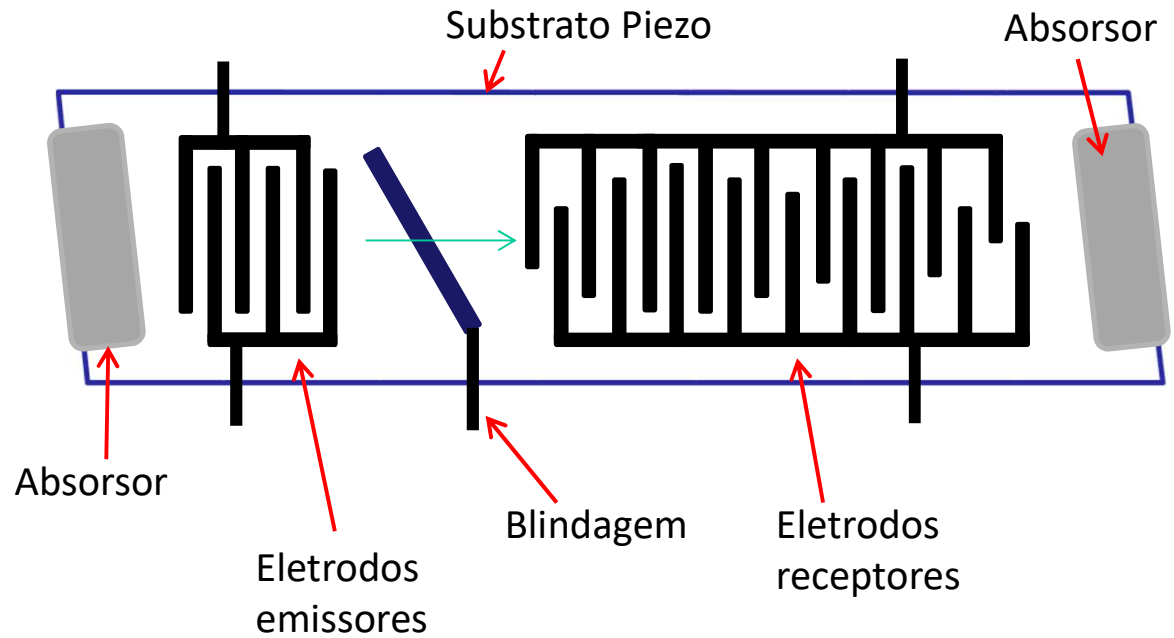
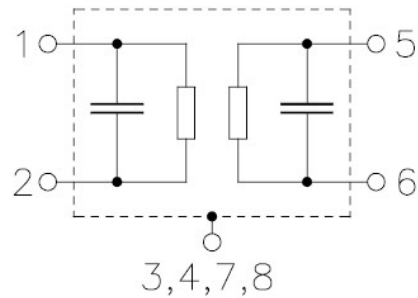
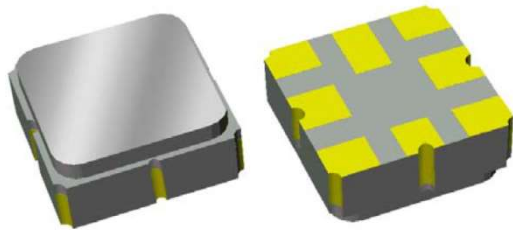
- Características Relevantes dos Receptores
- Interferências entre Canais
- Transmissores de TV
- Filtros e Combinadores
- Antenas Transmissoras

Características dos Receptores que Impactam na Transmissão

Topologia do Receptor Super-Heterodino

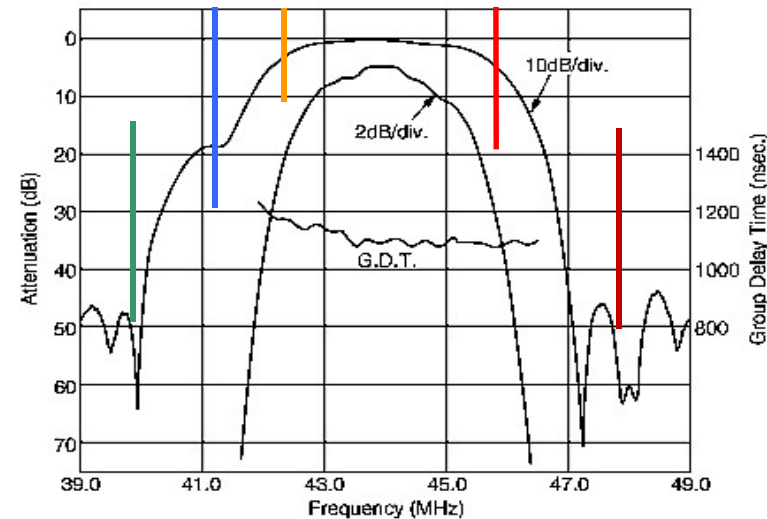


Filtro para F.I. de TV – Tecnologia SAW



SAW = Surface Acoustic Wave

Filtro para F.I. de TV Analógica – Tecnologia SAW



Sinal	Frequência (MHz)	Atenuação (dB)
■ Portadora de Vídeo	45,75	6
■ Portadora de Áudio	41,25	18
■ Portadora de Croma	42,17	3
■ “Trap” de Video Adjacente	39,75	> 45
■ “Trap” de Áudio Adjacente	47,25	> 45
Fora da Banda	> 47, < 40	> 35

Sintonia no Canal 16:

Freq. da Portadora de Vídeo: **483.25 MHz**

Oscilador Local: $483.25 + 45.75 =$ **529 MHz**

Portadora de Áudio do Canal 23: **529.75 MHz**

Portadora de Vídeo do Canal 24: **531.25**

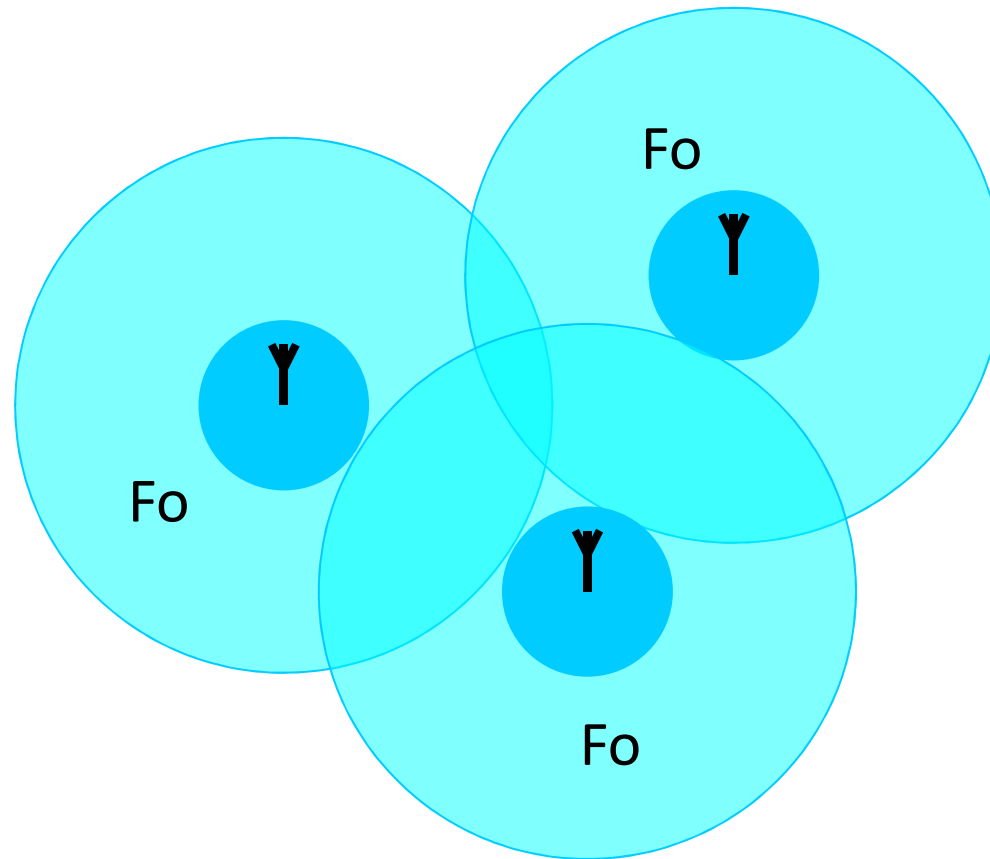
Freq. Imagem: $529 + [41.25 \text{ a } 45.75] =$ **[570.25 a 574.75] MHz**

Portadora de Vídeo do Canal 31: **573.25 MHz**

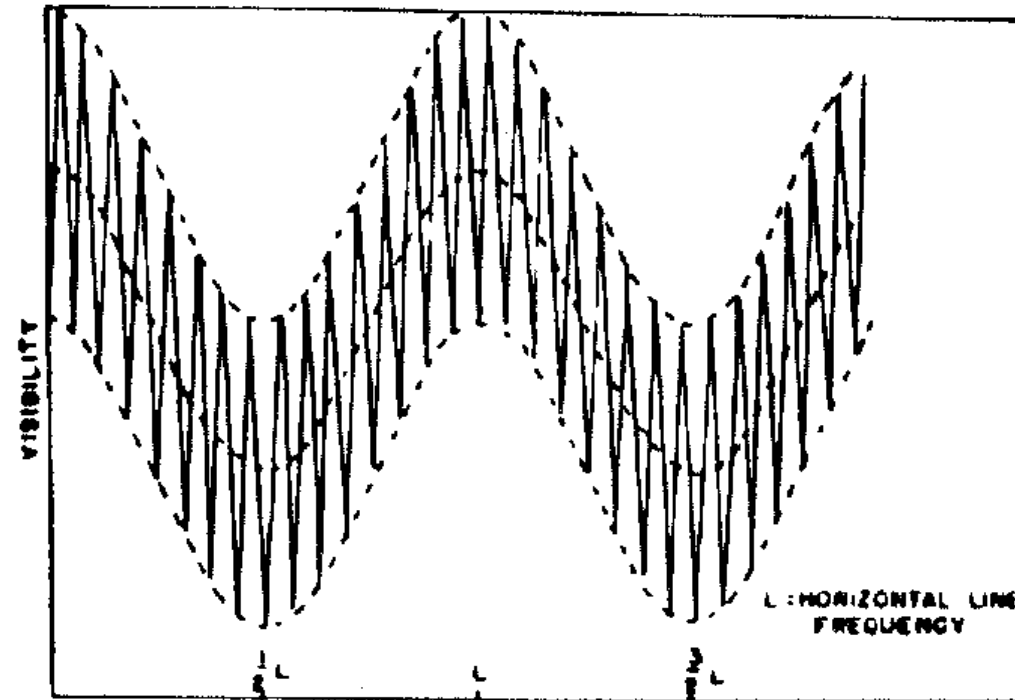
Portadora de Áudio do Canal 30: **571.75 MHz**

Interferências na Transmissão Analógica de TV

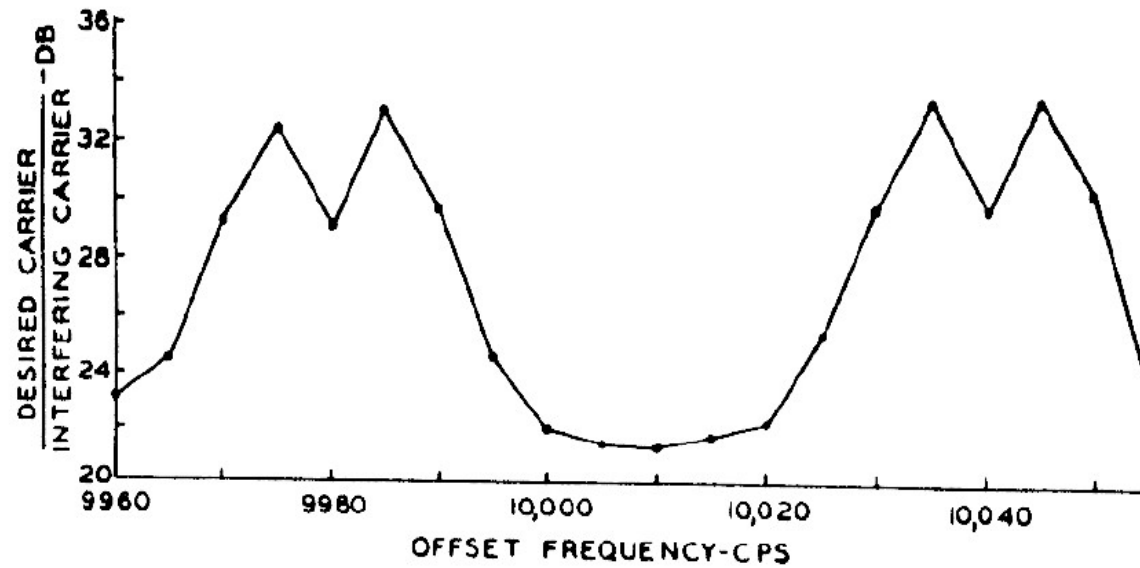
Tipo de Interferência	Canais Interferentes / Interferidos	Separação em Frequência (MHz)	Distância Mínima entre Emissoras (km)
Co-canal	N	0	250 a 300
Canal Adjacente (VHF)	$N \pm 1$	6	100
Canal Adjacente (UHF)	$N \pm 1$	6	90
Freq. Imagem (Vídeo)	$N \pm 15$	90	120
Freq. Imagem (Áudio)	$N \pm 14$	84	100
Oscilador Local (UHF)	$N \pm 7$	42	100
Batimento com F.I. (UHF)	$N \pm 8$	48	30
Intermodulação (UHF)	$N \pm 2$ a $N \pm 5$	12 a 30	30



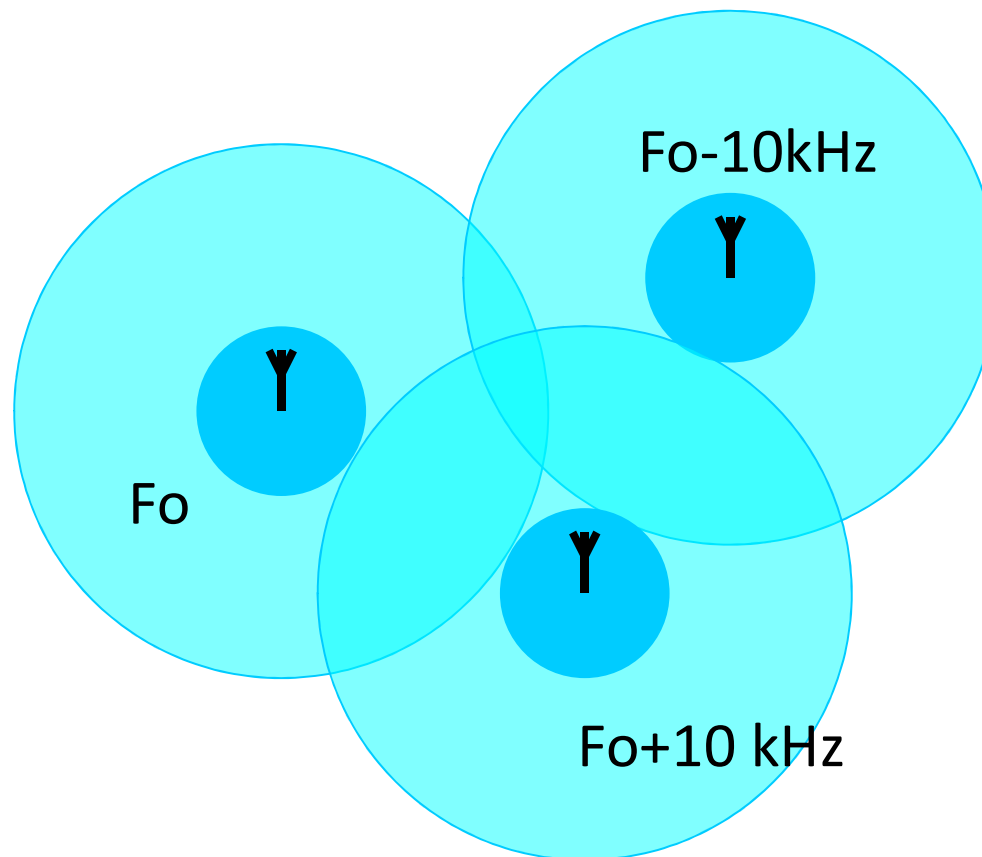
Visibilidade de Interferências Co-Canal



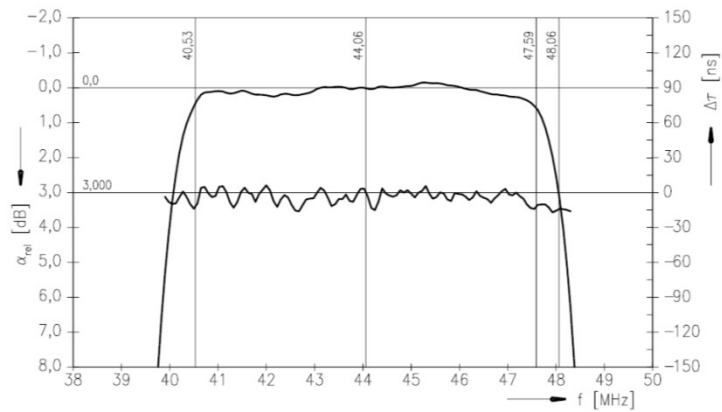
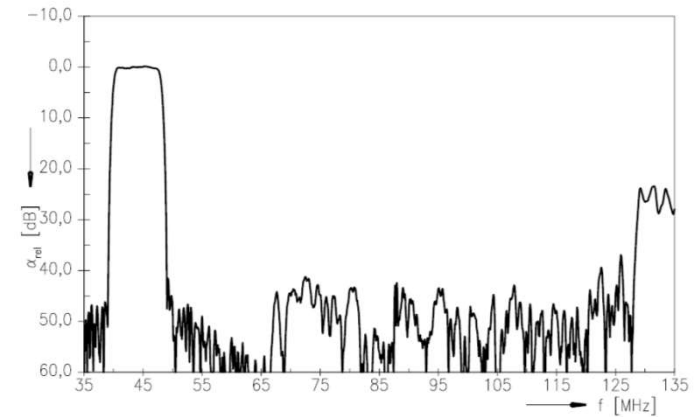
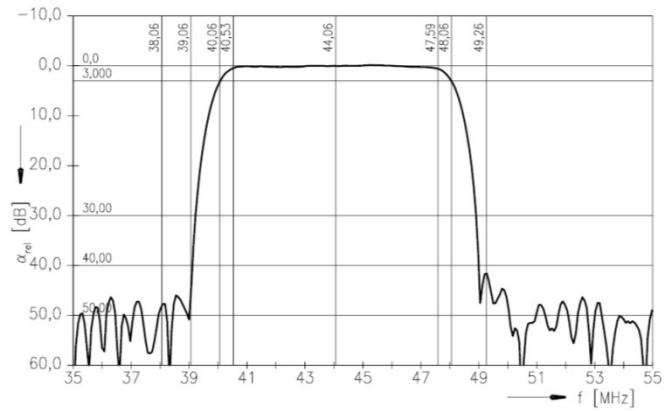
Visibilidade de Interferências Co-Canal



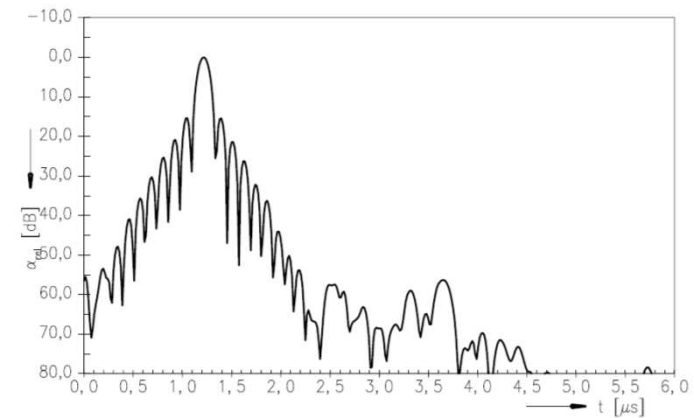
“Off-set” de Frequência para Minimizar Interferências Co-Canal



Filtro F.I. para TV Digital

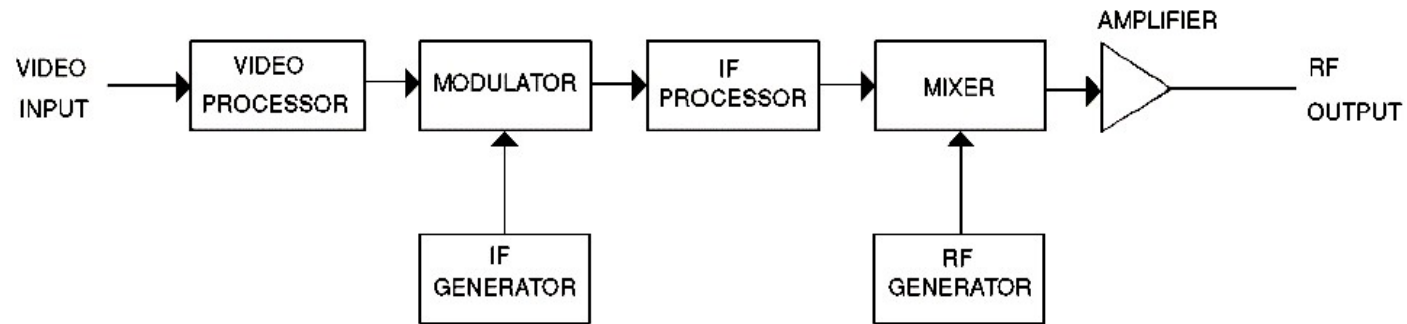


Time domain response



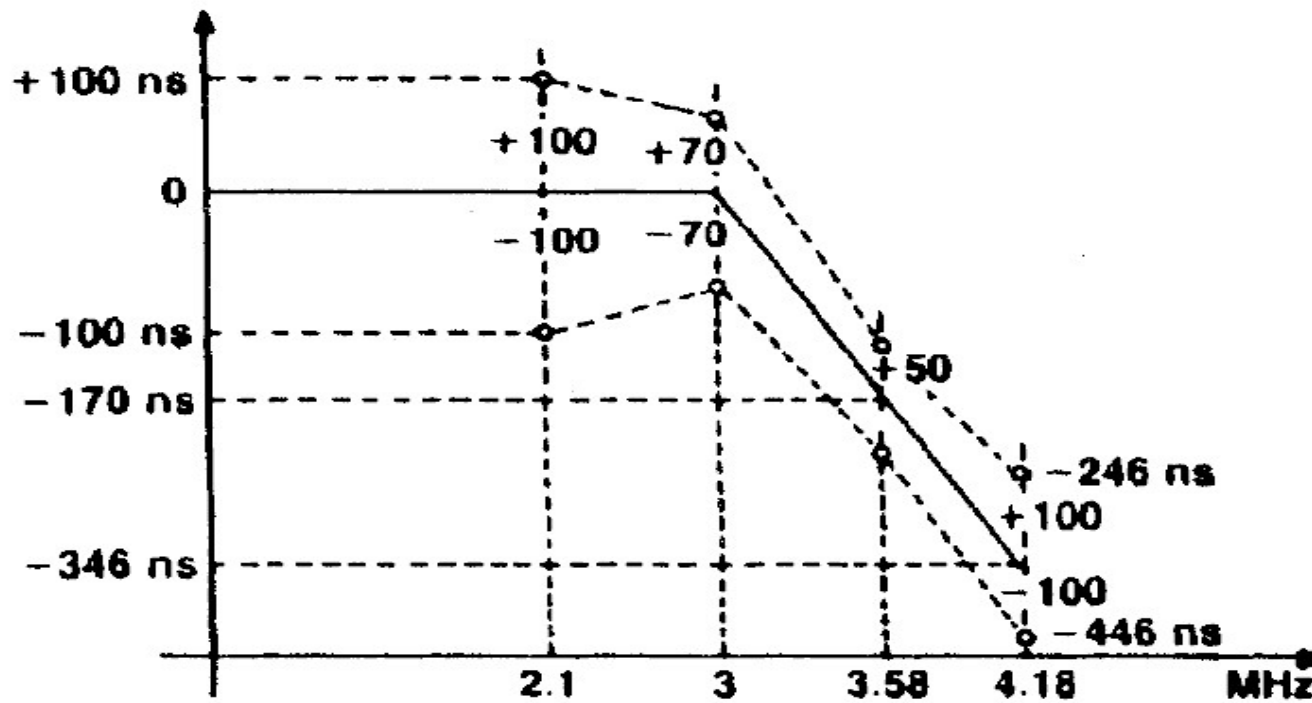
Transmissores de TV

Diagrama de Blocos de um Transmissor de TV



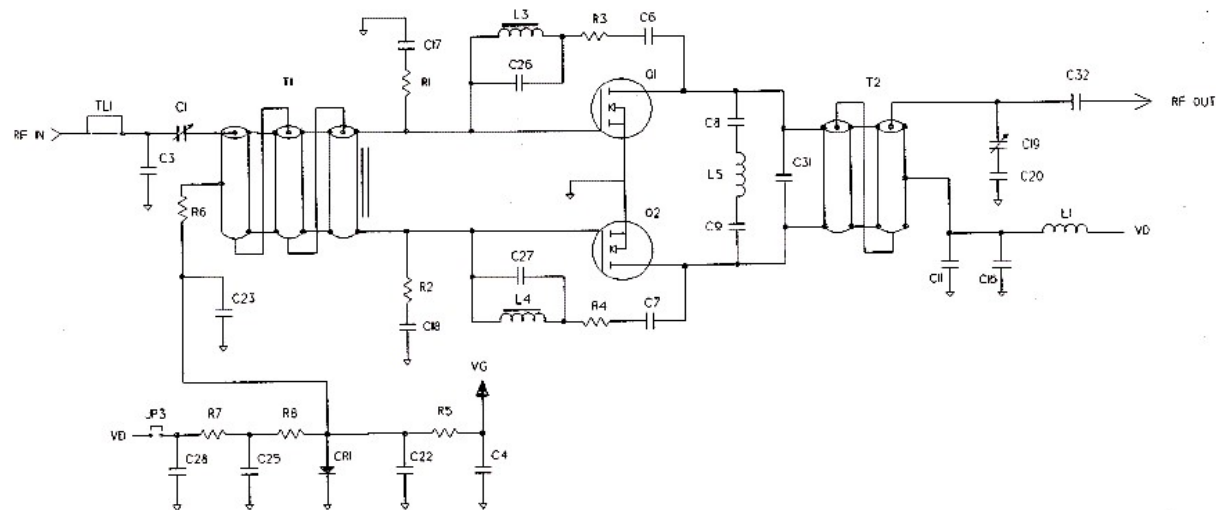
- Ajustar amplitude do sincronismo
- Grampeamento de nível CC
- Limitador para evitar sobremodulação
- Correção de resposta em frequência

Compensador de Atraso de Grupo



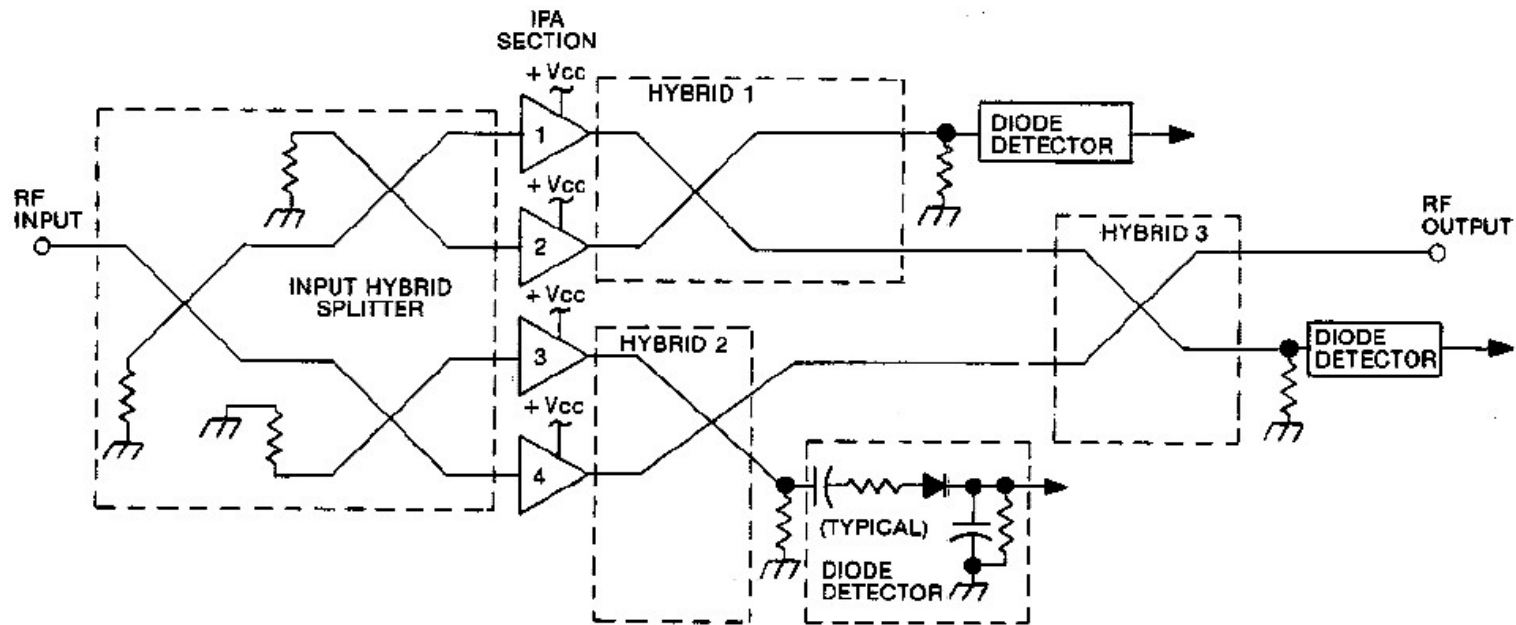
- Estado Sólido: VHF; UHF baixo
 - Combinações de módulos (~1 kW cada)
 - 100 a 200 W por transistor
- Válvula: VHF, UHF até 1 MW
 - Tetrodo (VHF)
 - Klystron, IOT (UHF)
 - 1 ou 2 válvulas (Push-pull)

Módulo Amplificador de RF

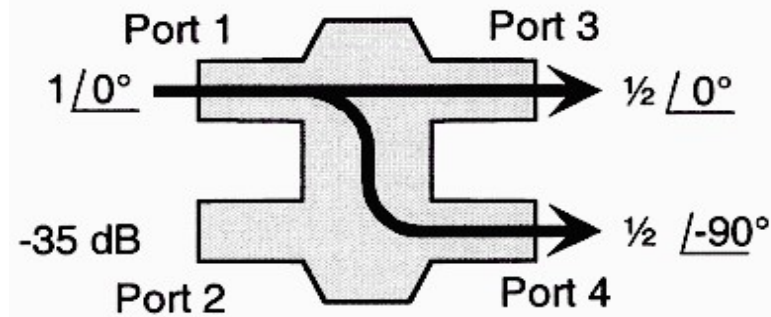


Amplificador MOSFET 400W Push-Pull

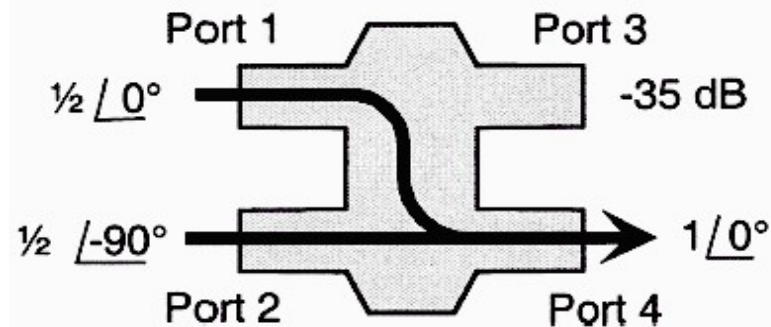
Conjunto Paralelo (Combinador c/ Híbrida 90°)



Híbrida de 3 dB, 90°

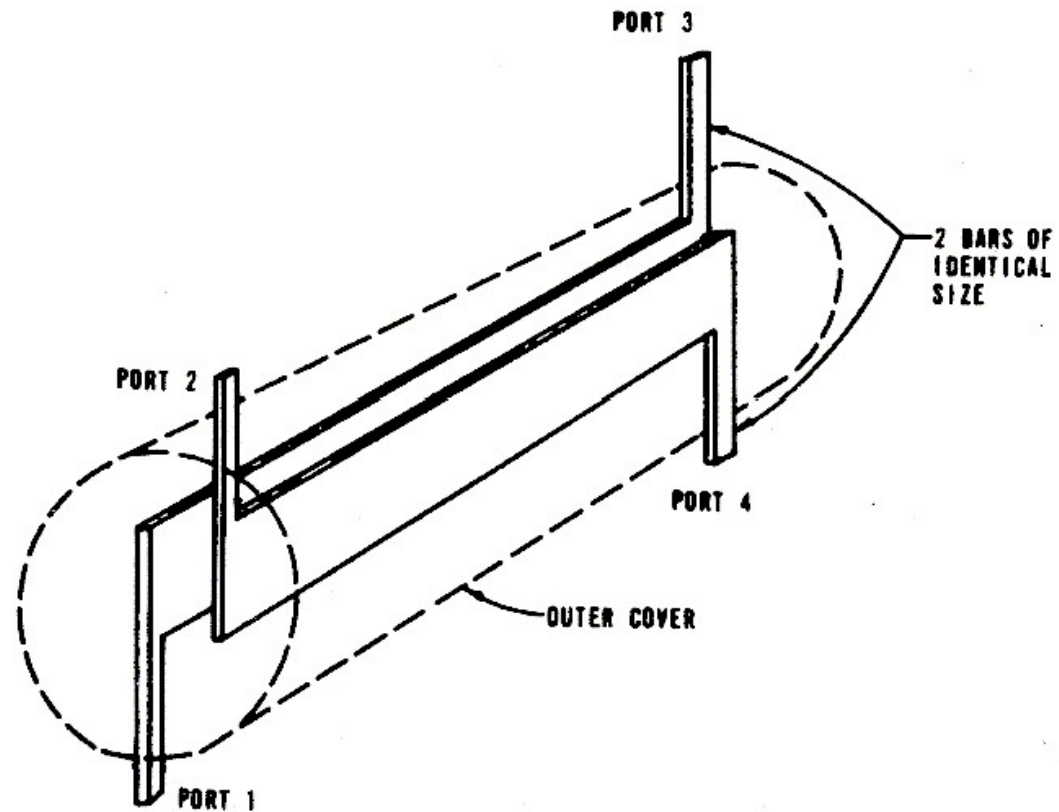


Divisor

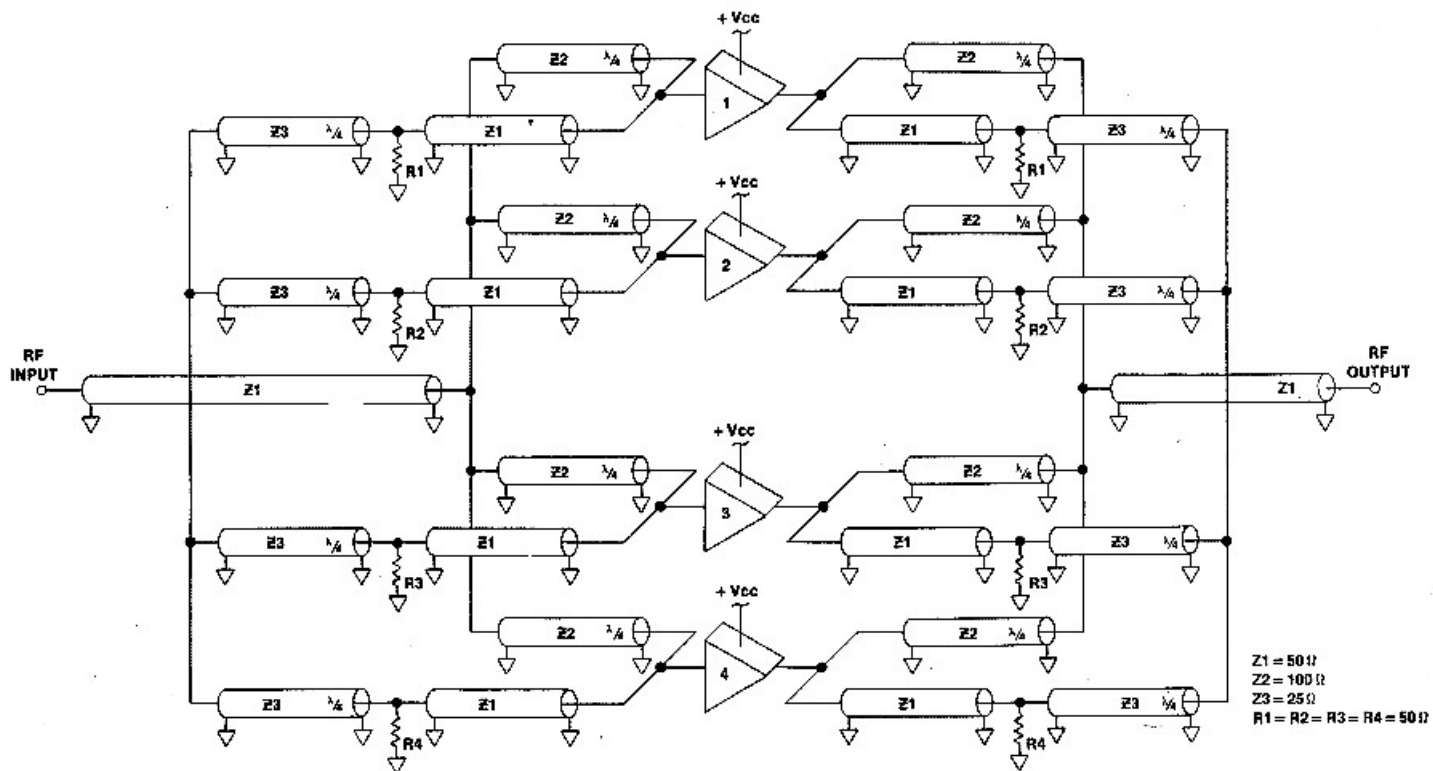


Combinador

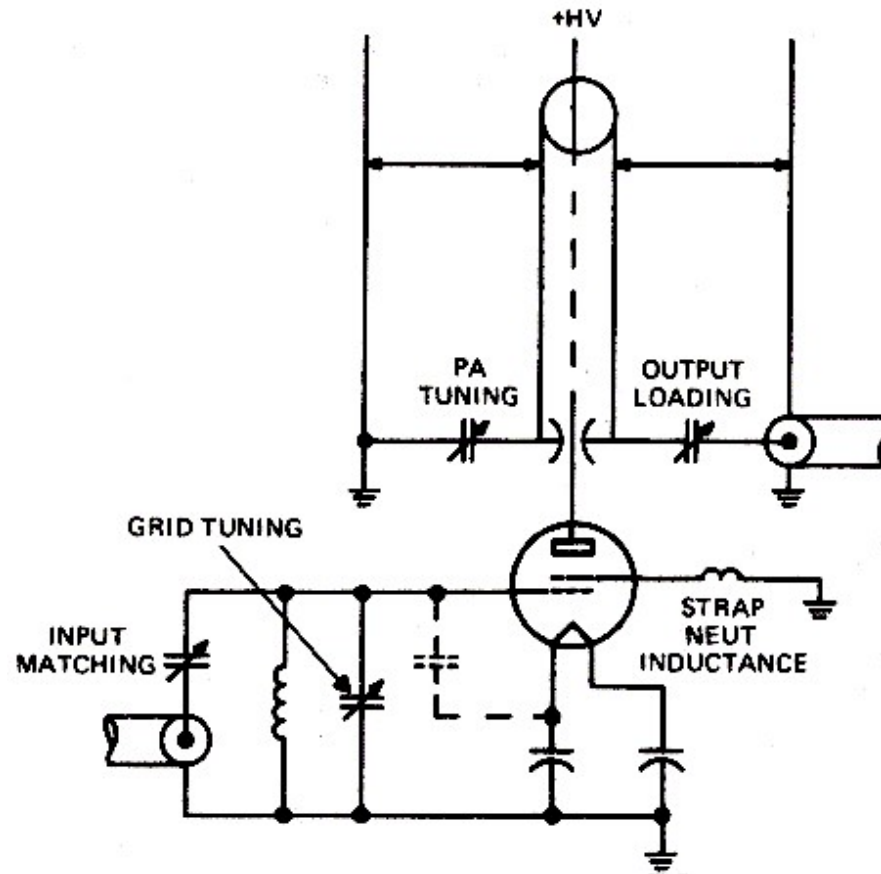
Híbrida de 3 dB, 90°



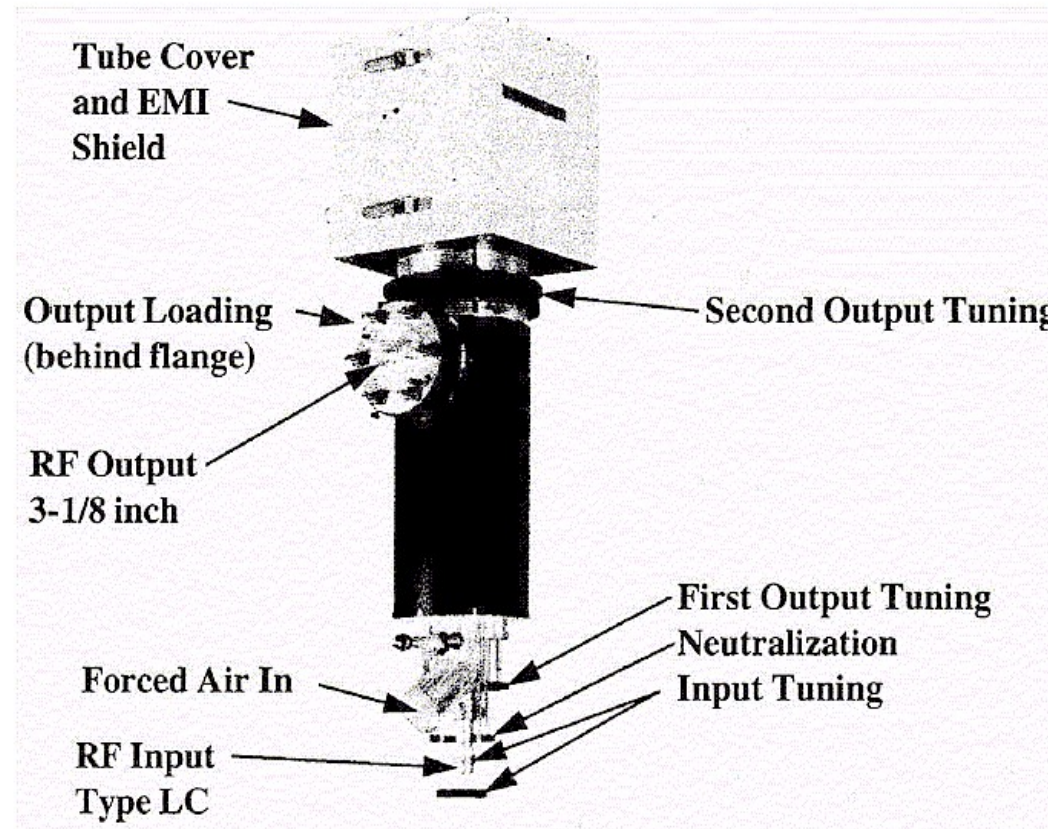
Combinador Wilkinson / Gysel (0°)



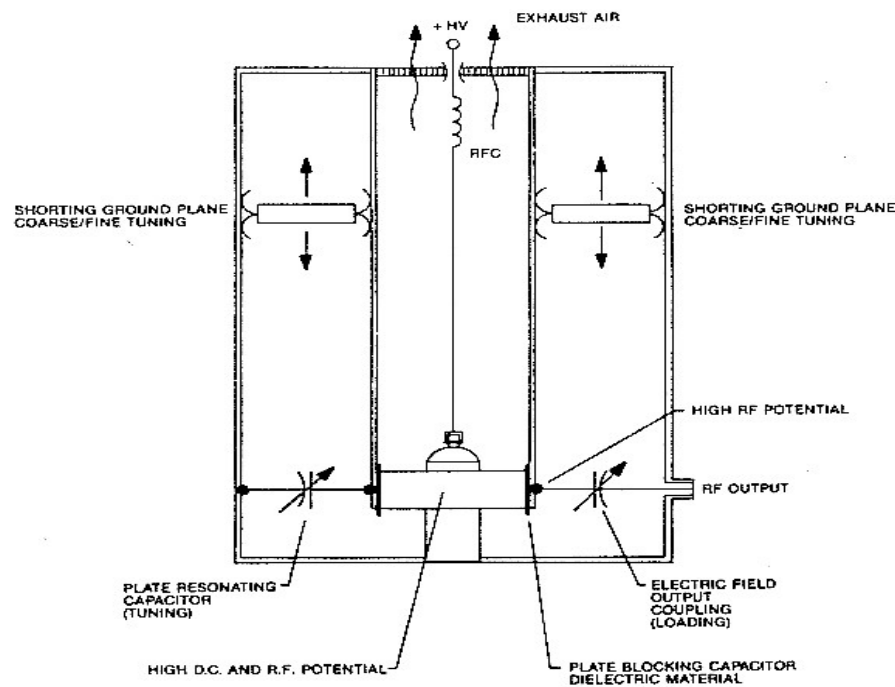
Amplificador a Válvula (Tetrodo)



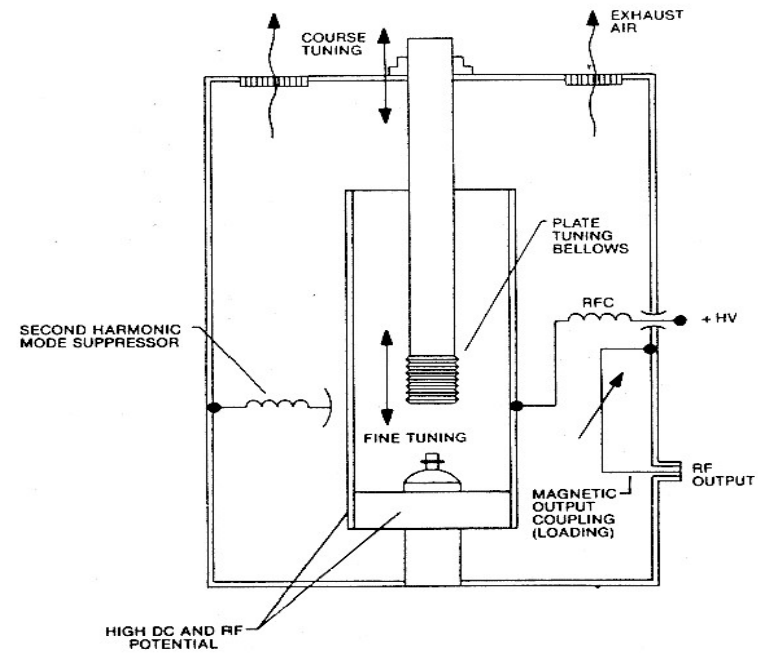
Cavidade para Tetrodo



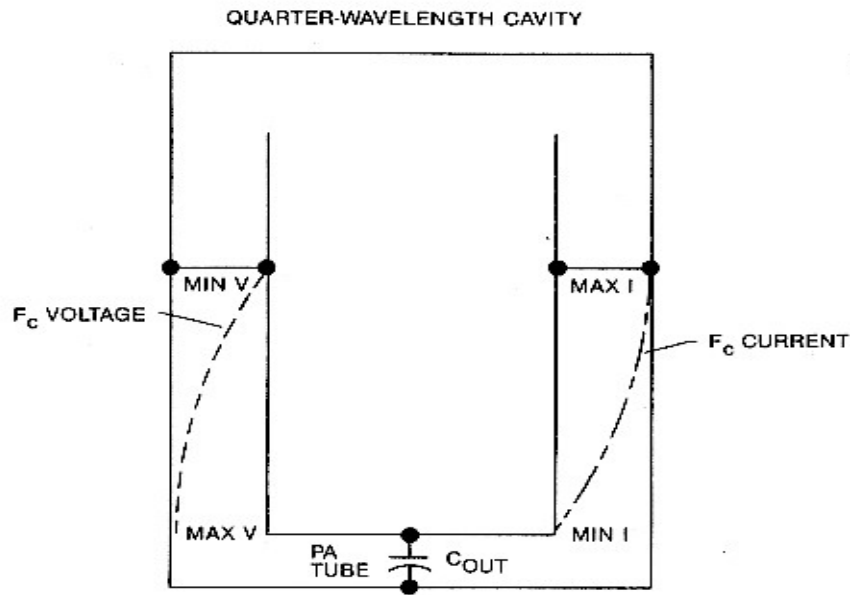
Cavidades Ressonantes para Válvulas



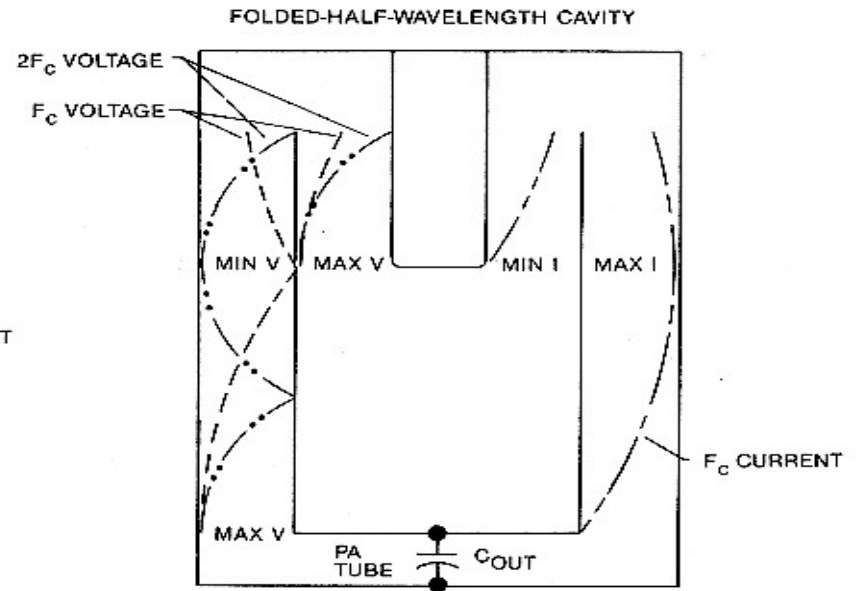
Cavidade $\frac{1}{4}$ de Onda



Cavidade $\frac{1}{2}$ Onda Dobrada



Cavidade $\frac{1}{4}$ de Onda



Cavidade $\frac{1}{2}$ Onda Dobrada



Tetrodo 1 kW, refr. a ar

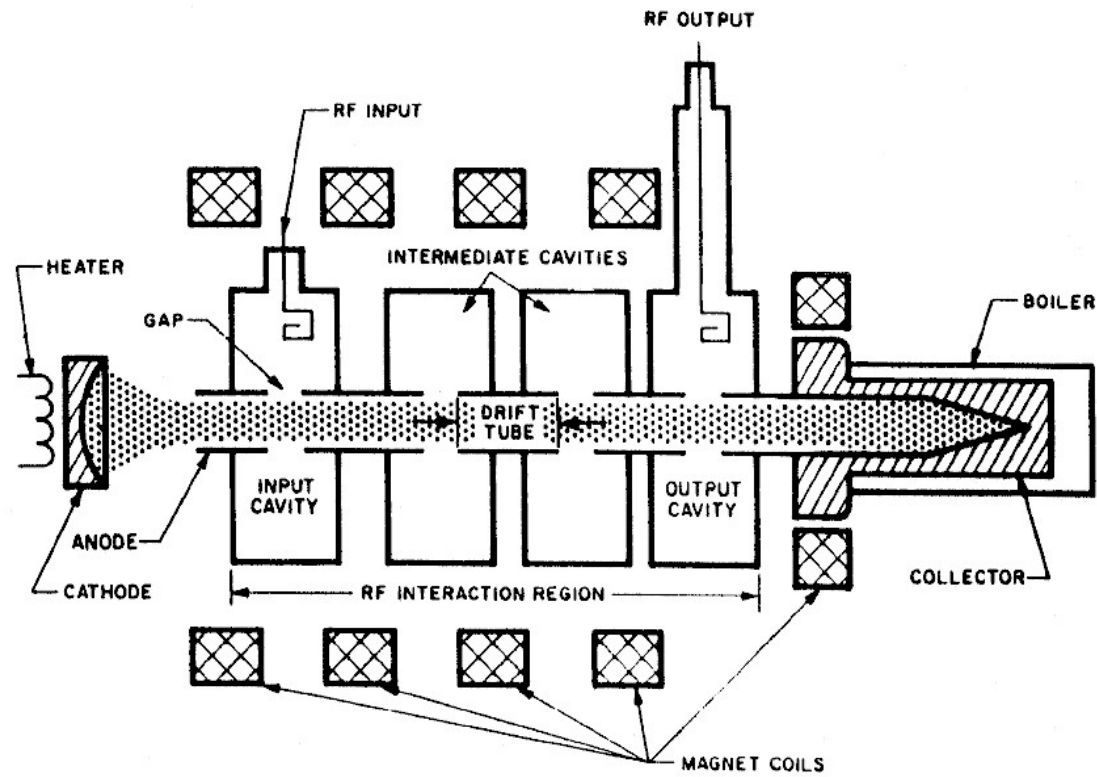


Tetrodo 3.5 kW, refr. a ar

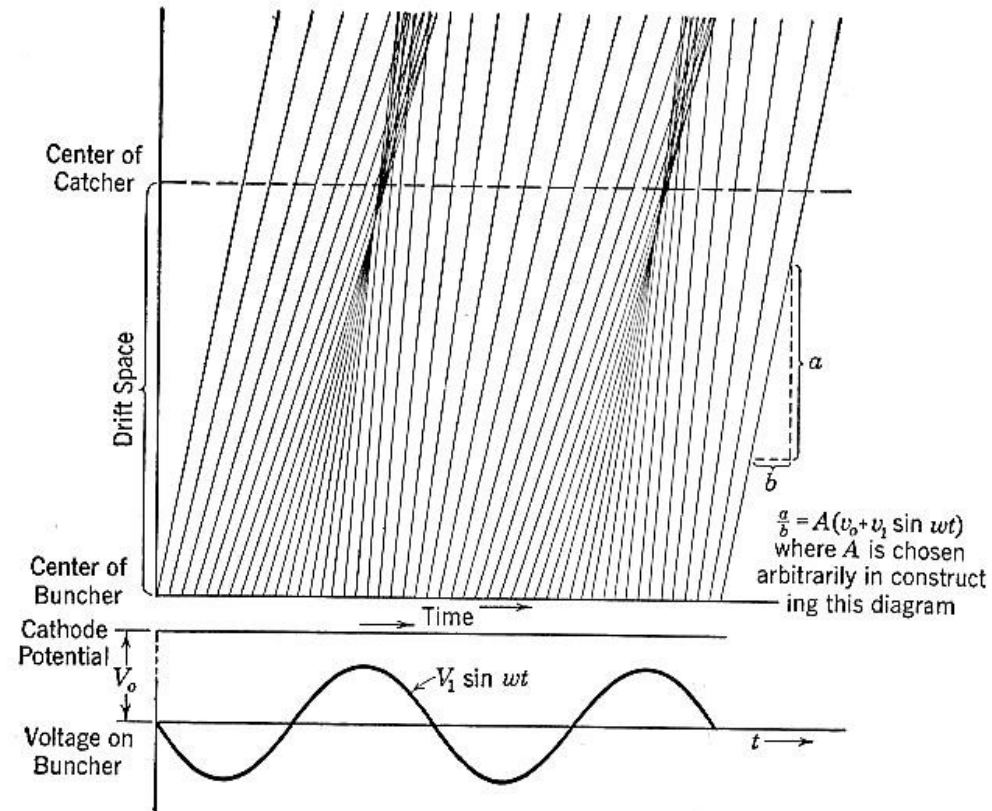


Triodo 50 kW, refr. a água

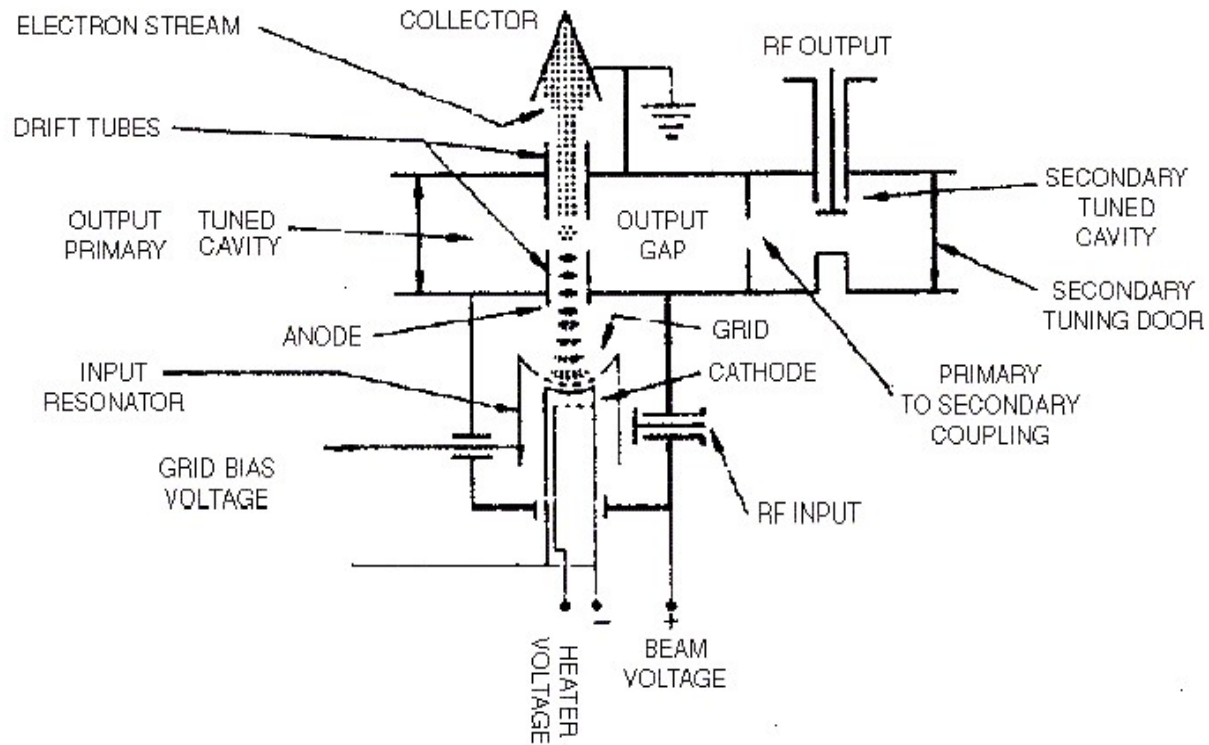
Klystron



Modulação de Velocidade dos Elétrons



Transmissor com IOT (Inductive Output Tube)



Válvula IOT (Klystrode)



~50 cm

80 kW PEP, 470-860 MHz

PEP= Peak Envelope Power

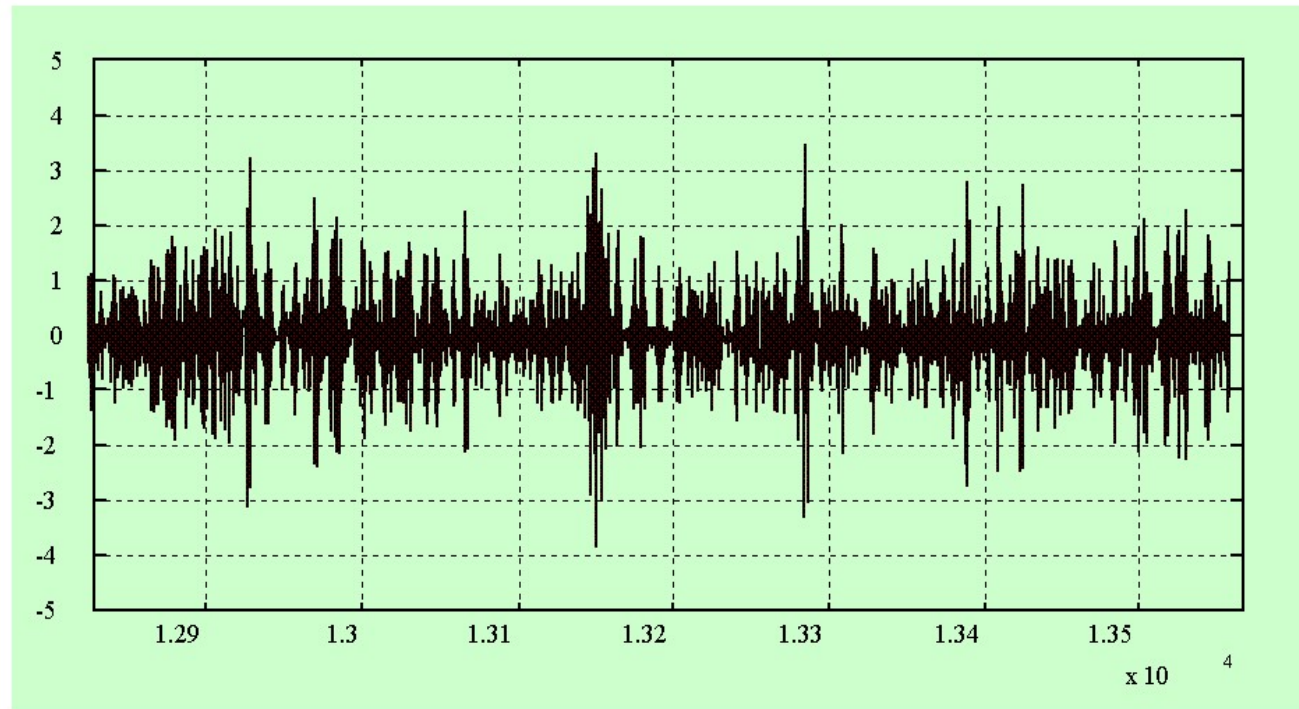
Transmissores Estado Sólido e Válvula (IOT)



7 kW Digital, VHF, Transistor



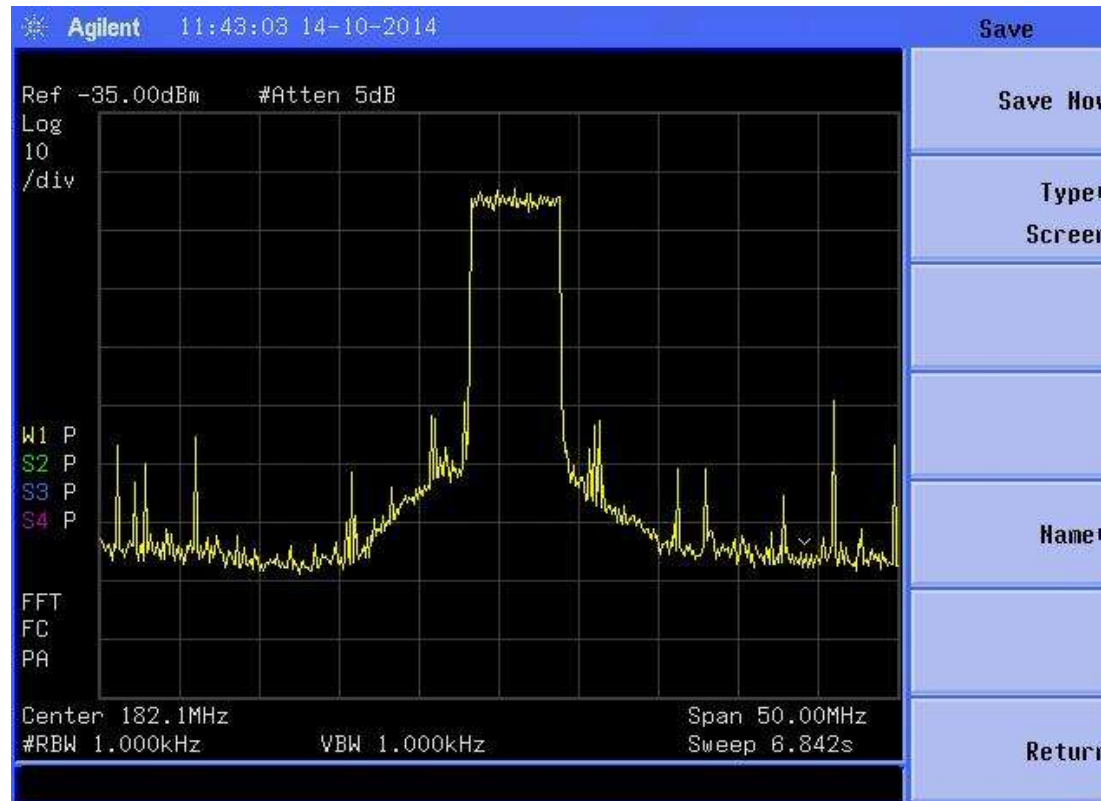
30 kW Digital, UHF, IOT



PAPR (fator de crista) > 10 dB \Rightarrow Eficiência menor que 25%

PAPR= Peak to Average Power Ratio

Espectro de Emissão com Distorções



Máscaras de Transmissão

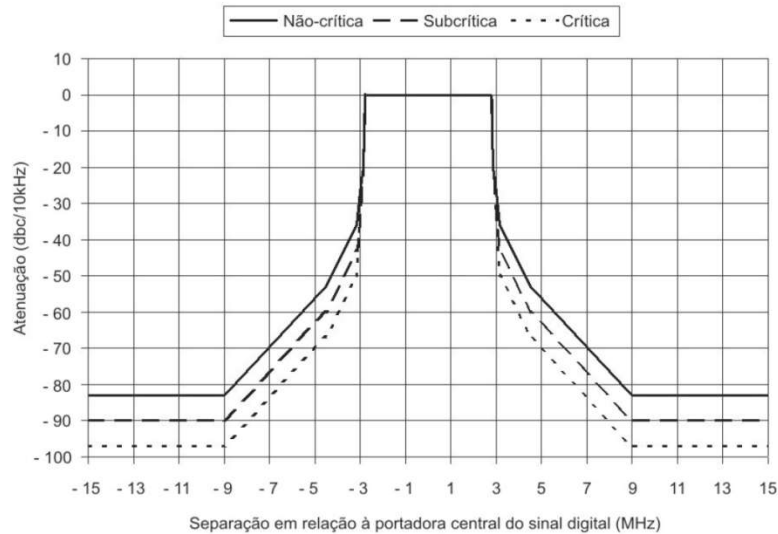


Tabela 43 — Potência máxima de cada classe

Classes	Máxima potência ERP (Hsnmt = 150 m) kW	
	VHF alto	UHF
Especial	16	80
A	1,6	8
B	0,16	0,8
C	0,016	0,08

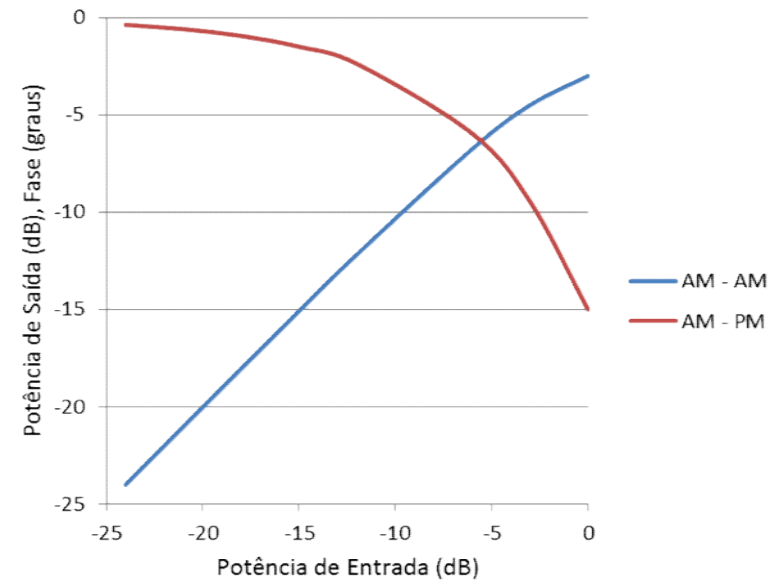
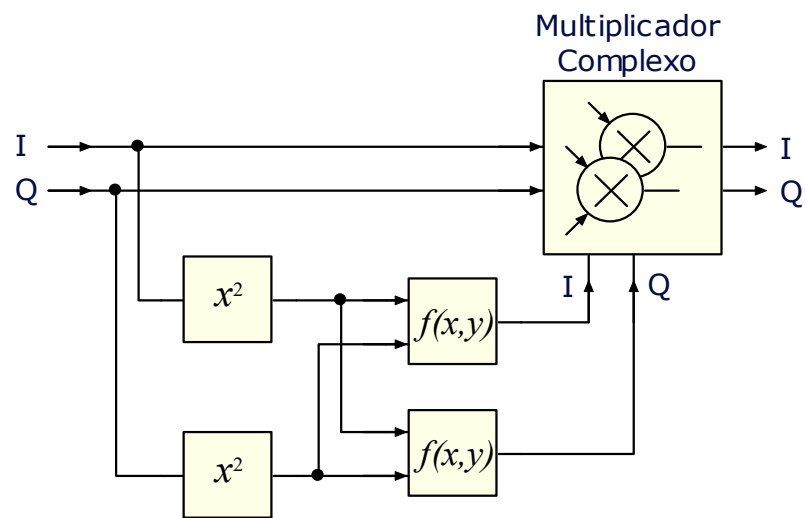
Tabela 44 — Critérios para aplicação das máscaras crítica, subcrítica e não-crítica

Classe da estação digital	A, B e C				Especial	
	< 400 m		> 400 m		Ausência de canal adjacente previsto ou instalado na mesma localidade	Existência de canal adjacente previsto ou instalado na mesma localidade
Distância em relação à estação de canal adjacente instalado na mesma localidade						
Tipo de modulação do canal adjacente previsto ou instalado na mesma localidade	Analogica	Digital	Analogica	Digital		
$P_{\text{digital}} < P_{\text{adjacente}} + 3 \text{ dB}$	Crítica	Subcrítica	Crítica		Não-Crítica	Crítica
$P_{\text{digital}} > P_{\text{adjacente}} + 3 \text{ dB}$		Crítica				

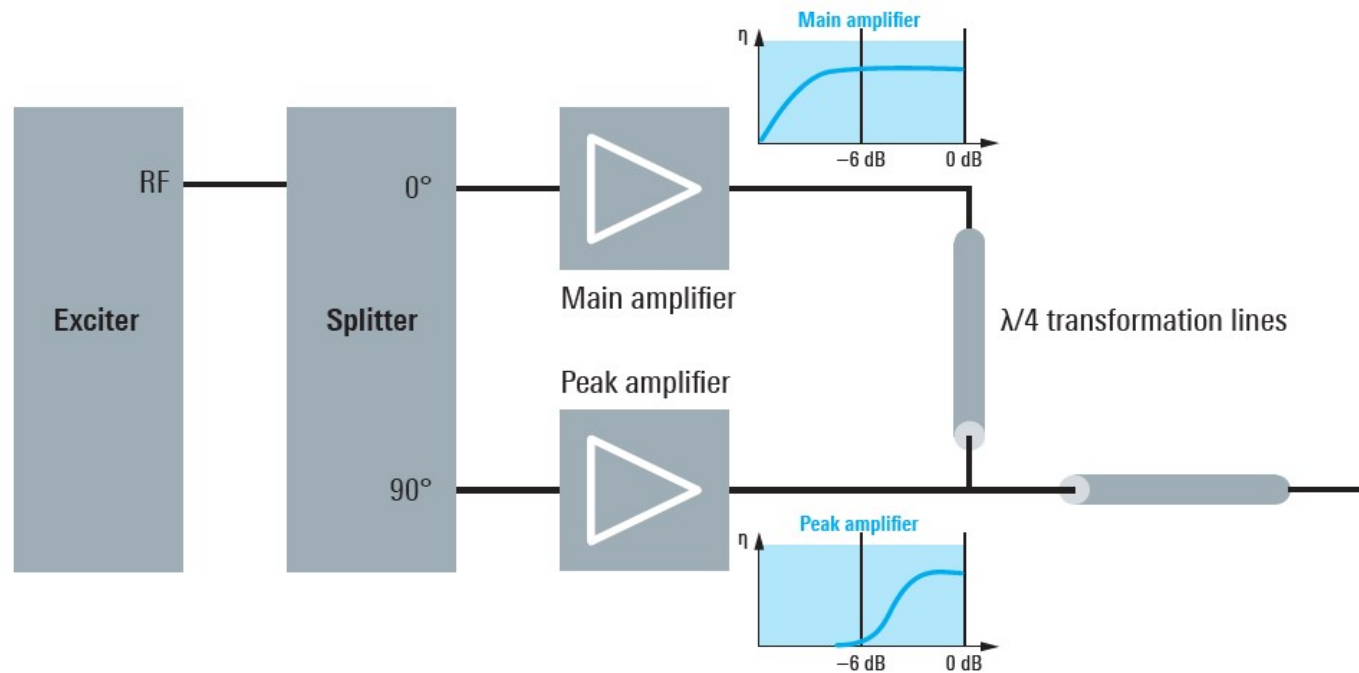
P_{digital} = Potência ERP da estação digital
 $P_{\text{adjacente}}$ = Potência ERP da estação em canal adjacente

ABNT NBR 15601-2007

Pré-Distorção



Eficiência de Energia: Amplificador Doherty



Amplificador Doherty



Transmissor linear classe AB:

Potência de Saída = 15 kW @ 25% → Potência de Entrada = 60 kW

→ Consumo = 43000 kWh/mês → Custo ≈ R\$ 20000 por mês

Transmissor Doherty:

Potência de Saída = 15 kW @ 42% → Potência de Entrada = 36 kW

→ Economia = 17000 kWh/mês → ≈ - R\$ 9000 por mês

Filtros e Combinadores

Filtros “Notch” para Rejeição de Harmônicas

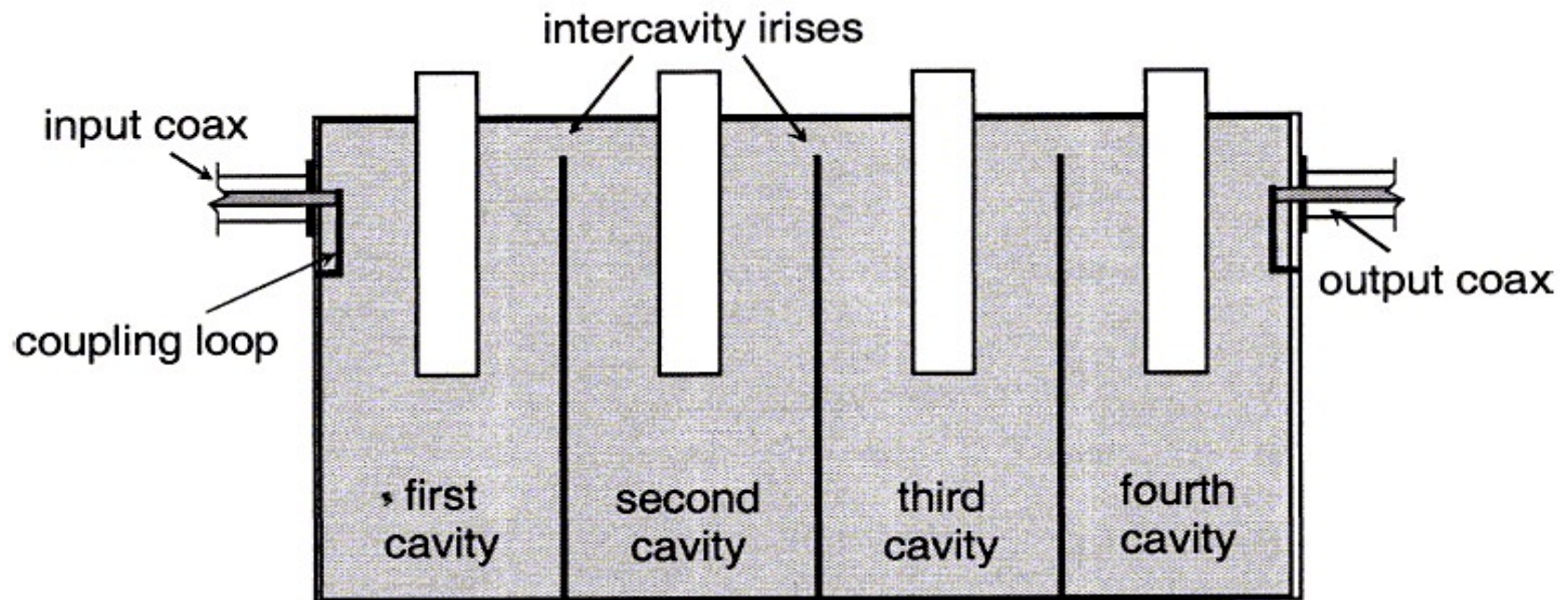


Filtro Passa-Bandas a Cavidades Acopladas

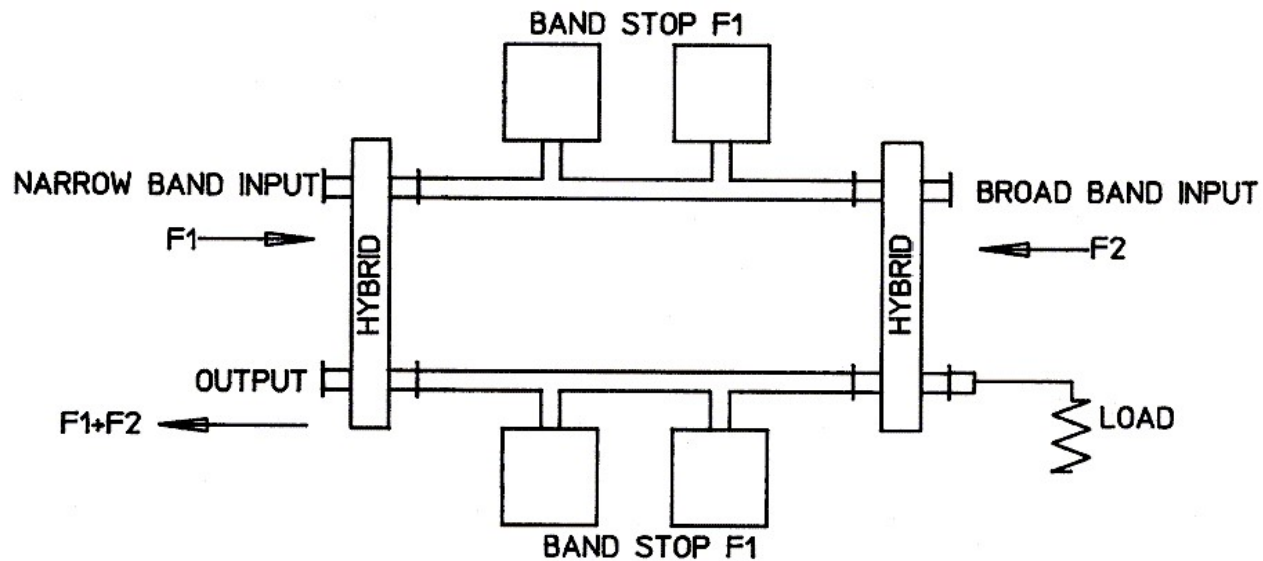
LCS
EPUSP



Filtro Passa-Bandas a Cavidades Acopladas



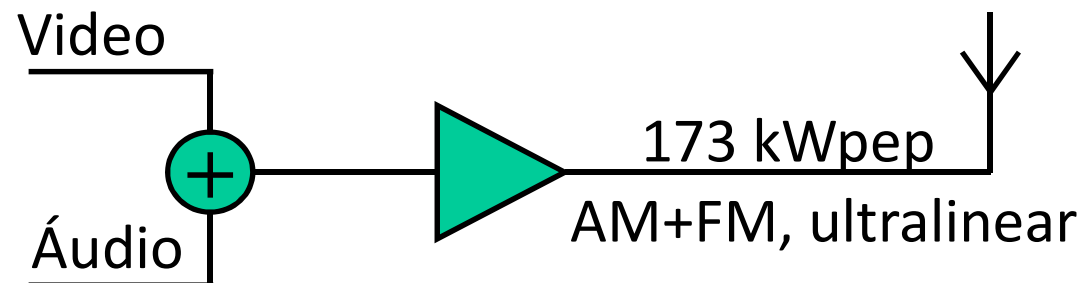
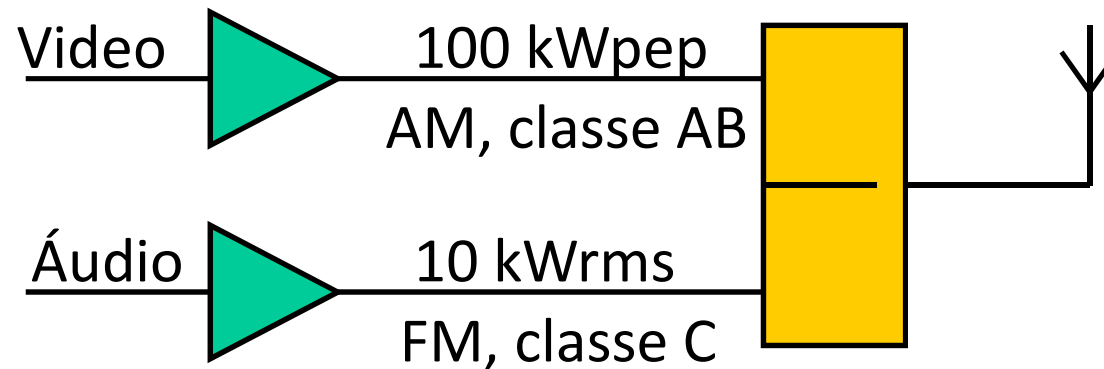
Diplexadores “Notch”: Aural + Visual



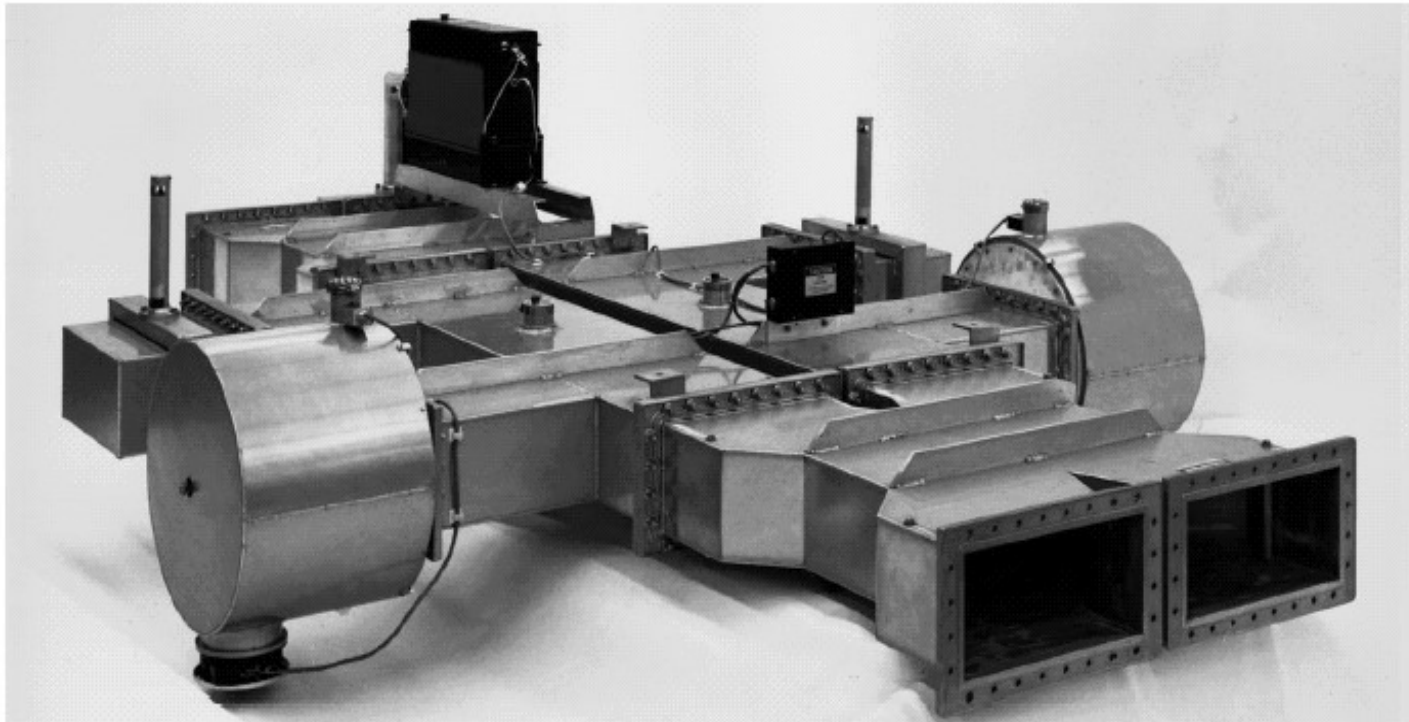
F_1 = Portadora de Áudio

F_2 = Portadora de Vídeo

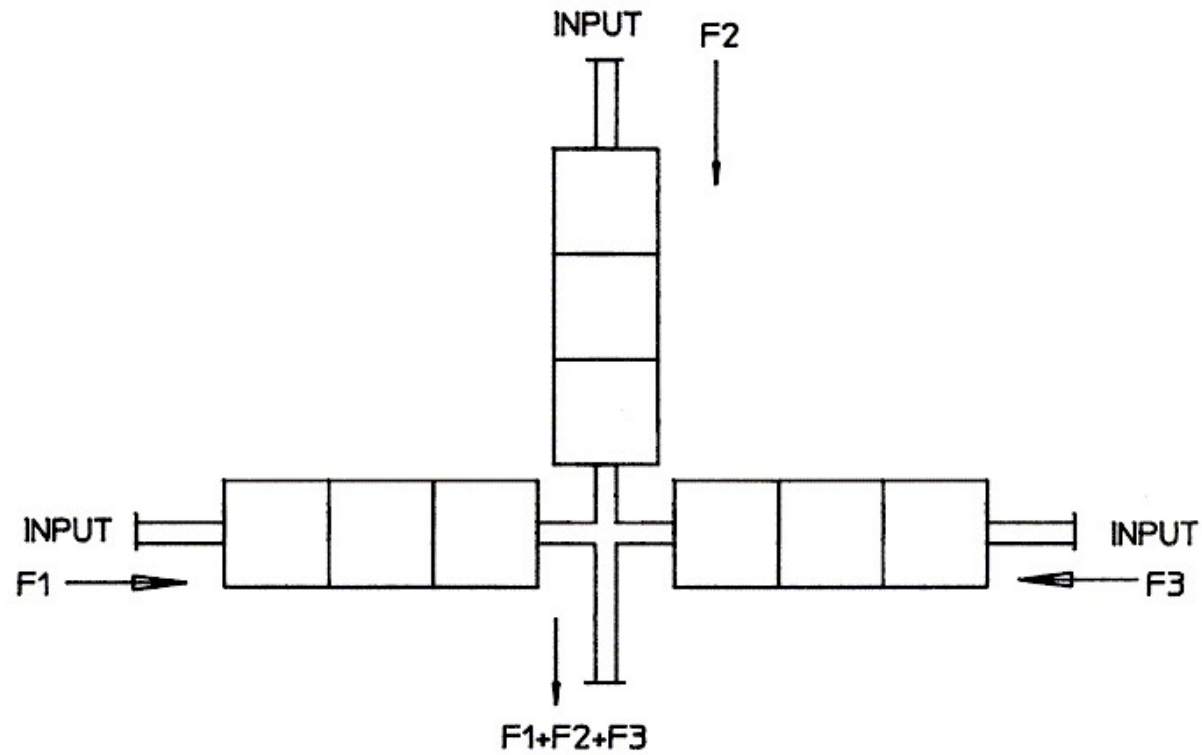
Porque 2 Transmissores Separados?



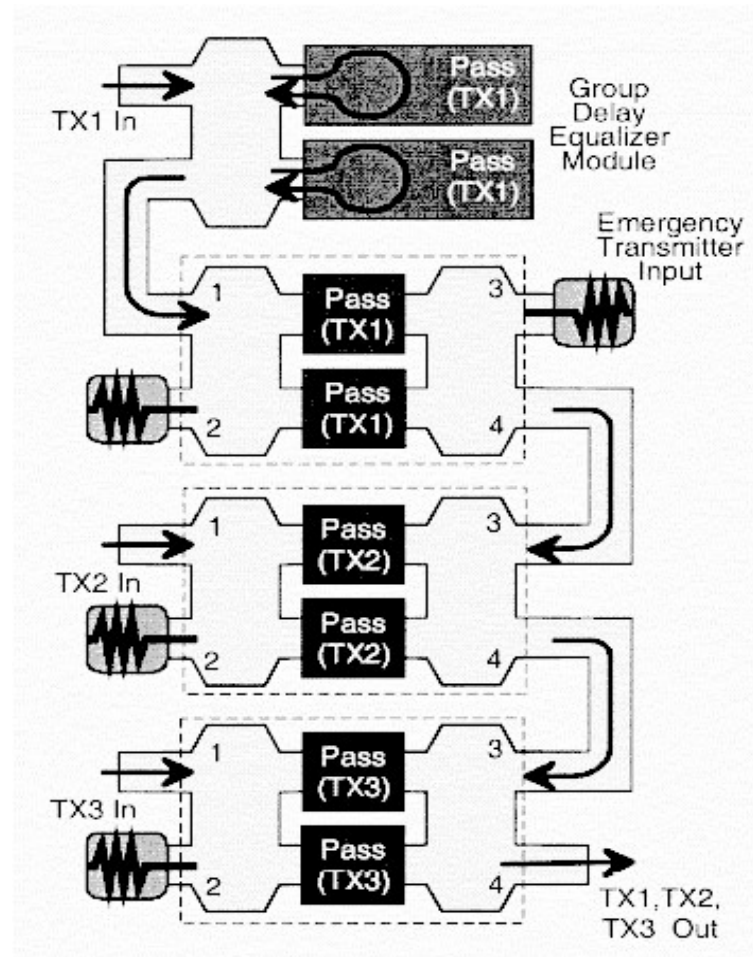
Diplexador por Guia de Onda



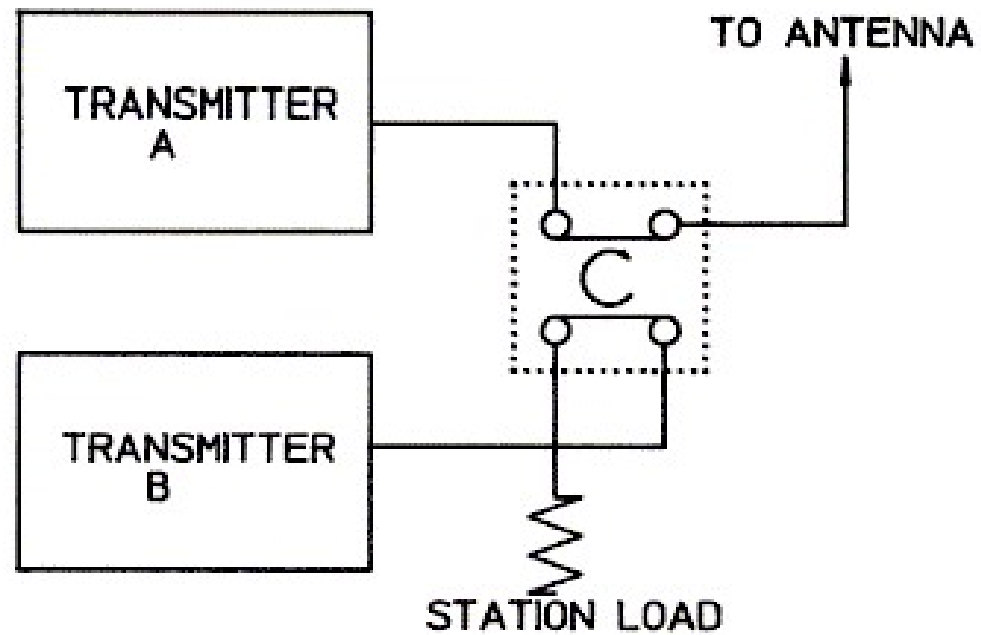
Combinadores para Frequências Diferentes



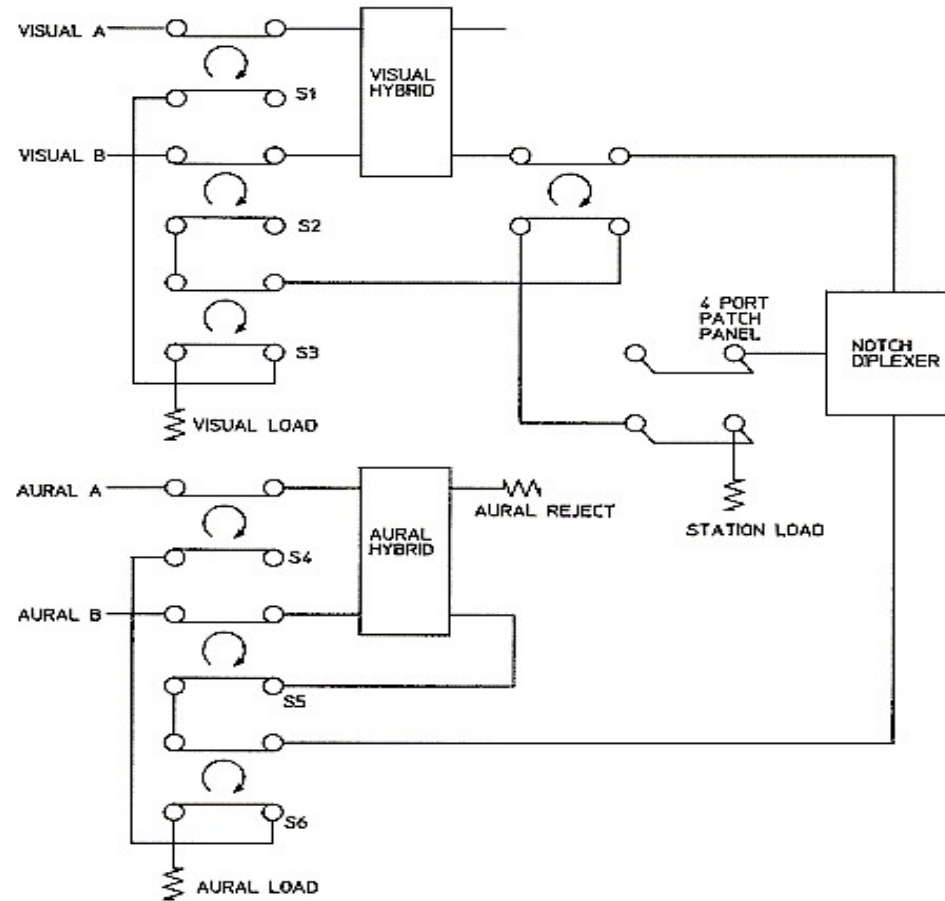
Combinador a Híbridas e Filtros Passa-Banda



Chaveamento de Transmissor de Reserva

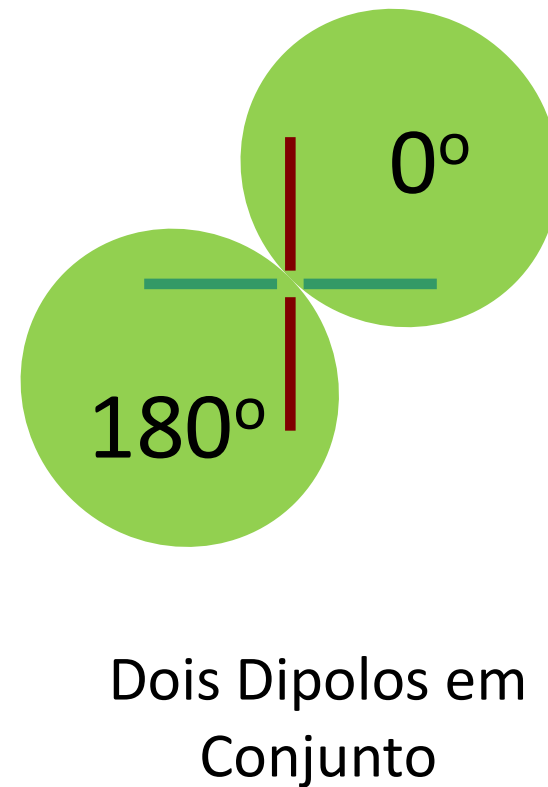
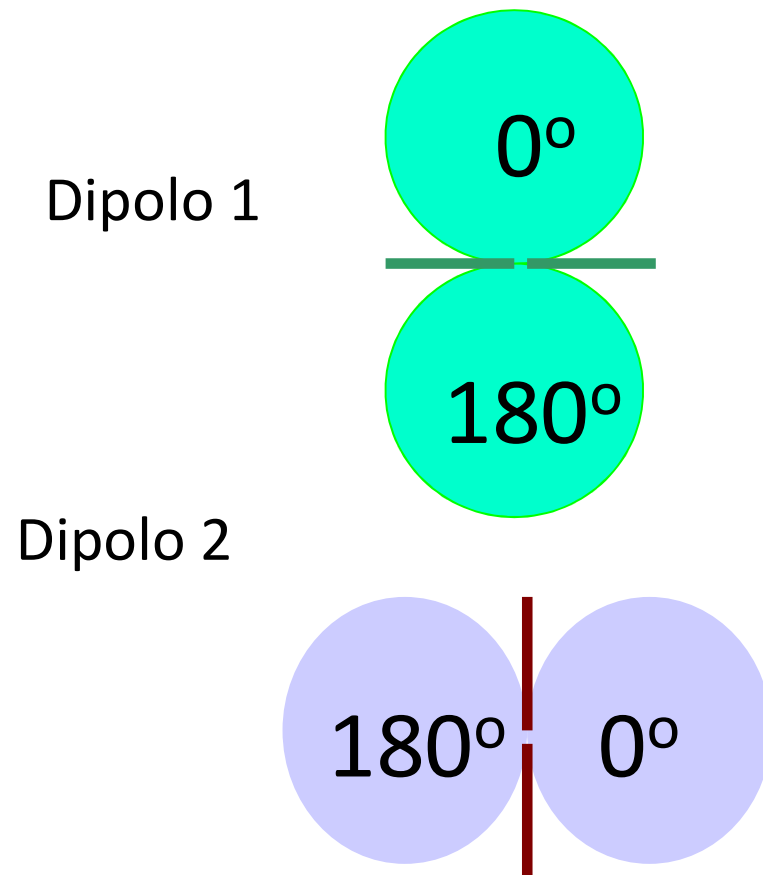


Transmissor Completo com Reserva/Paralelo



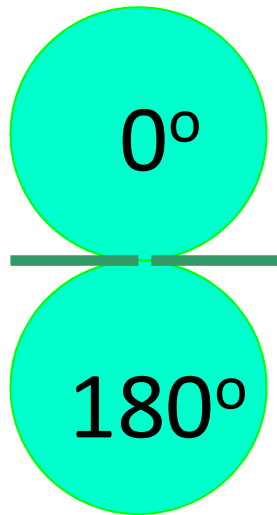
Antenas Transmissoras

Antena Omnidirecional de Polarização Horizontal

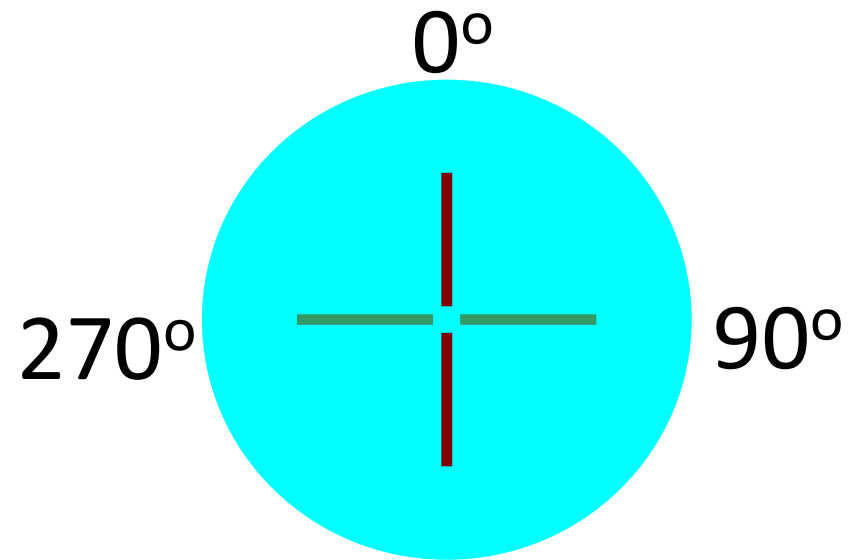
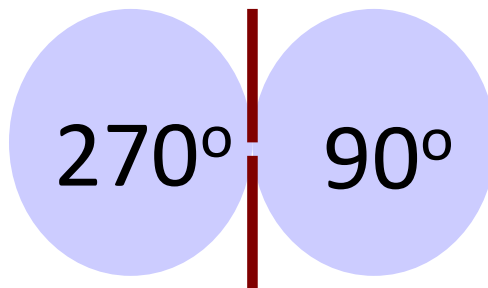


Antena Omnidirecional de Polarização Horizontal

Dipolo 1



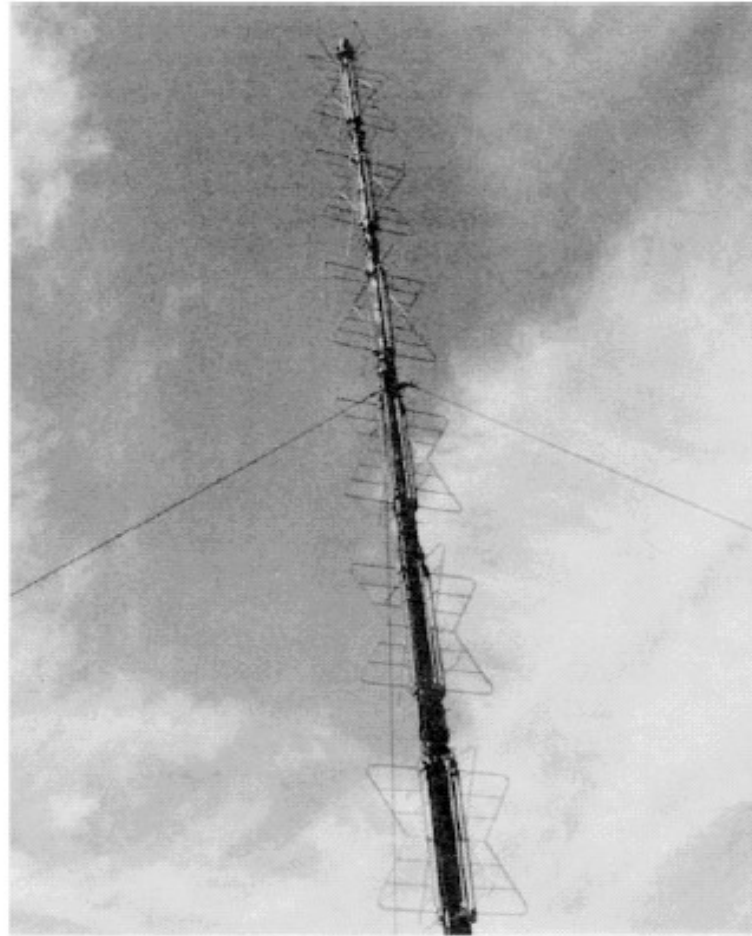
Dipolo 2
(quadratura)



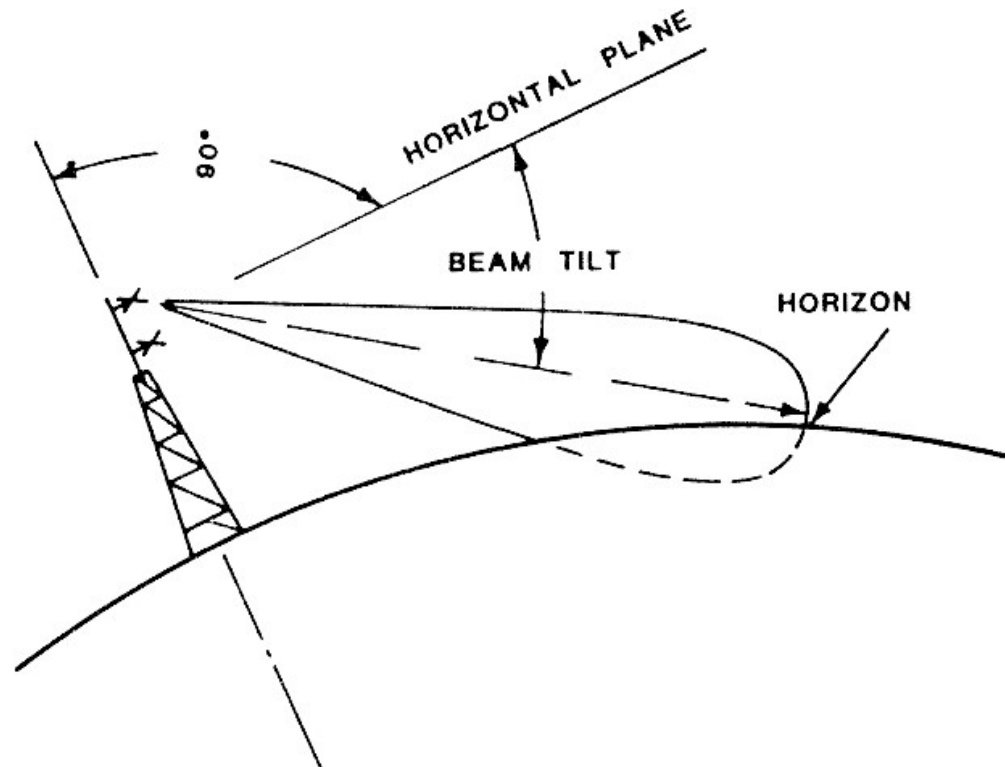
Dois Dipolos em
Conjunto

Antena “Borboleta” de Múltiplas Seções

LCS
EPUSP



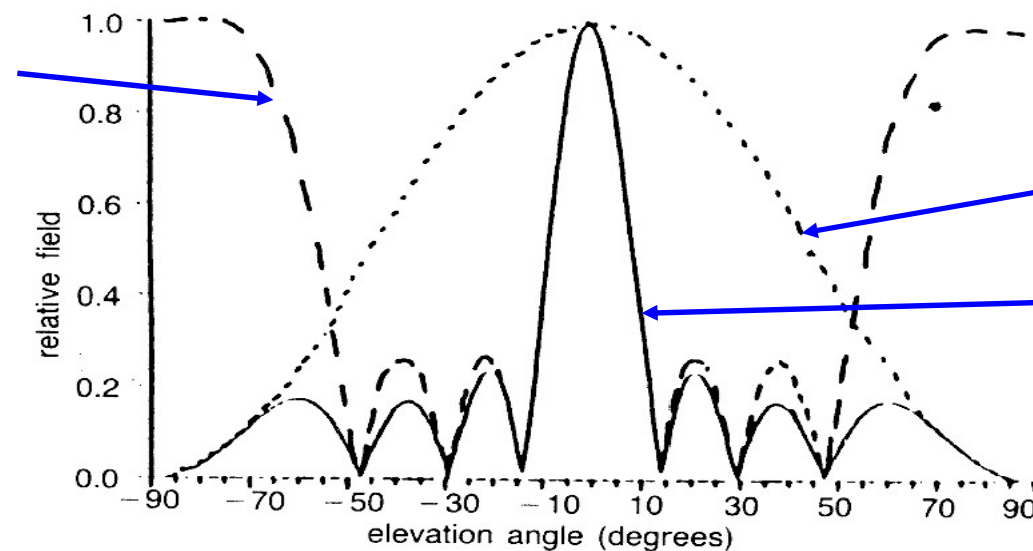
Padrão de Irradiação Vertical (Elevação)



Padrão de Irradiação Vertical

$$F(\theta) = E_n(\tau) \sum_{n=1}^N A_n e^{j[(2\pi ns)\text{sen } \tau + \delta_n]}$$

Padrão de Interferência (4 elementos)

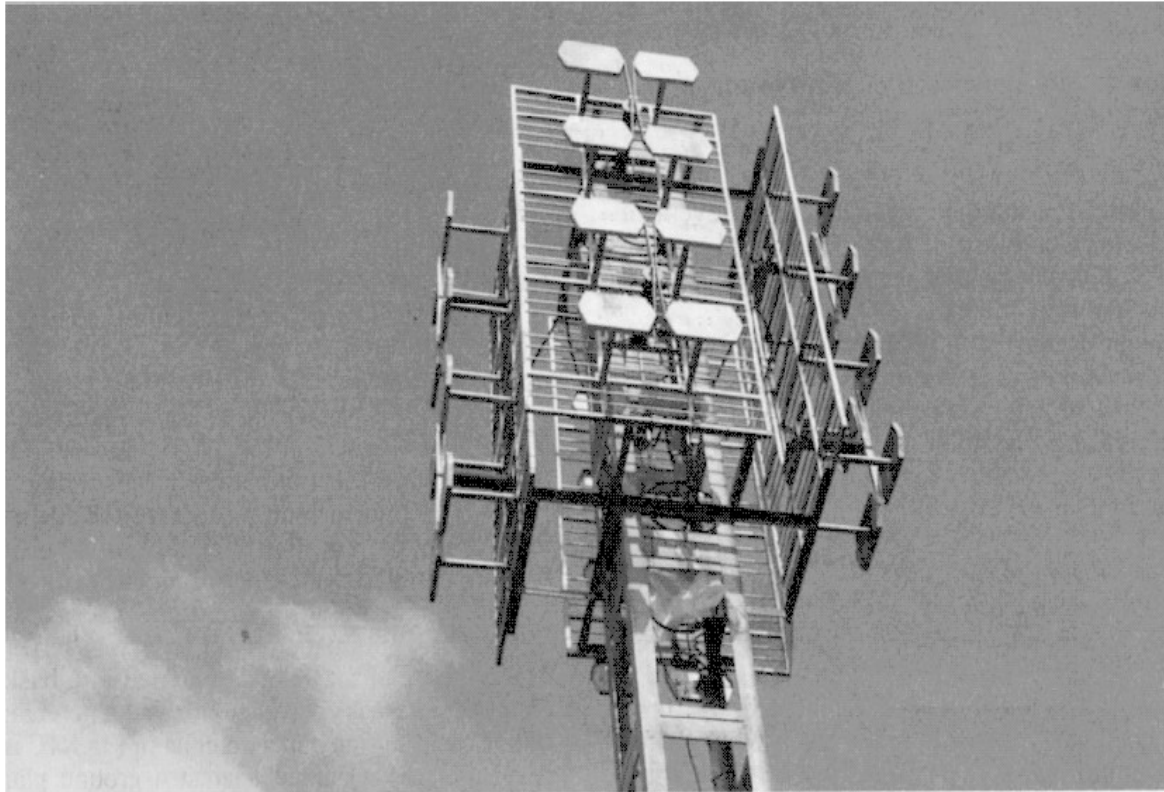


1 elemento

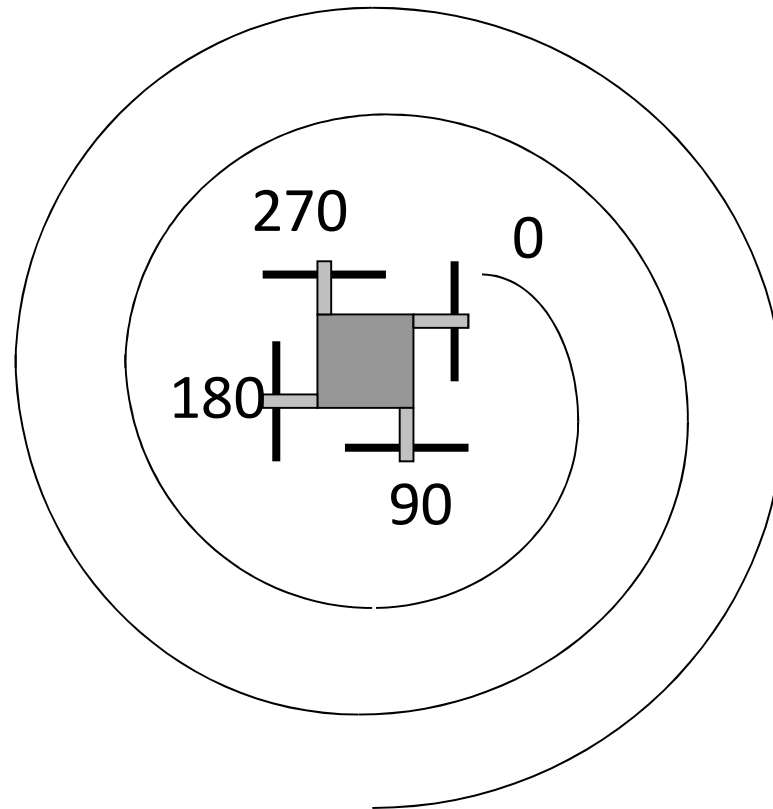
4 elementos
 $s = 1.02\lambda$

Antena tipo Painel com Dipolos Duplos

LCS
EPUSP



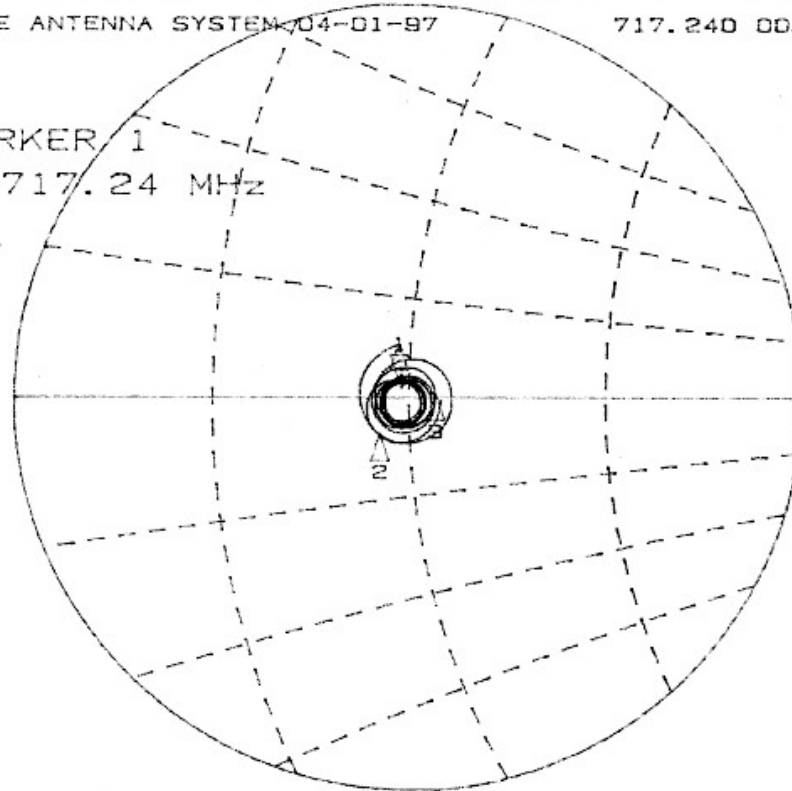
Radiação da Antena tipo Painel



Casamento de Impedância na Antena

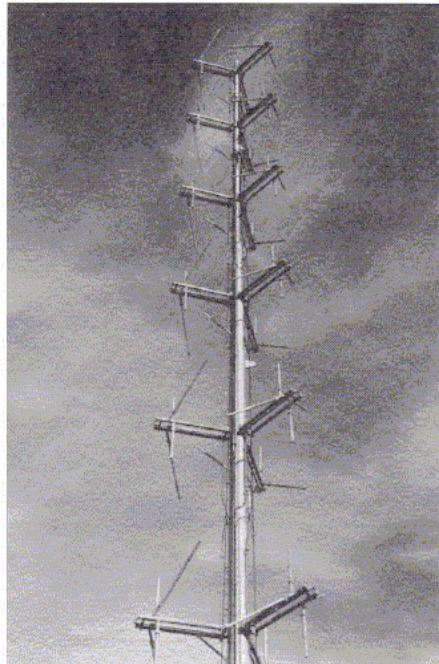
CH1 A/R 250 mU FS 1 49.402 n 1.043 n 231.43 pH
WHKE ANTENNA SYSTEM 04-01-97 717.240 000 MHz

Cor MARKER 1
Avg 717.24 MHz
16
Smo



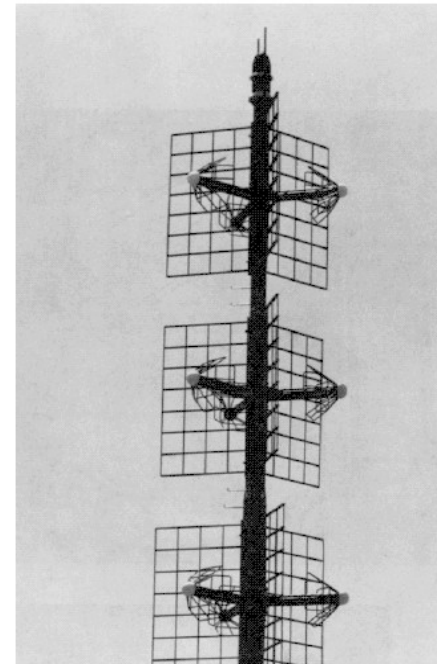
START 716.000 000 MHz STOP 722.000 000 MHz
Pvhi

Antenas de Polarização Circular



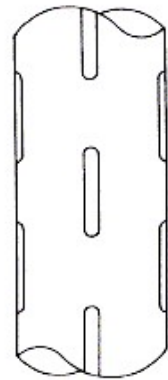
TDM

*TDM= Transmission Dual Mode
CPV = Circularly Polarized "V"*

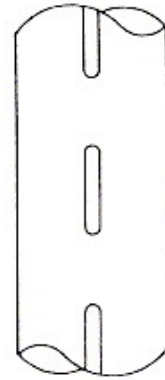


CPV

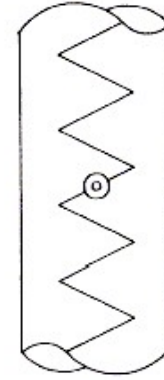
Antenas Fendidas (“Slot”)



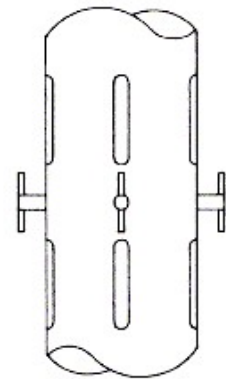
COAX SLOT



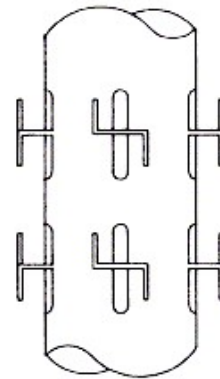
WAVEGUIDE SLOT



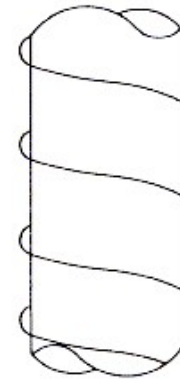
ZIG ZAG



DIPOLE BETWEEN
SLOT

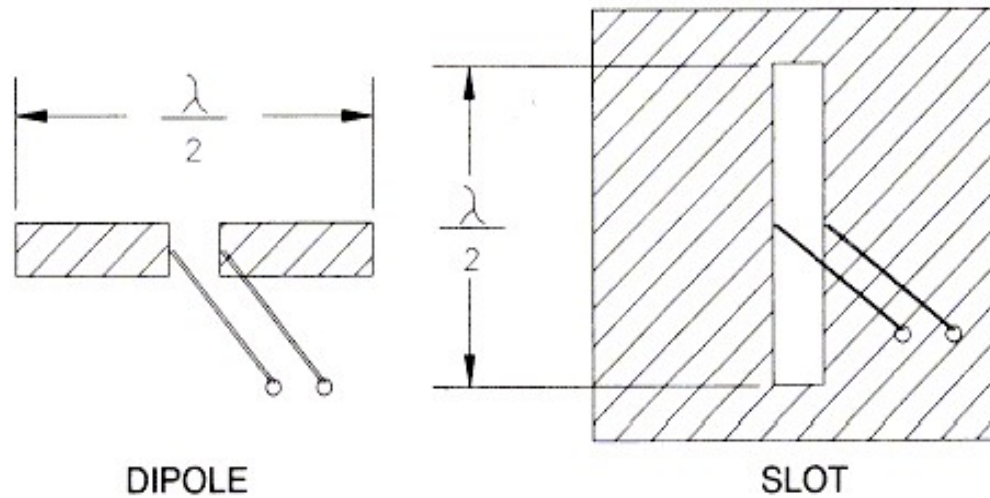


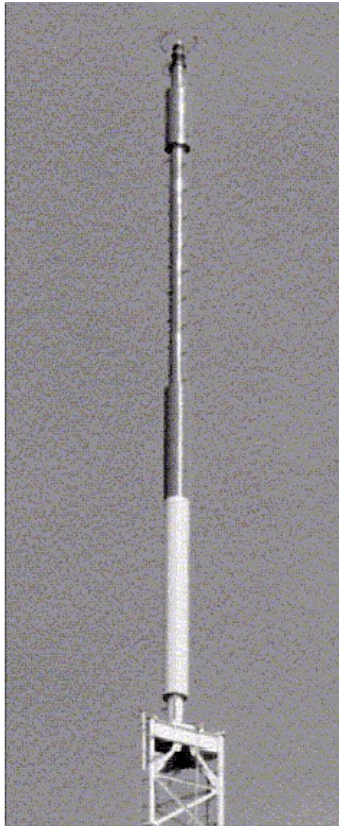
DIPOLE ON
SLOT



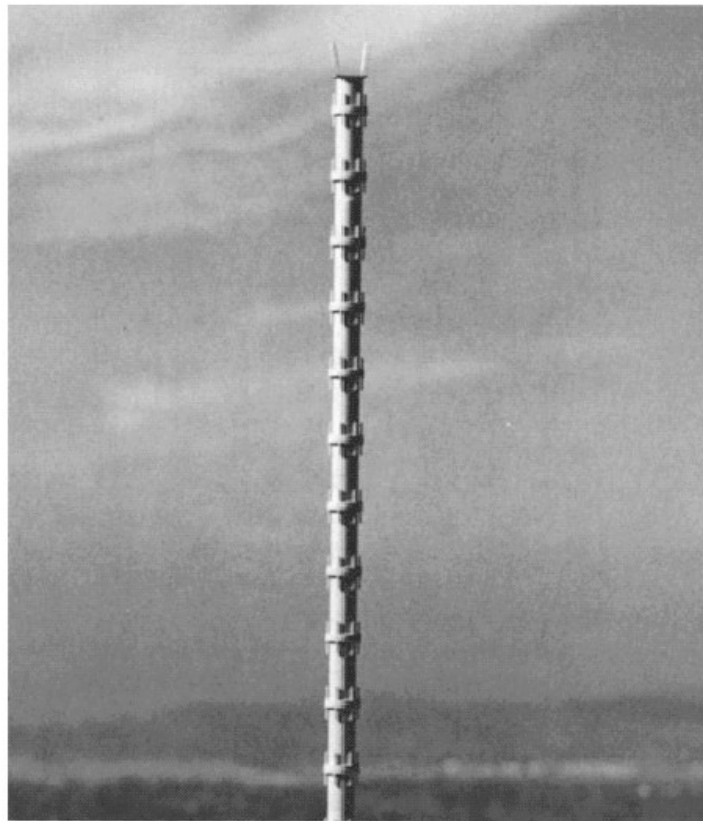
SPIRAL

Equivalência do “Slot” com um Dipolo





Polarização Linear



Polarização Circular

Detalhe de Antena “Slot” com Dipolo Auxiliar

