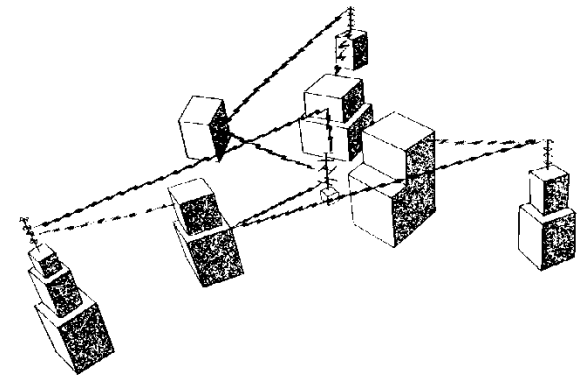


Sistemas de Transmissão para TV Digital

PTC2547

Princípios de Televisão Digital

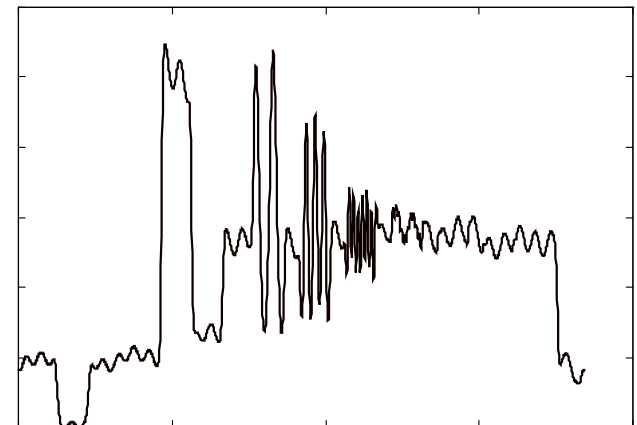
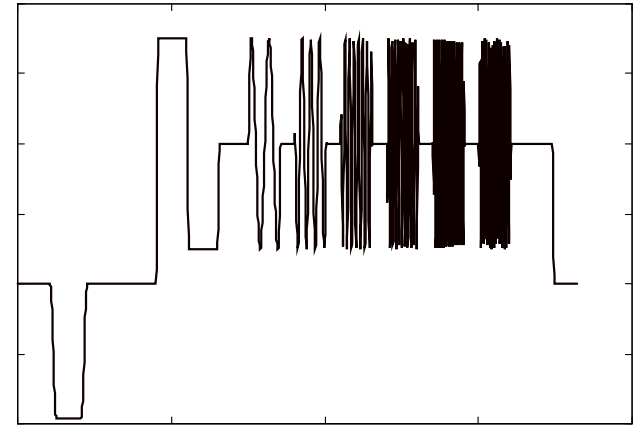
Guido Stolfi – EPUSP - 2016

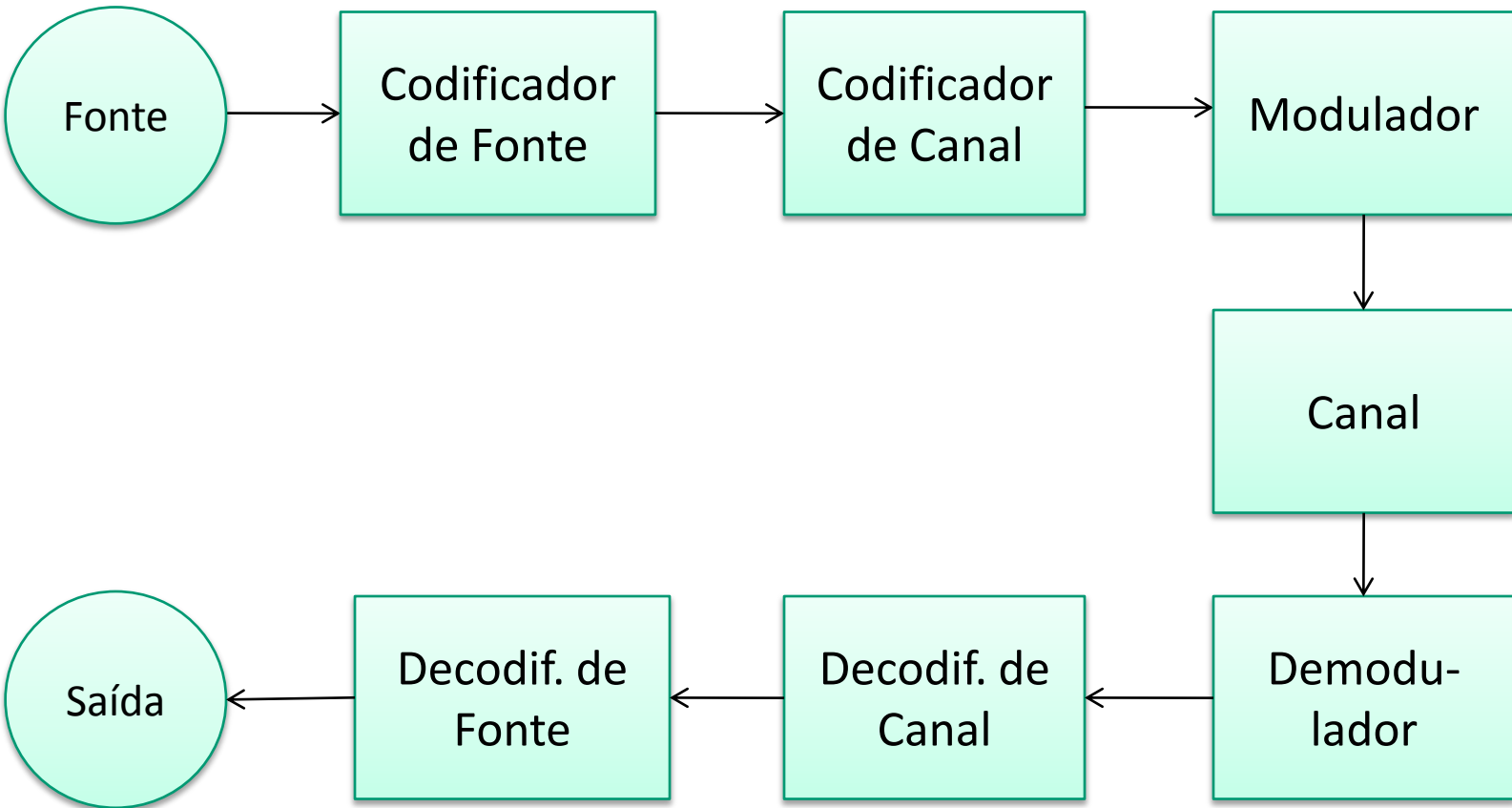


- Vantagens da Comunicação Digital
- Sistema ATSC
- Multi-percurso e Equalização
- Modulação OFDM
- Sistema DVB-T
- Sistema ISDB-T
- Limiar de Operação para Recepção
- Sinal ISDB-T e Constelações
- Comparações entre ATSC, DVB e ISDB-T
- Outros Sistemas de Transmissão
- Processos na Sintonia de um Canal Digital

Degradações causadas pelo Canal de Comunicação:

- Distorção (Não-linearidade)
- Ruído (Aditivo; aleatório e impulsivo)
- Perdas (Atenuação, Limitação de Banda Passante, "Fading")
- Interferências (Aditivas, de origem humana)



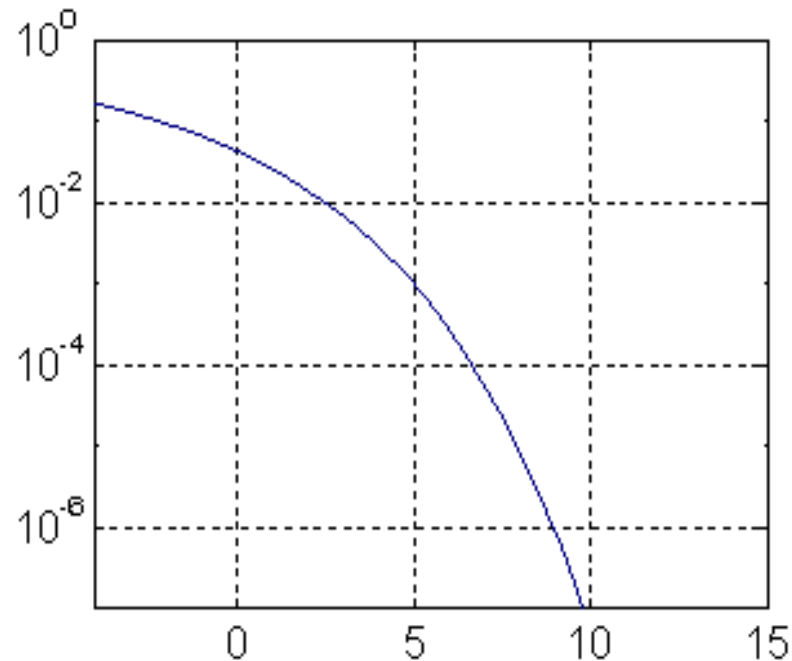


- Codificador de Fonte:
 - Aproveita as características da Fonte para efetuar uma representação eficiente da informação
 - Ex.: MPEG, JPEG, ADPCM, Huffman
- Codificador de Canal:
 - Introduce redundância para possibilitar a sobrevivência da informação após as degradações do canal
 - Ex.: Paridade, códigos de Hamming, Reed-Solomon, intercalamento

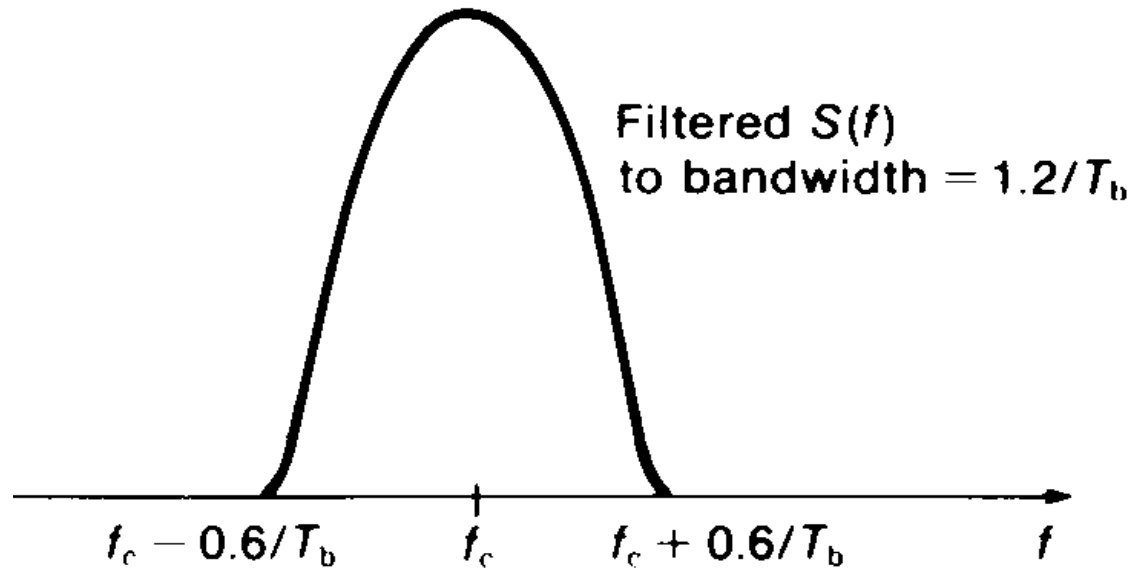
- Converte a informação digital em sinais contínuos (formas de onda)
 - Considera as características do canal (resposta em frequência, potência admissível, atenuação etc.)
 - Não existe “transmissão digital”, mas sim “transmissão analógica de informação digital”

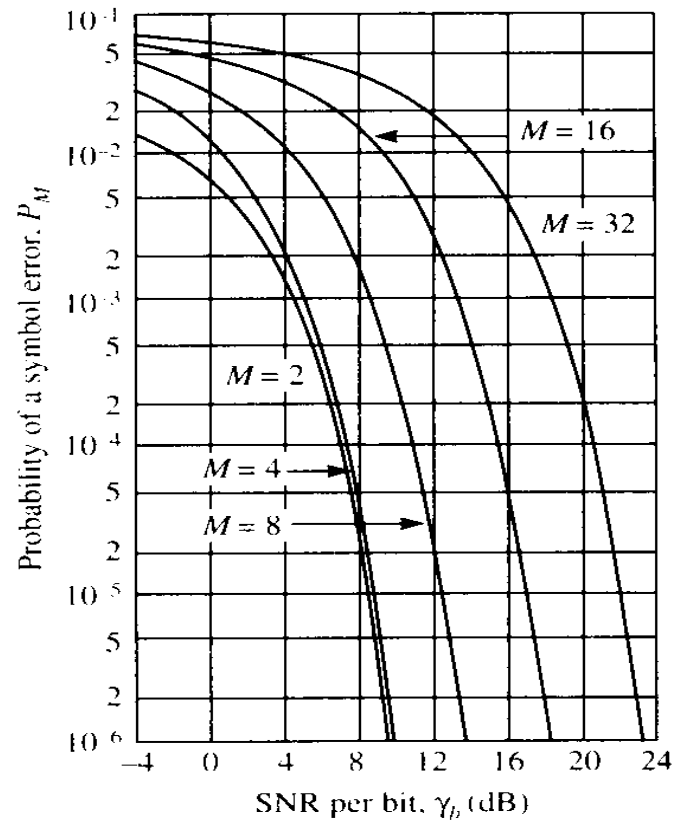
- Modulação Digital: Degradações causam erros de transmissão

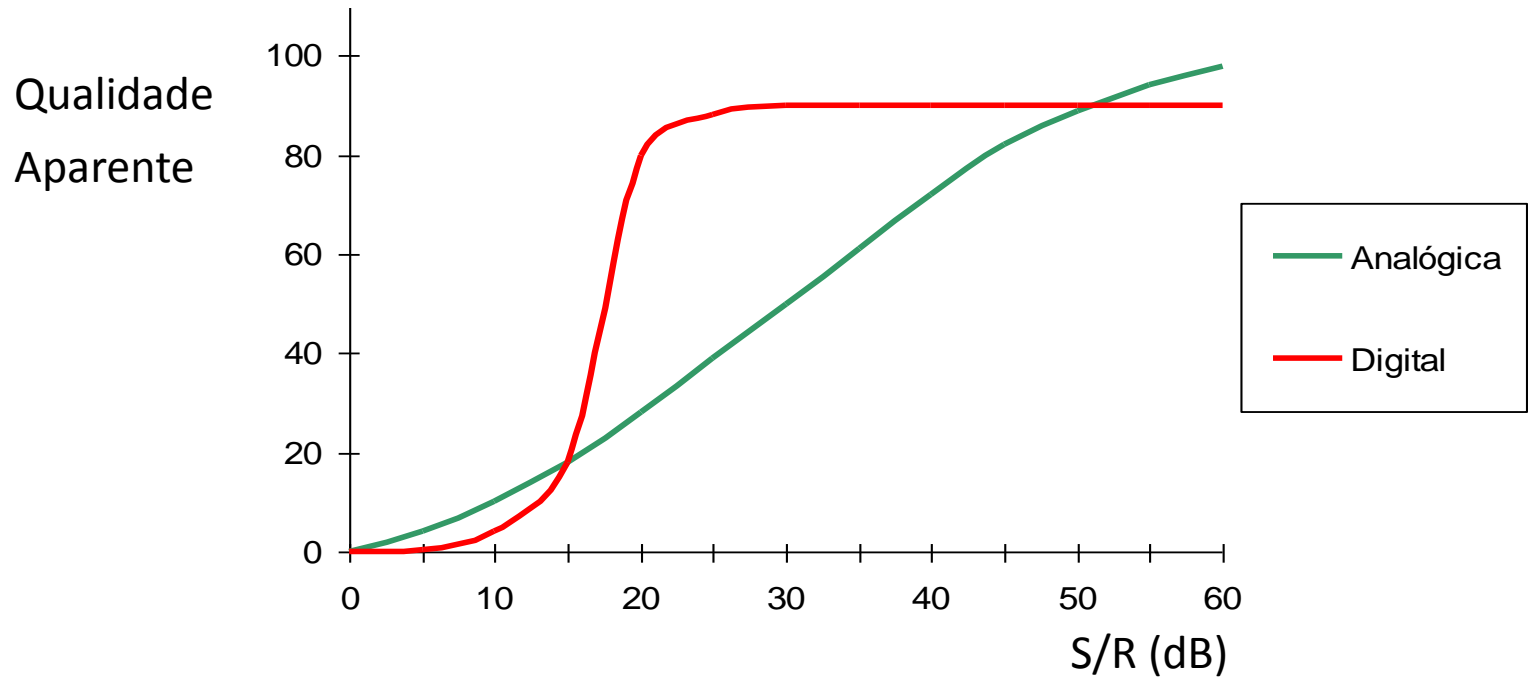
- Ex.: QPSK

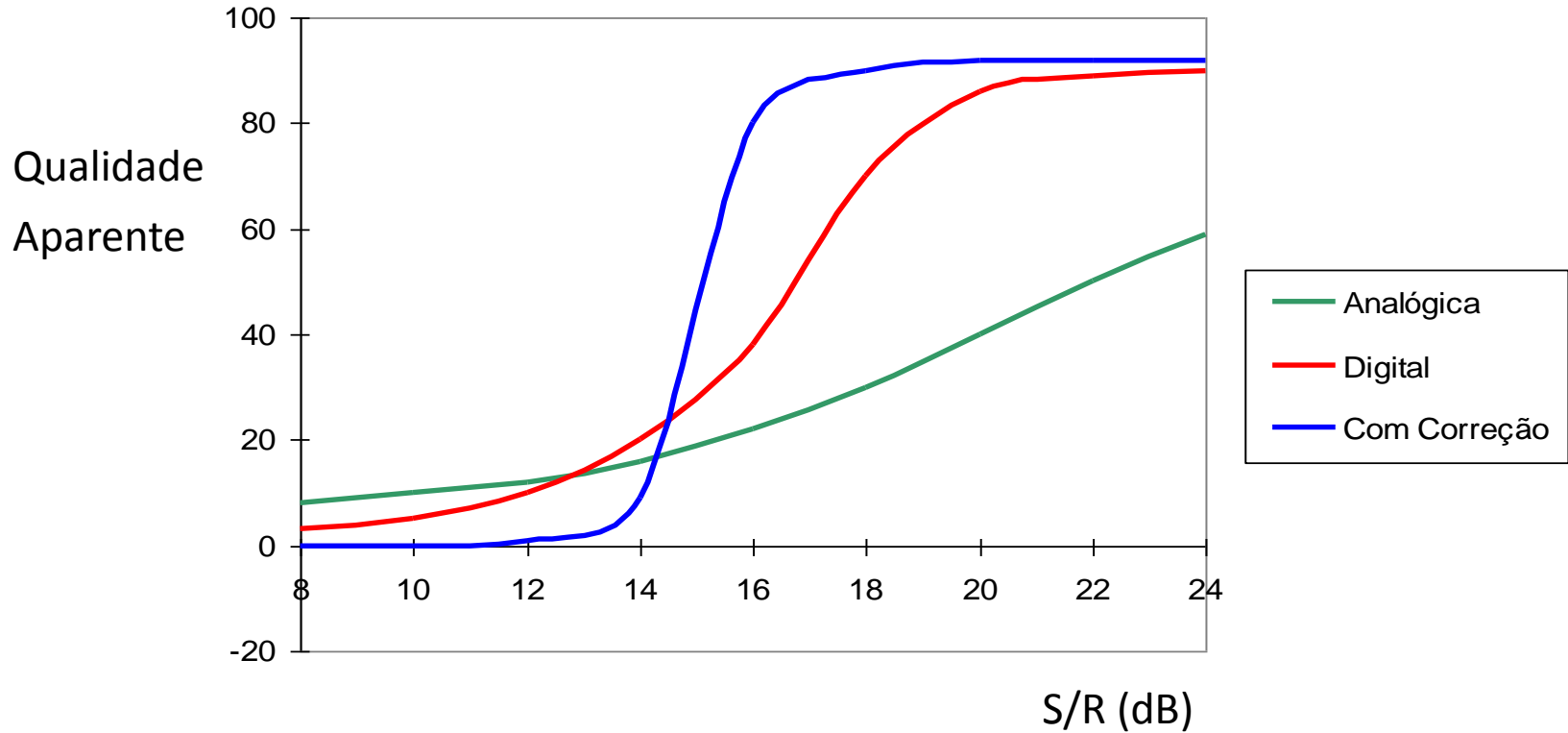


- Ex.: QPSK

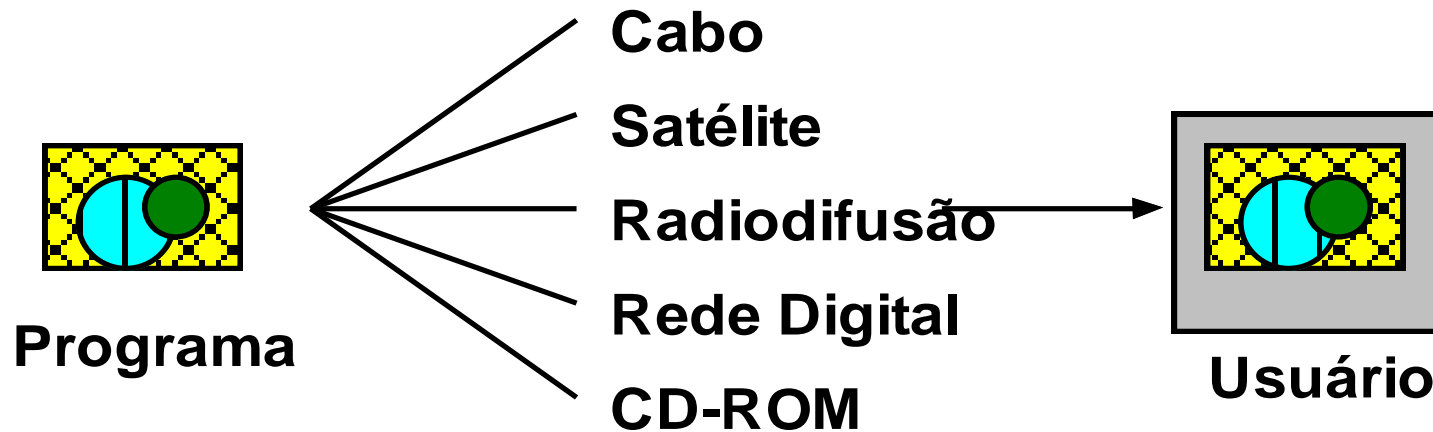




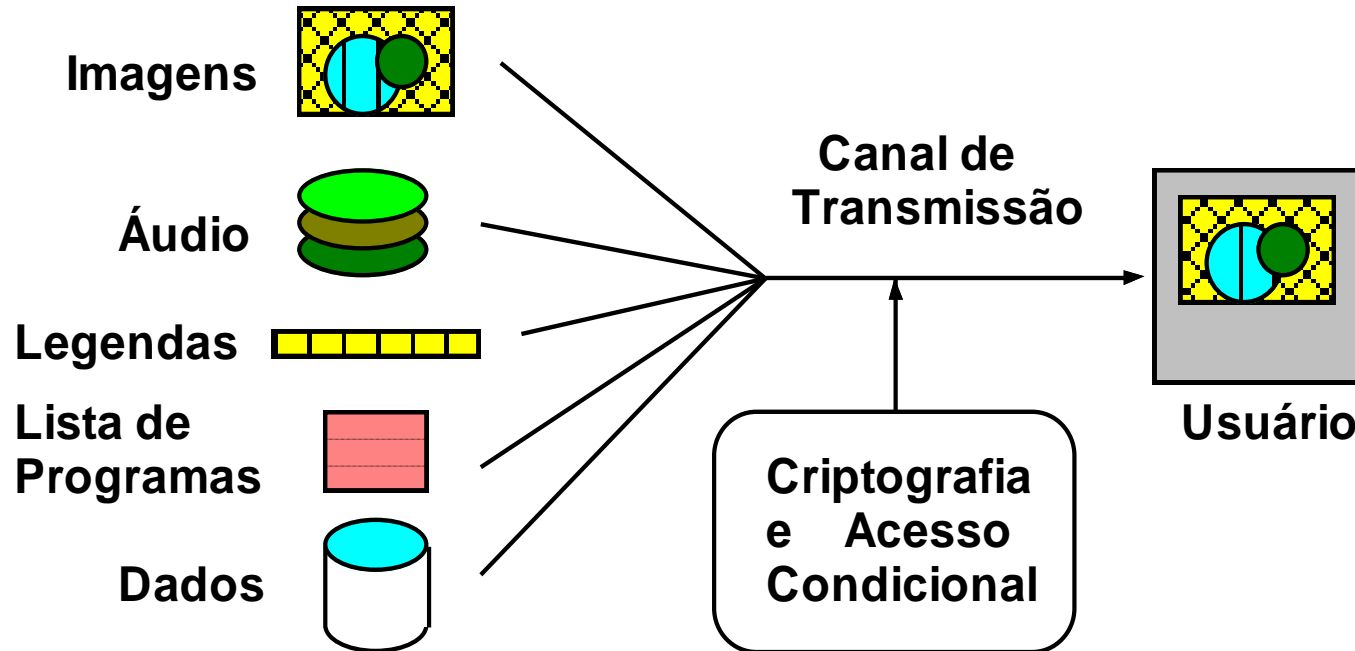




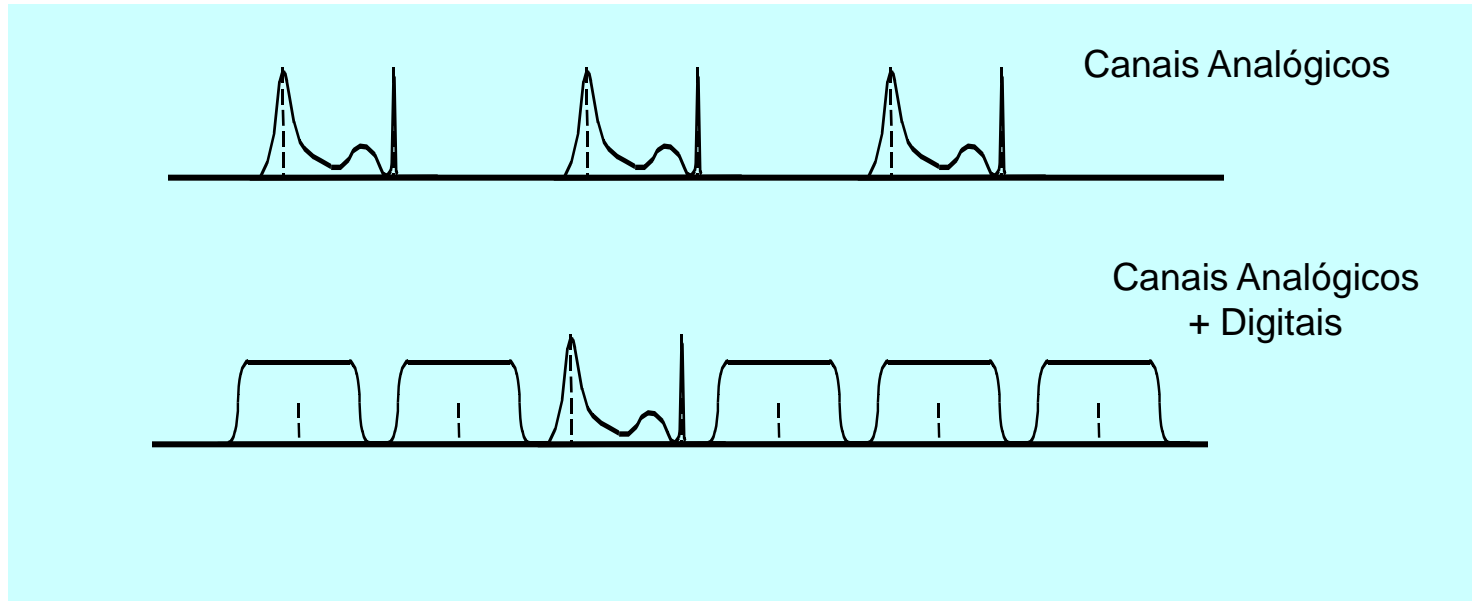
- Compatibilidade de Meios de Transmissão

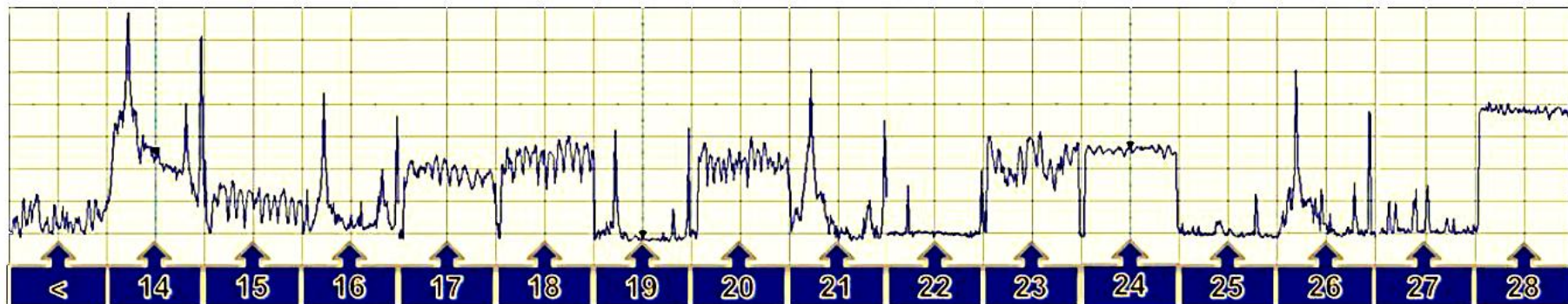


- Compatibilidade de Serviços



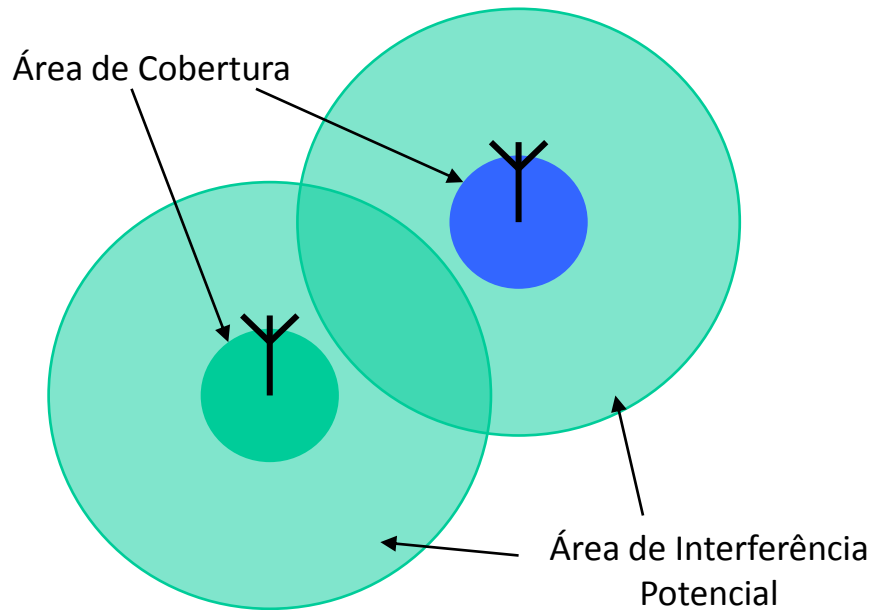
- Melhor aproveitamento do espectro



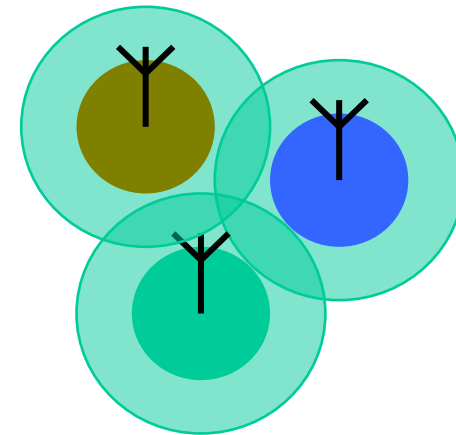


UHF – Canais 14 a 28 - São Paulo, 2008

- Melhor aproveitamento geográfico



Transmissão Analógica

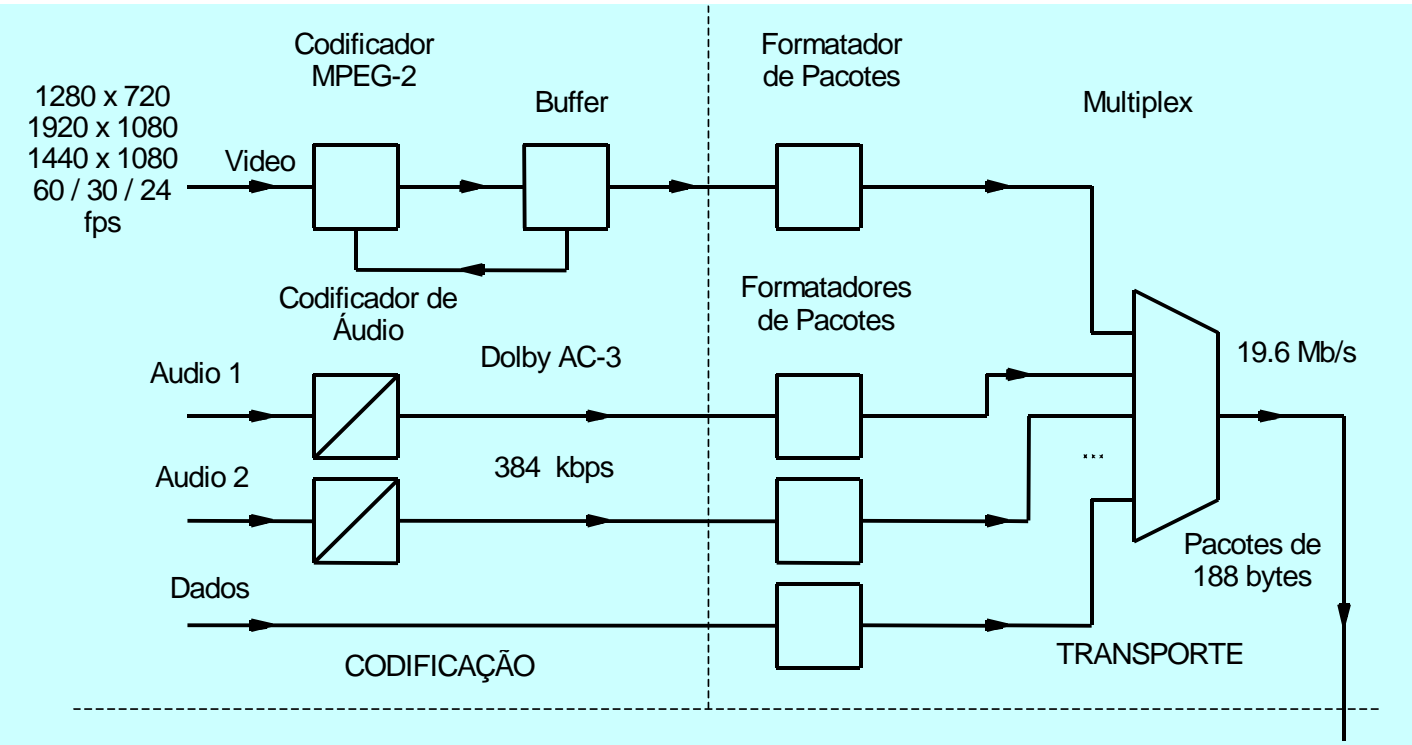


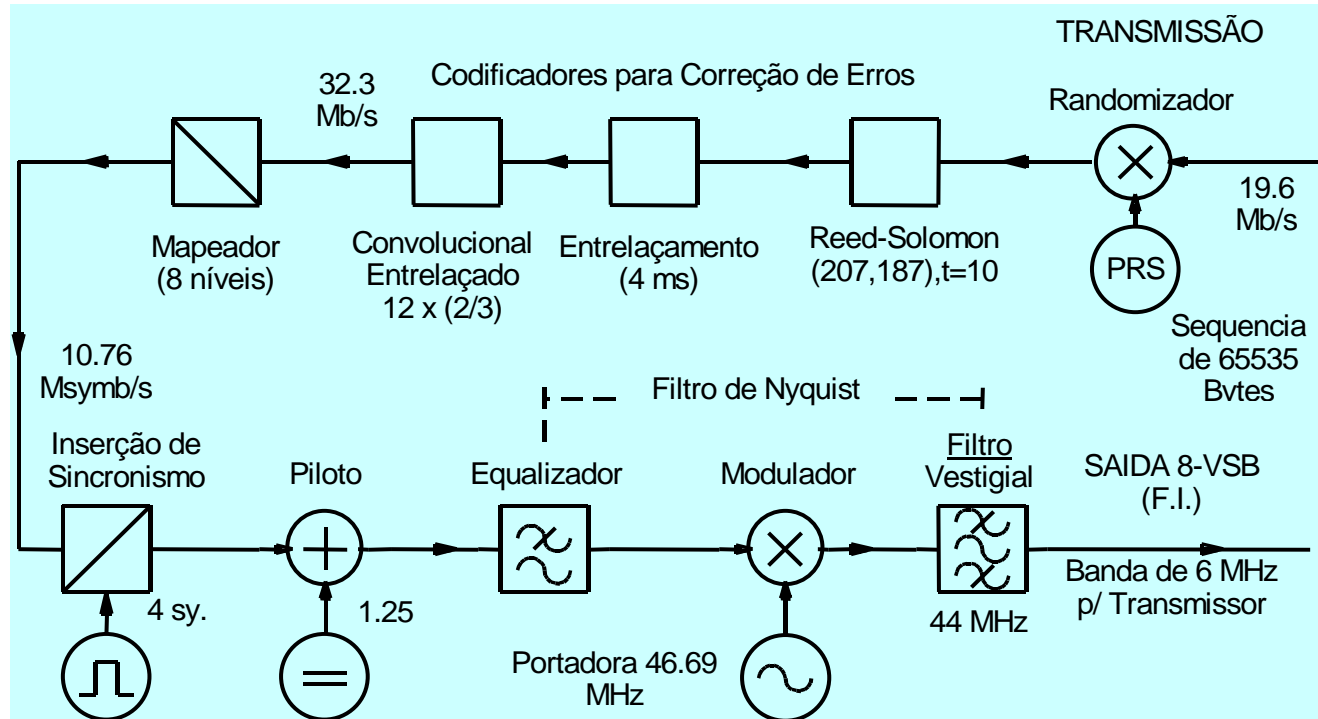
Transmissão Digital

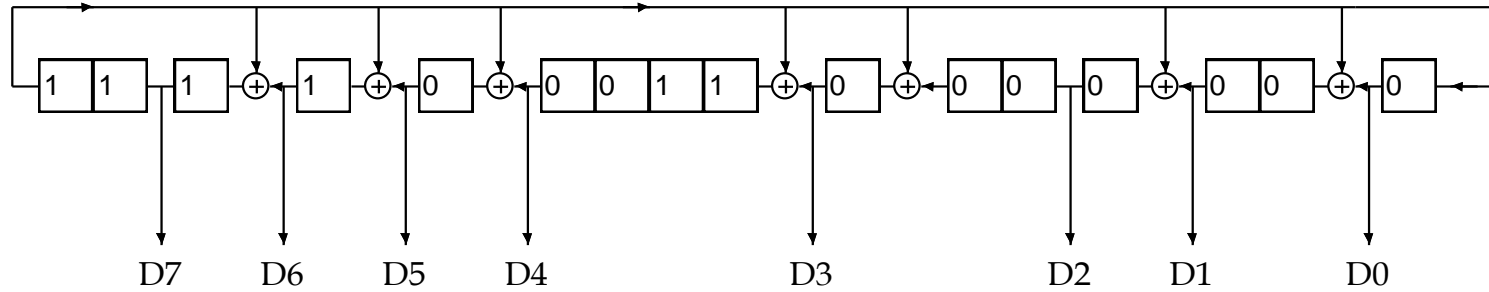
Sistema ATSC – *Advanced Television System Committee*

- Aprovado em 1995 para Radiodifusão de HDTV nos EUA
- Compressão de Vídeo: MPEG-2
- Compressão de Áudio: Dolby AC-3
- Transporte: Pacotes MPEG-2
- Modulação: 8-VSB com piloto
- Ocupação de Banda: Canal de 6 MHz

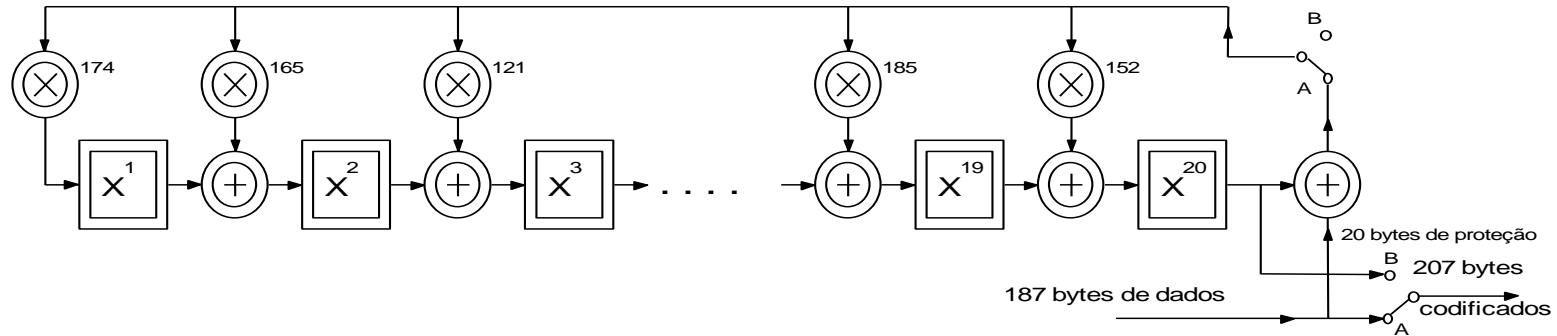
Sistema ATSC – Codificação de Fonte e Transporte







$$G(x) = x^{16} + x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^7 + x^6 + x^3 + x + 1$$

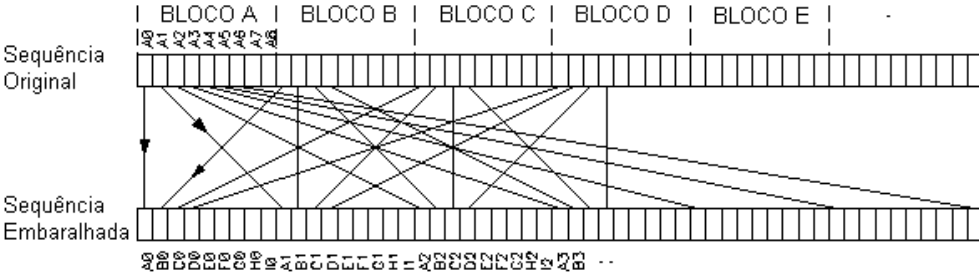


$$\prod_{i=0}^{i=19} (X + \alpha^i) = X^{20} + 152X^{19} + 185X^{18} + 240X^{17} + 5X^{16} + 111X^{15} + 99X^{14} + 6X^{13} +$$

$$+ 220X^{12} + 112X^{11} + 150X^{10} + 69X^9 + 36X^8 + 187X^7 + 22X^6 + 228X^5 +$$

$$+ 198X^4 + 121X^3 + 121X^2 + 165X^1 + 174$$

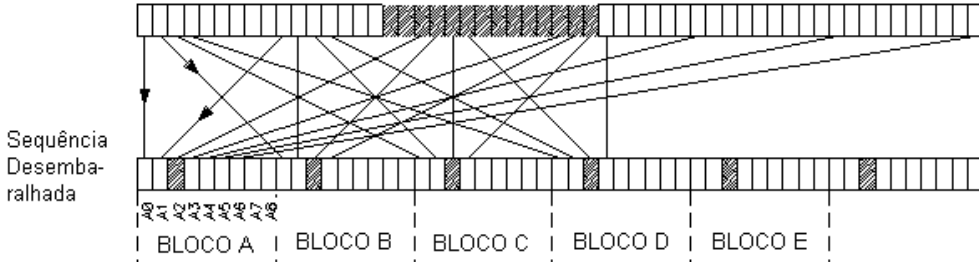
Entrelaçamento ("Interleaving")



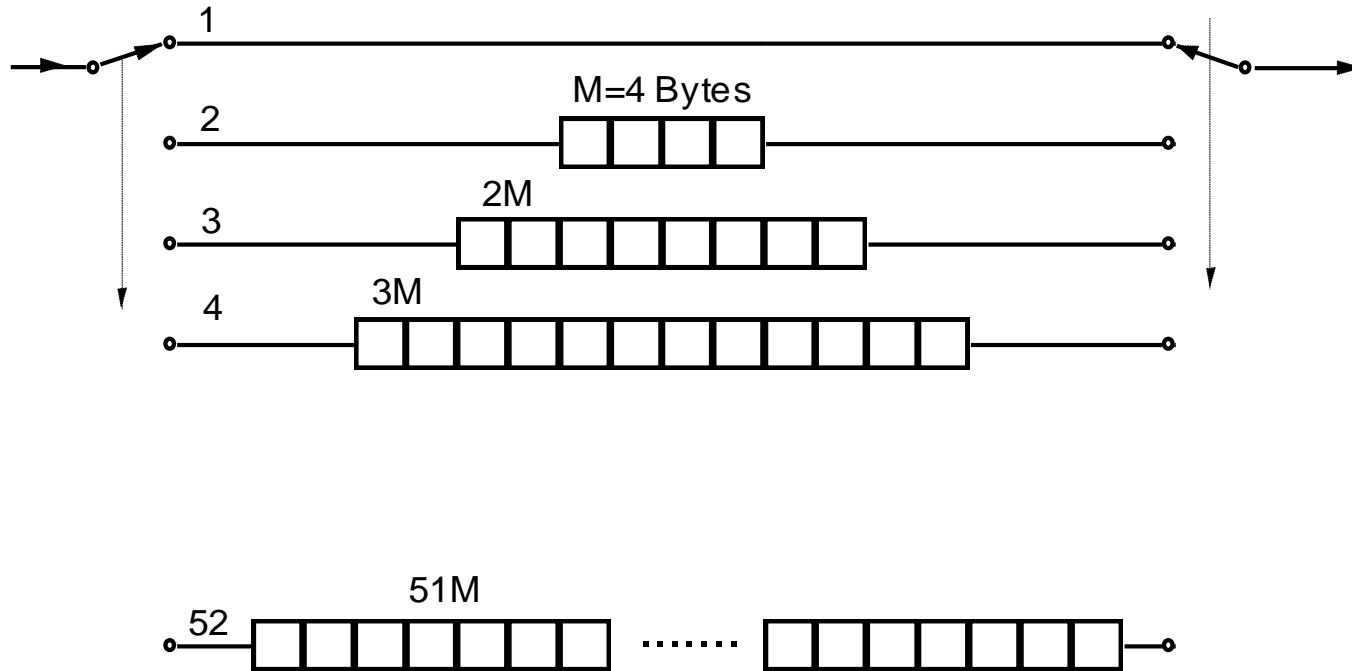
Ruído impulsivo causa vários erros agrupados ("Burst")

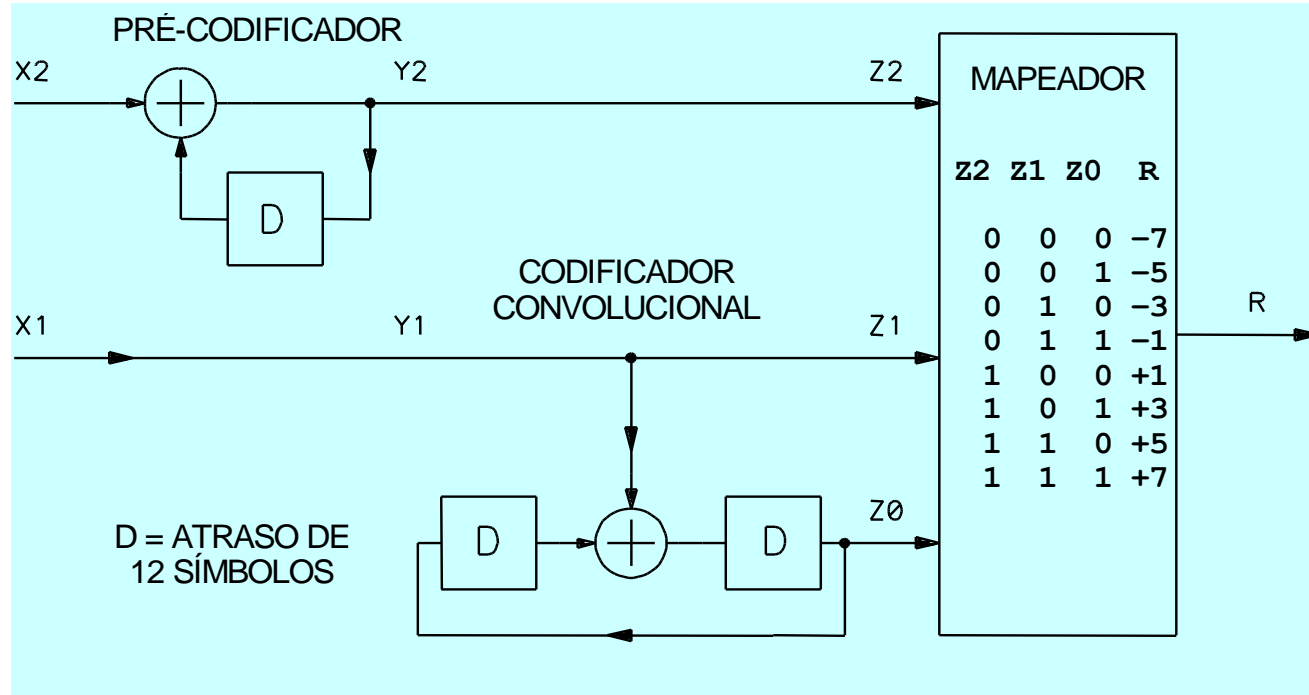


Desembaralhamento distribui os erros ao longo de vários blocos

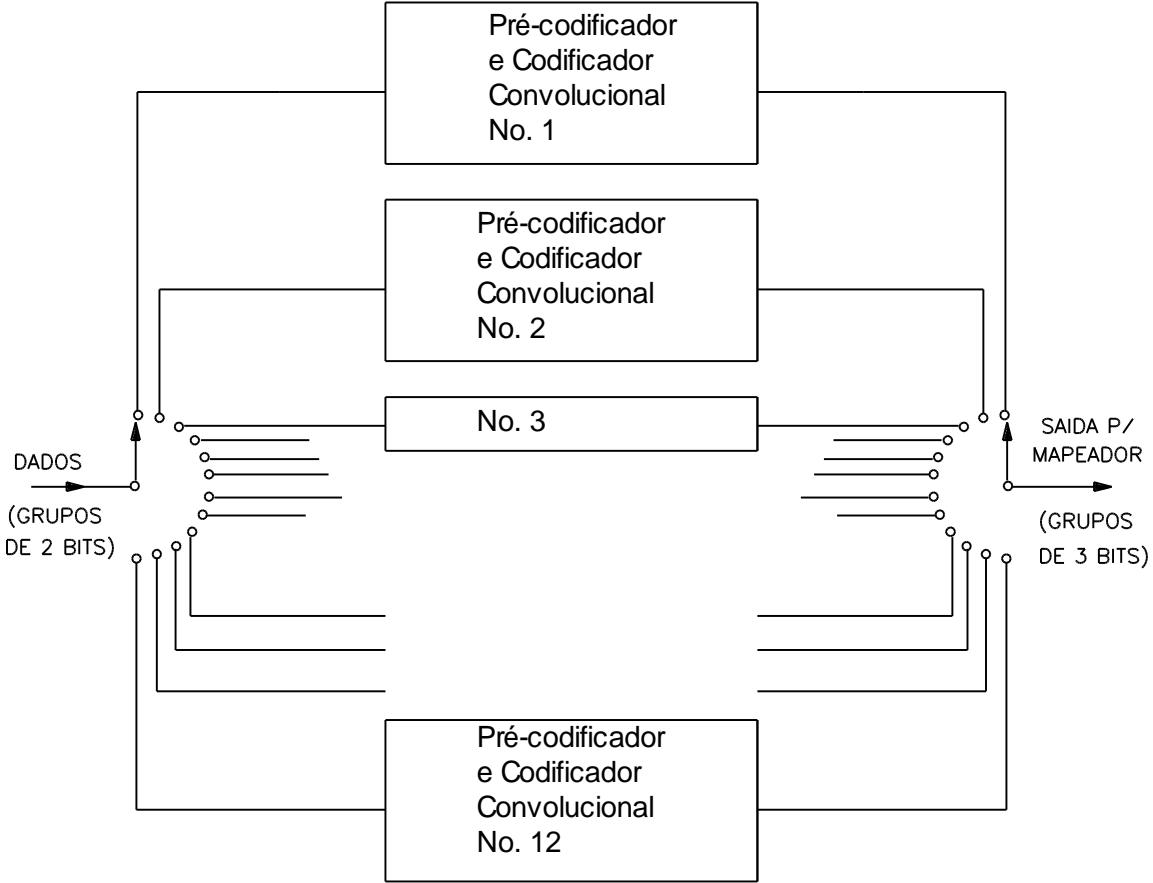


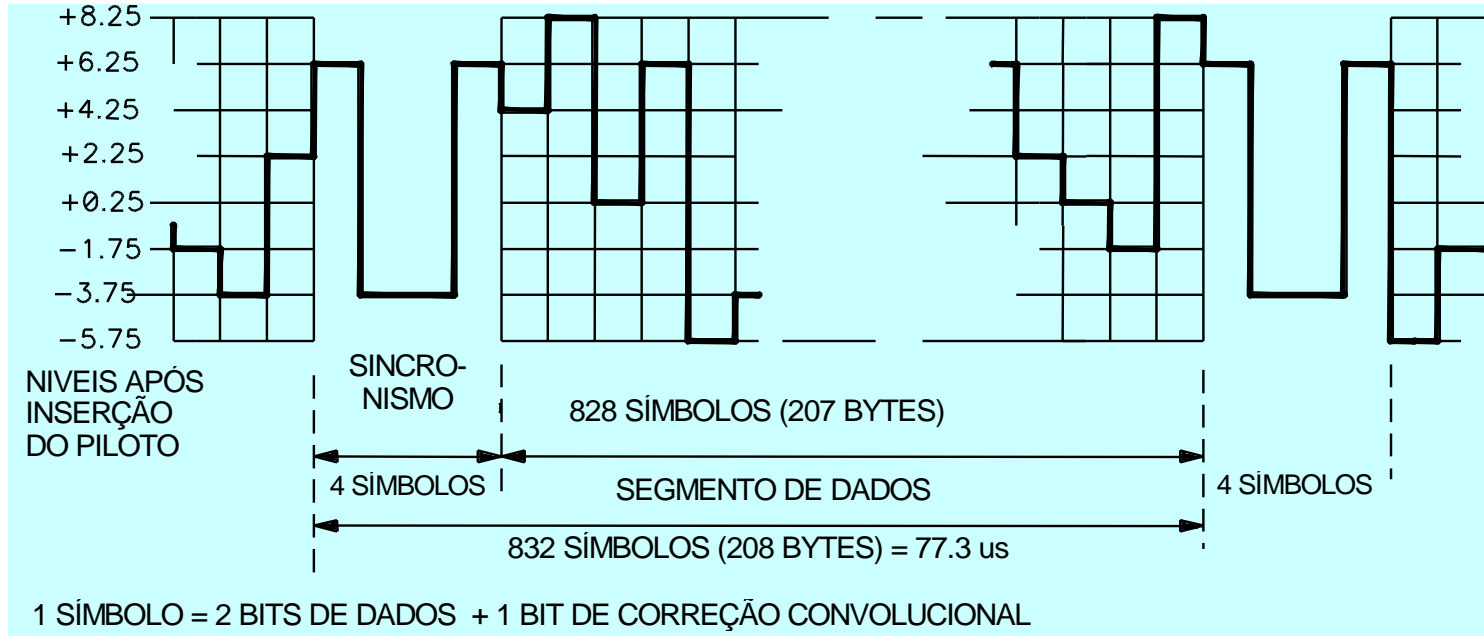
Erros de 1 bit por bloco podem ser corrigidos pelo código corretor

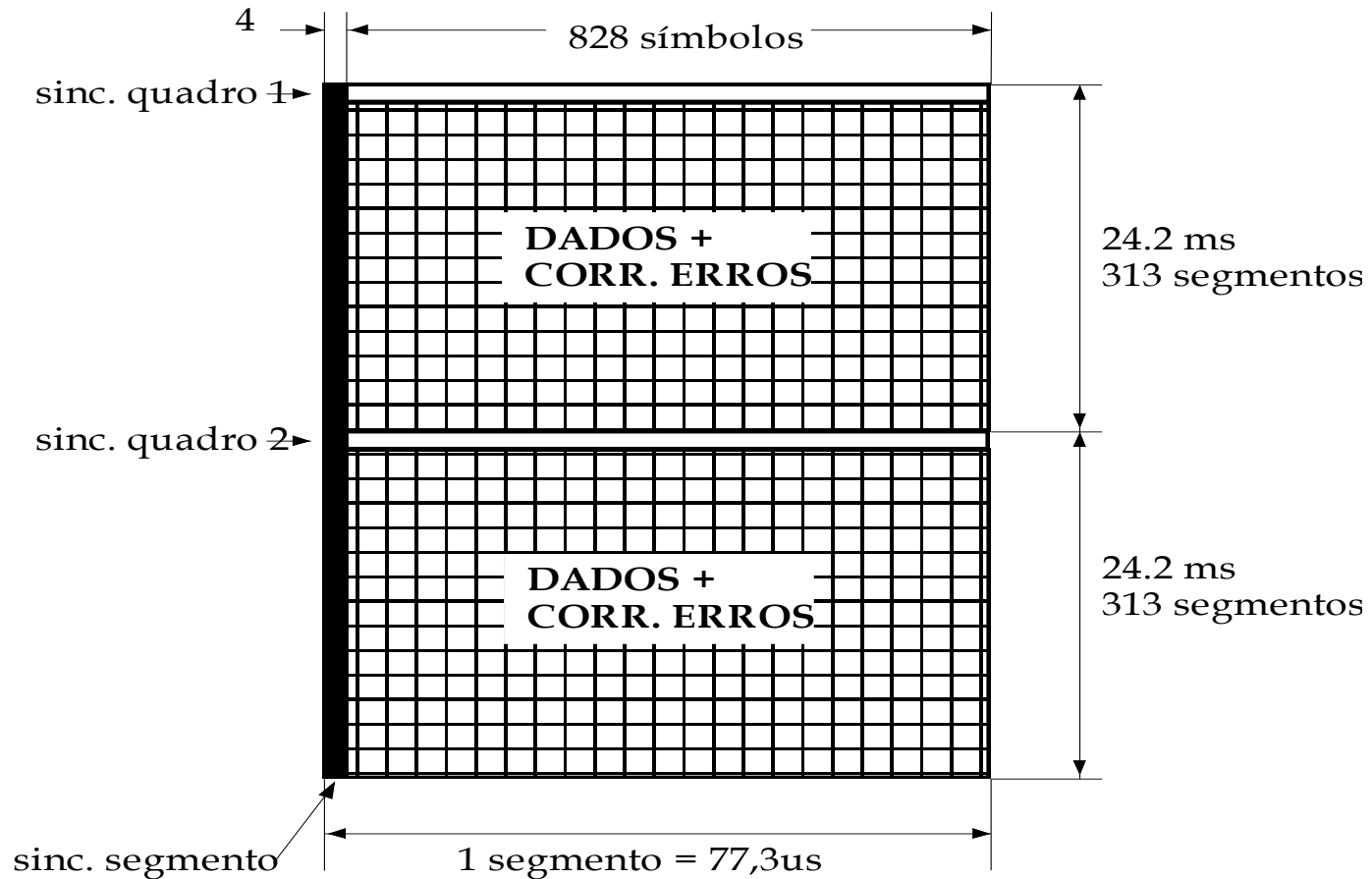


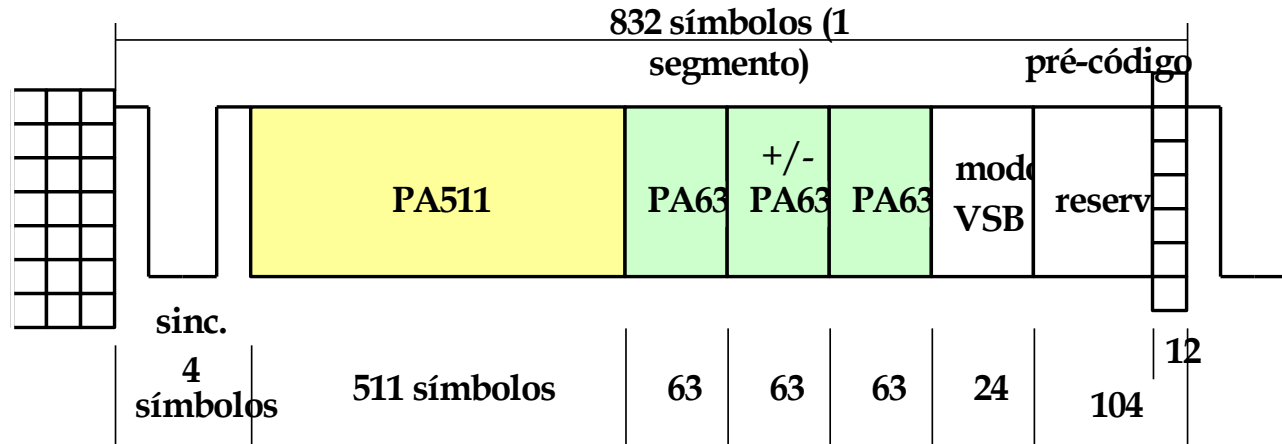


Codificador Convolucional Entrelaçado

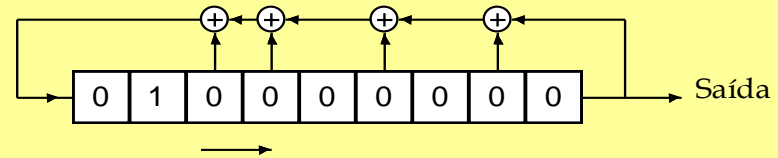




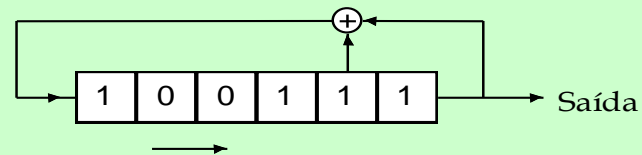




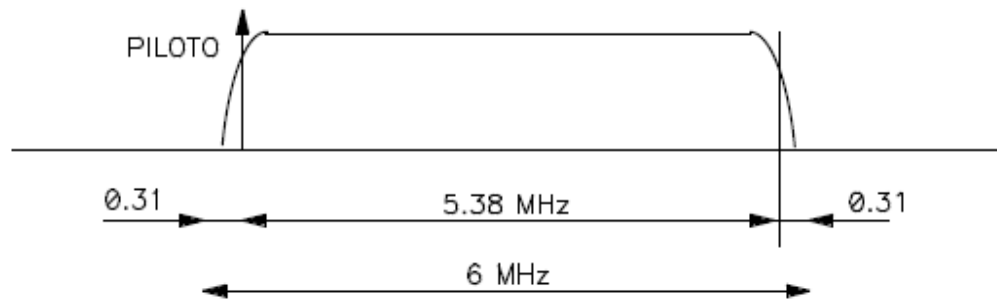
$$x^9 + x^7 + x^6 + x^4 + x^3 + x + 1$$



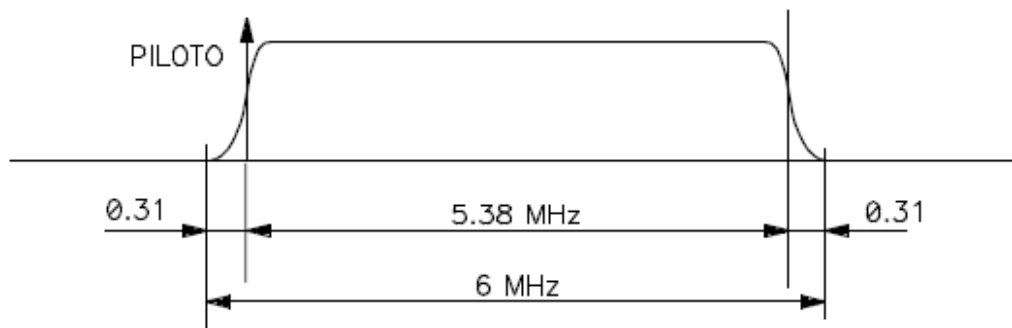
$$x^6 + x + 1$$

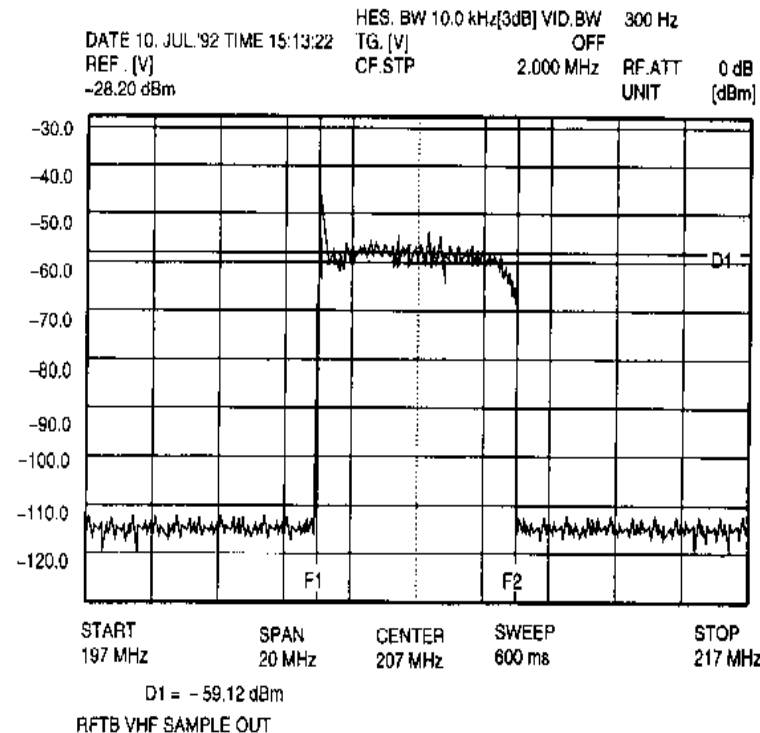
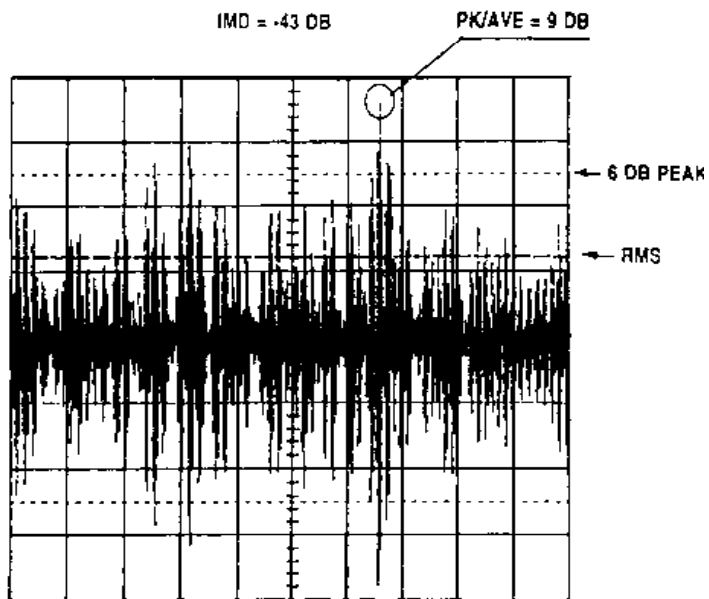


No
Transmissor:

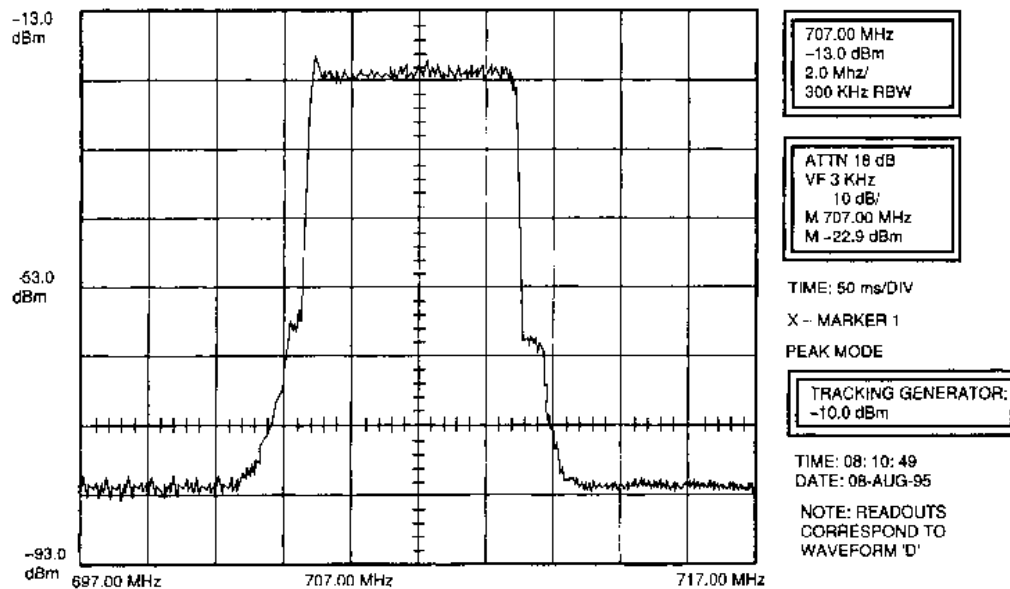


No
Receptor:





Espectro 8-VSB após Limitação de Picos em +6dB



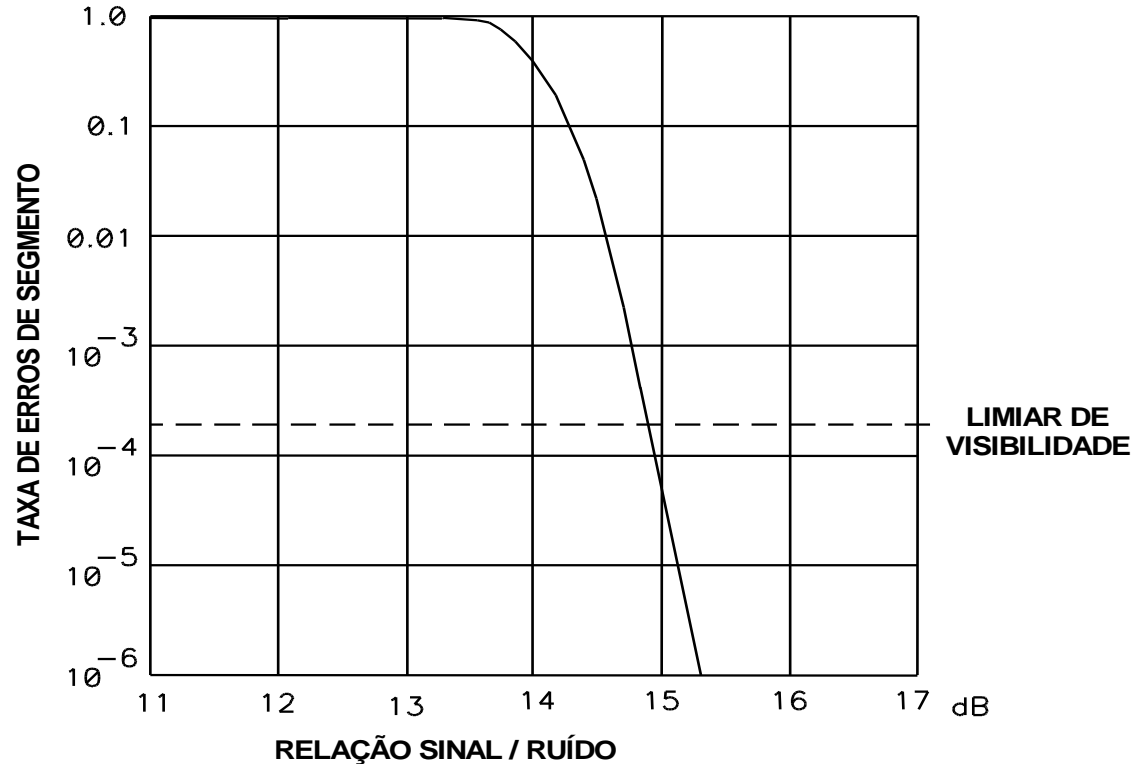
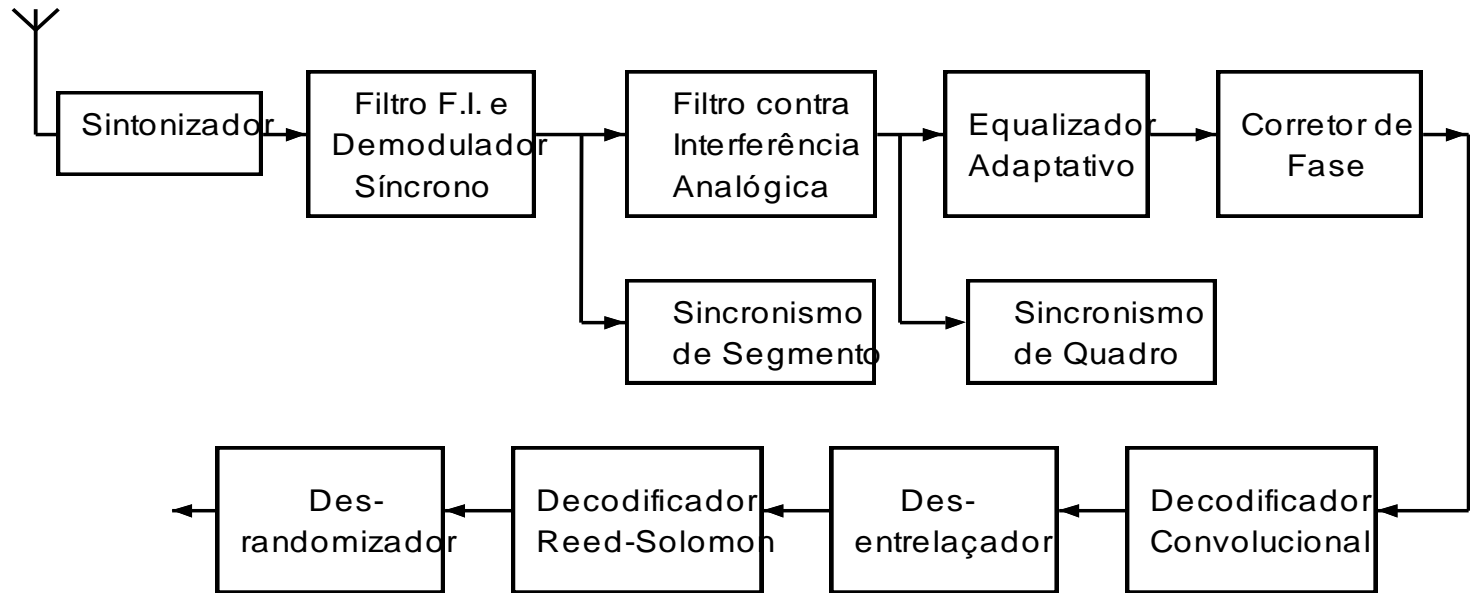
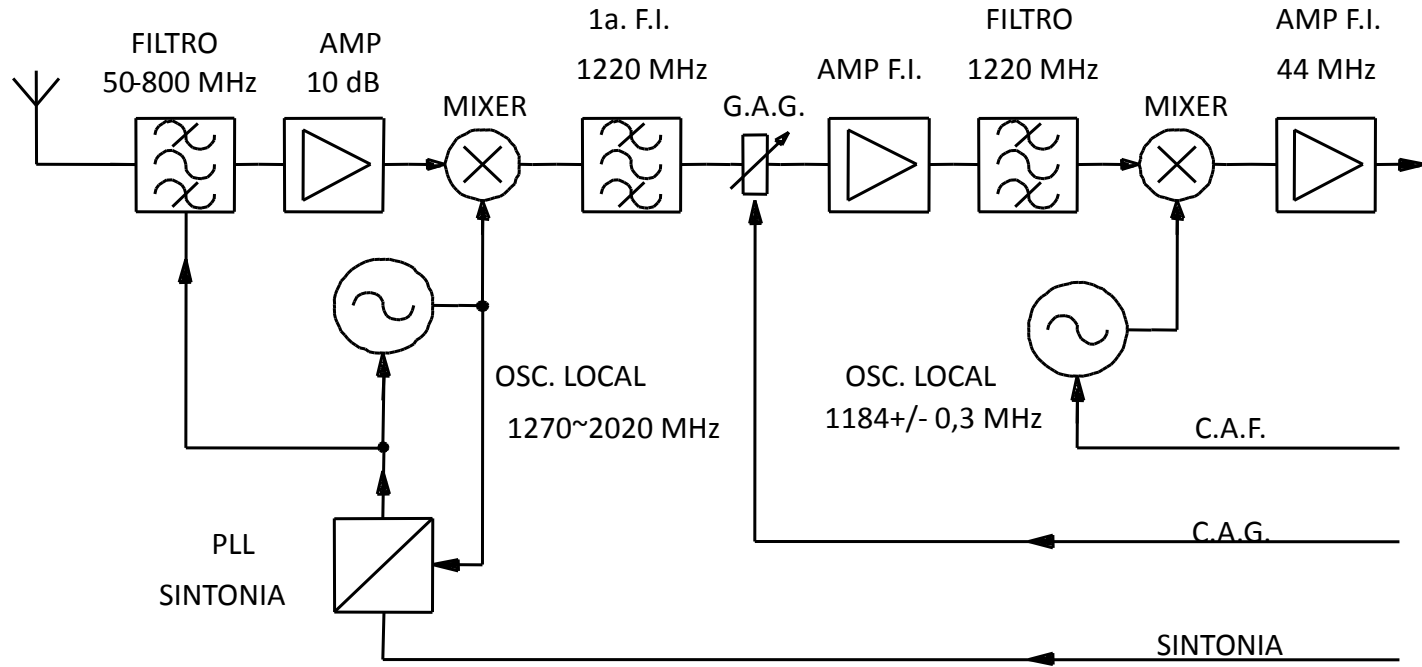


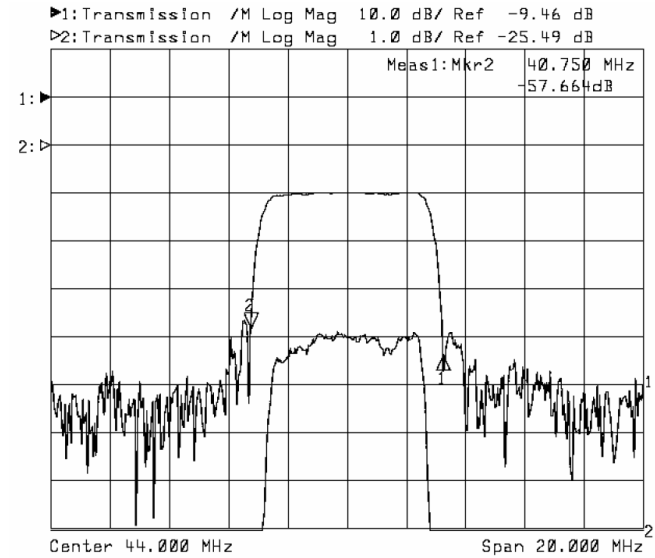
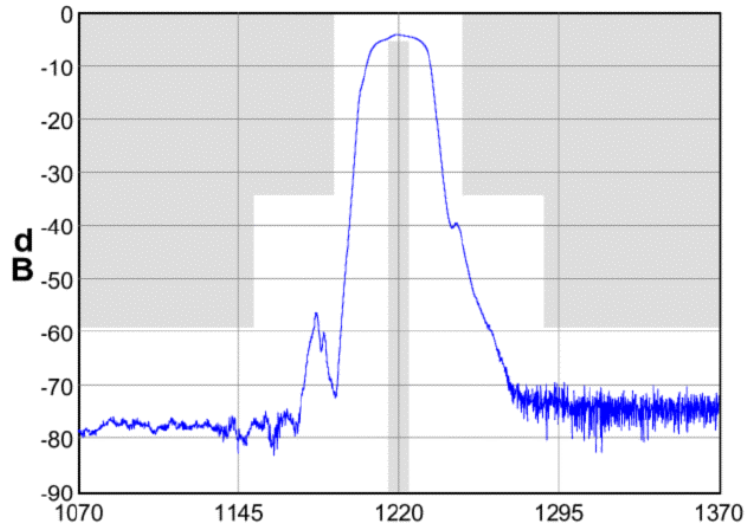
Diagrama de Blocos de um Receptor ATSC



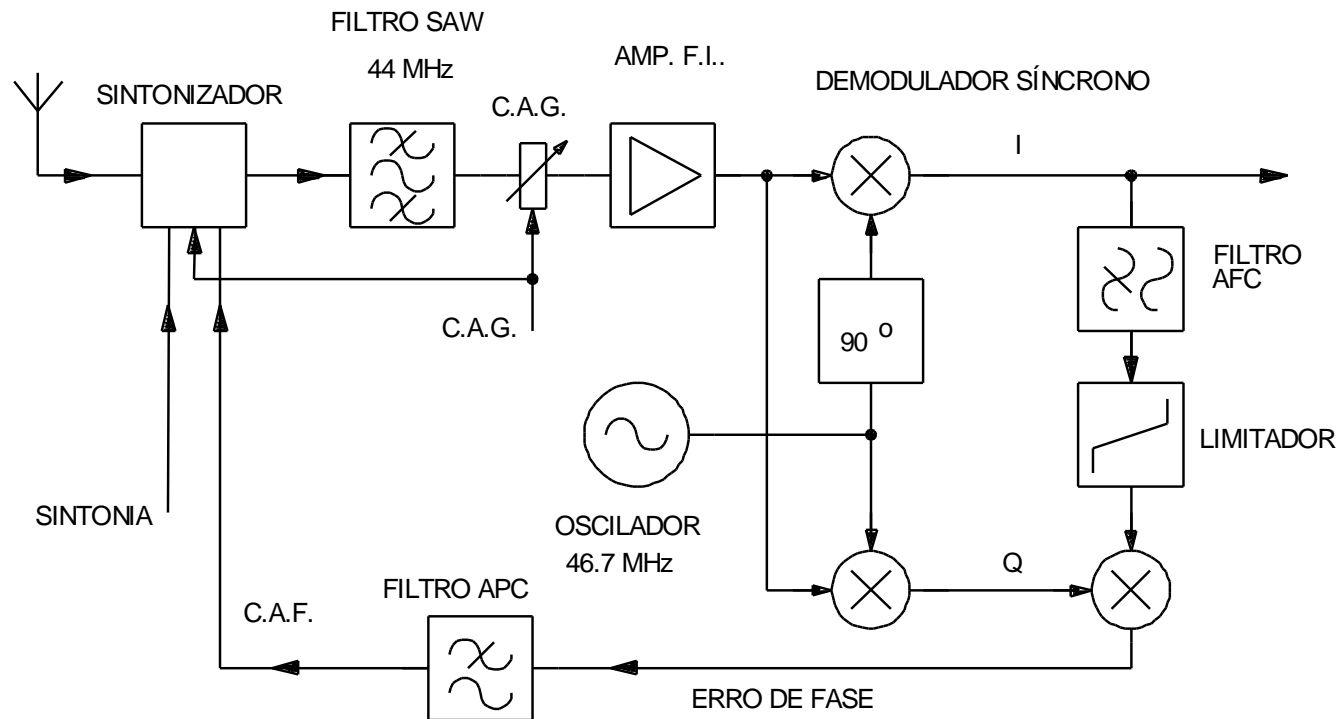
Sintonizador com Conversão Para Cima



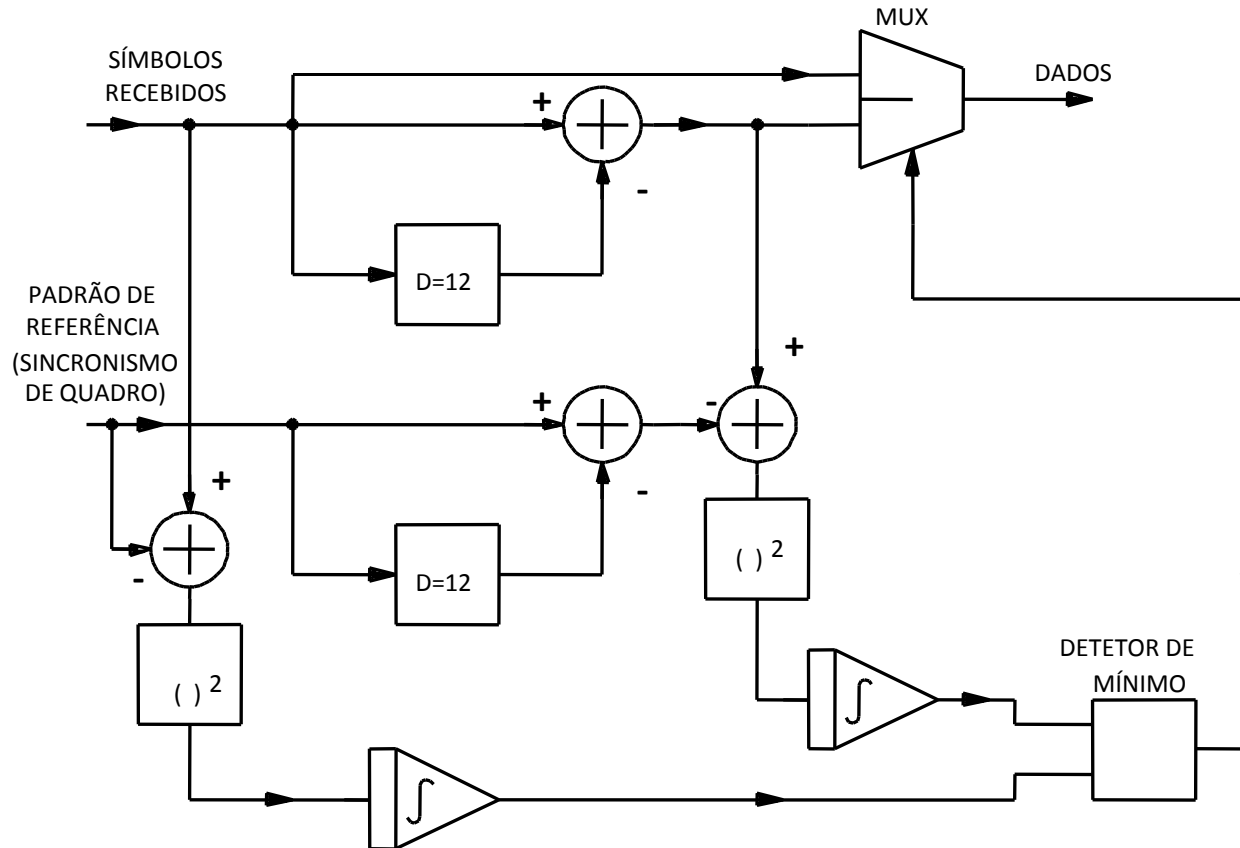
Filtros SAW p/ Dupla Conversão (1220 MHz e 44 MHz)



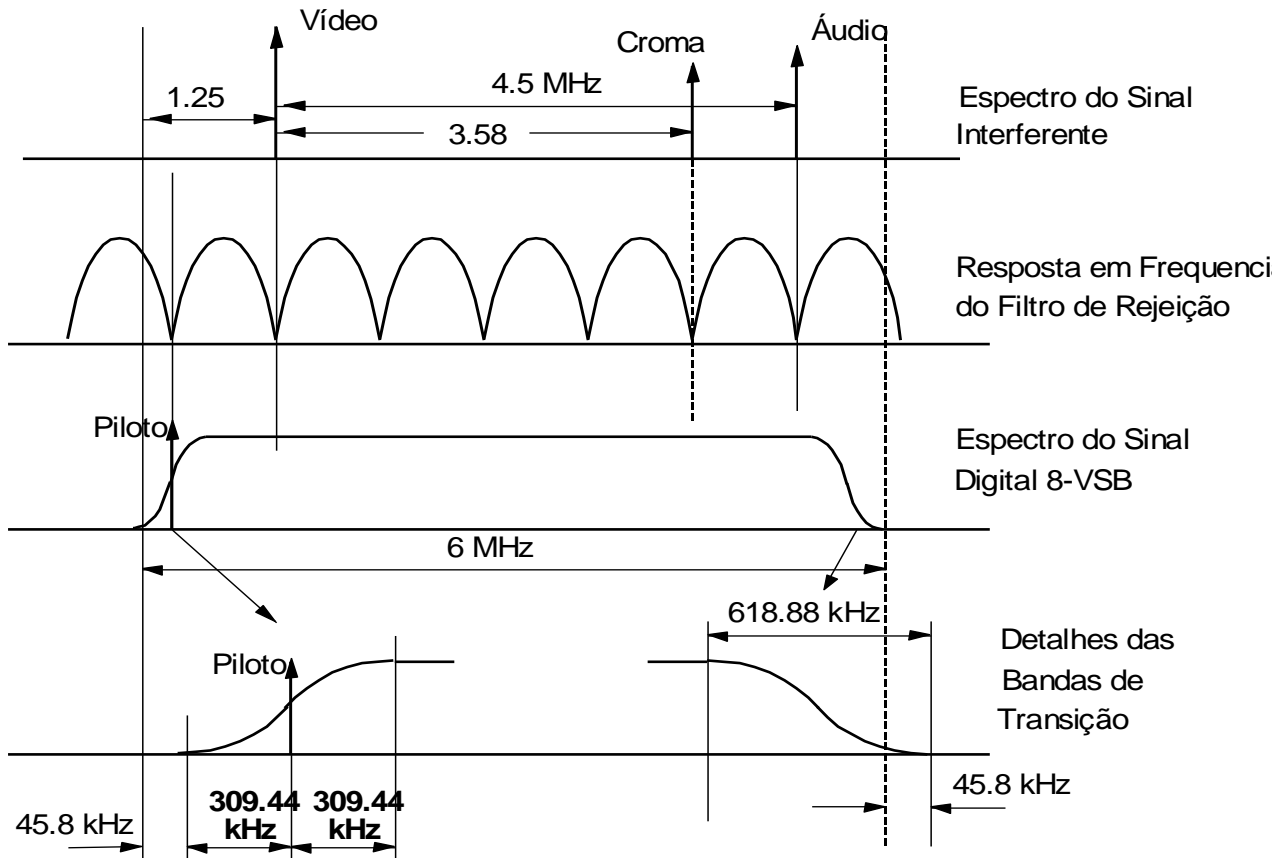
Filtro de F.I. e Controle Automático de Freqüência



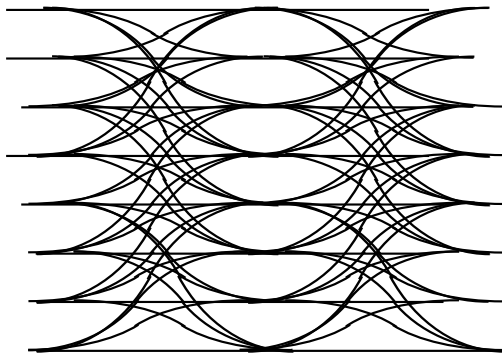
Filtro contra Interferência de Sinal de TV Analógica



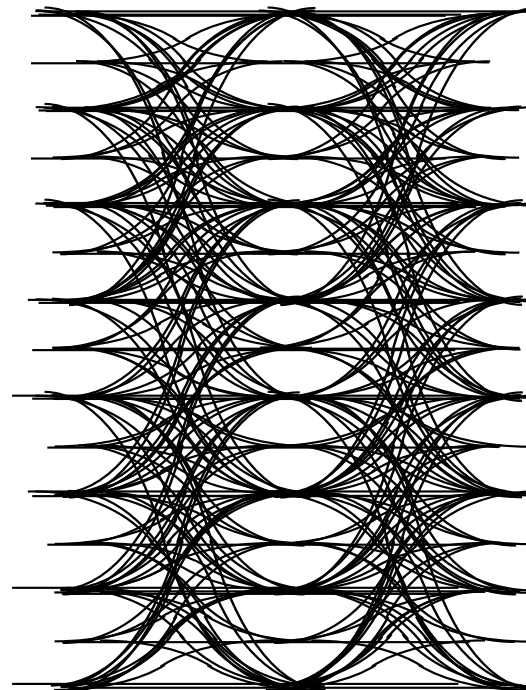
Filtro contra Interferência de Sinal de TV Analógica

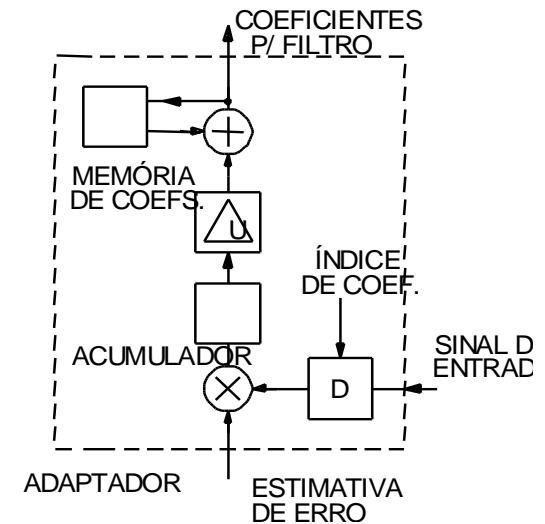
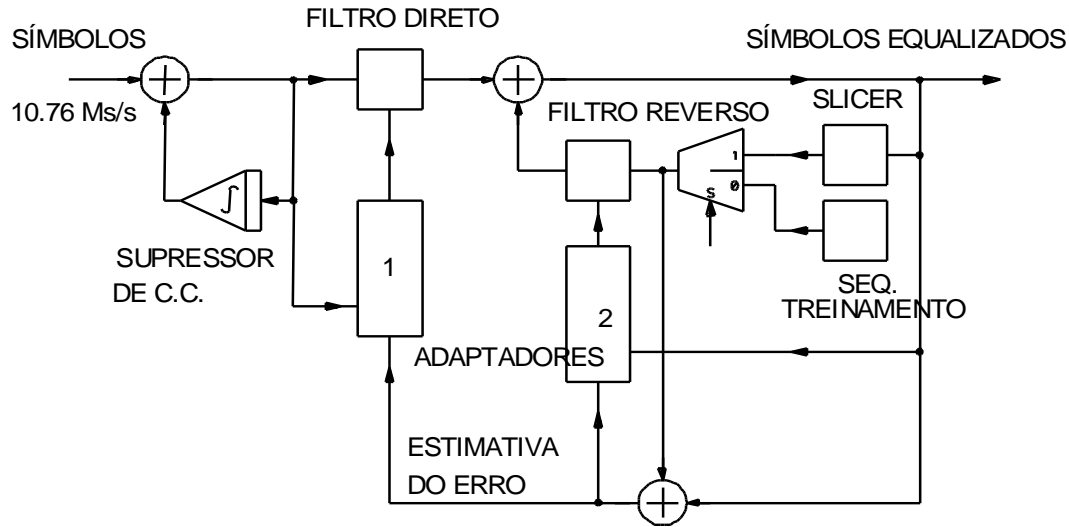


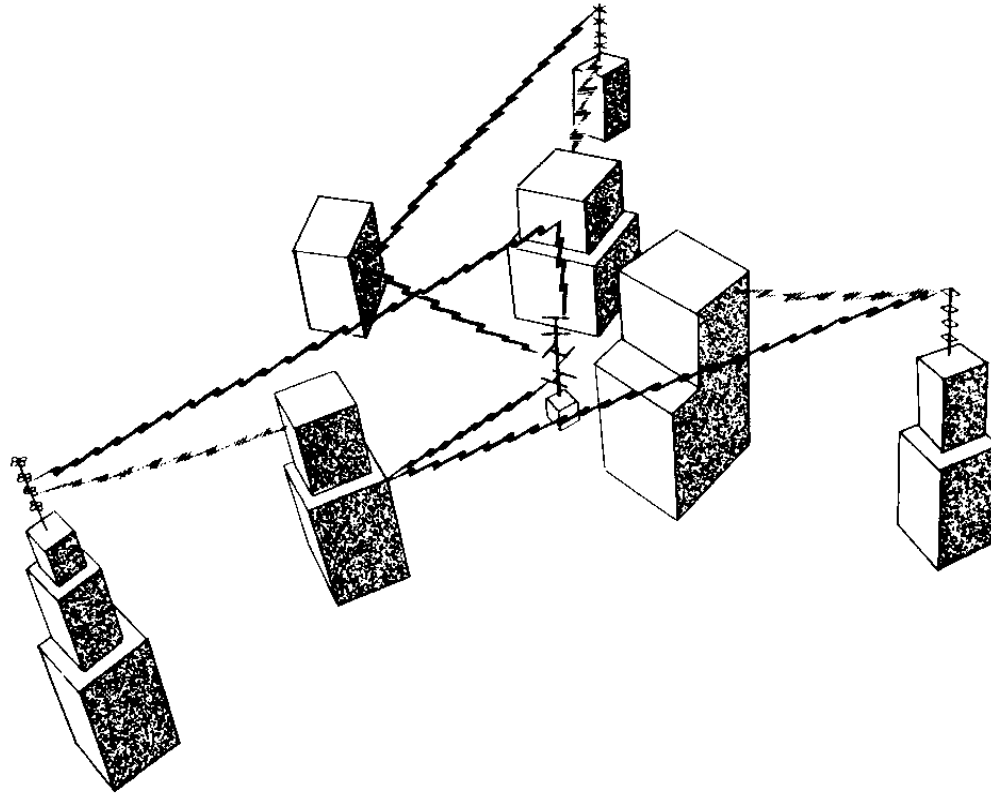
Sinal 8-VSB
sem Filtro de Interferência

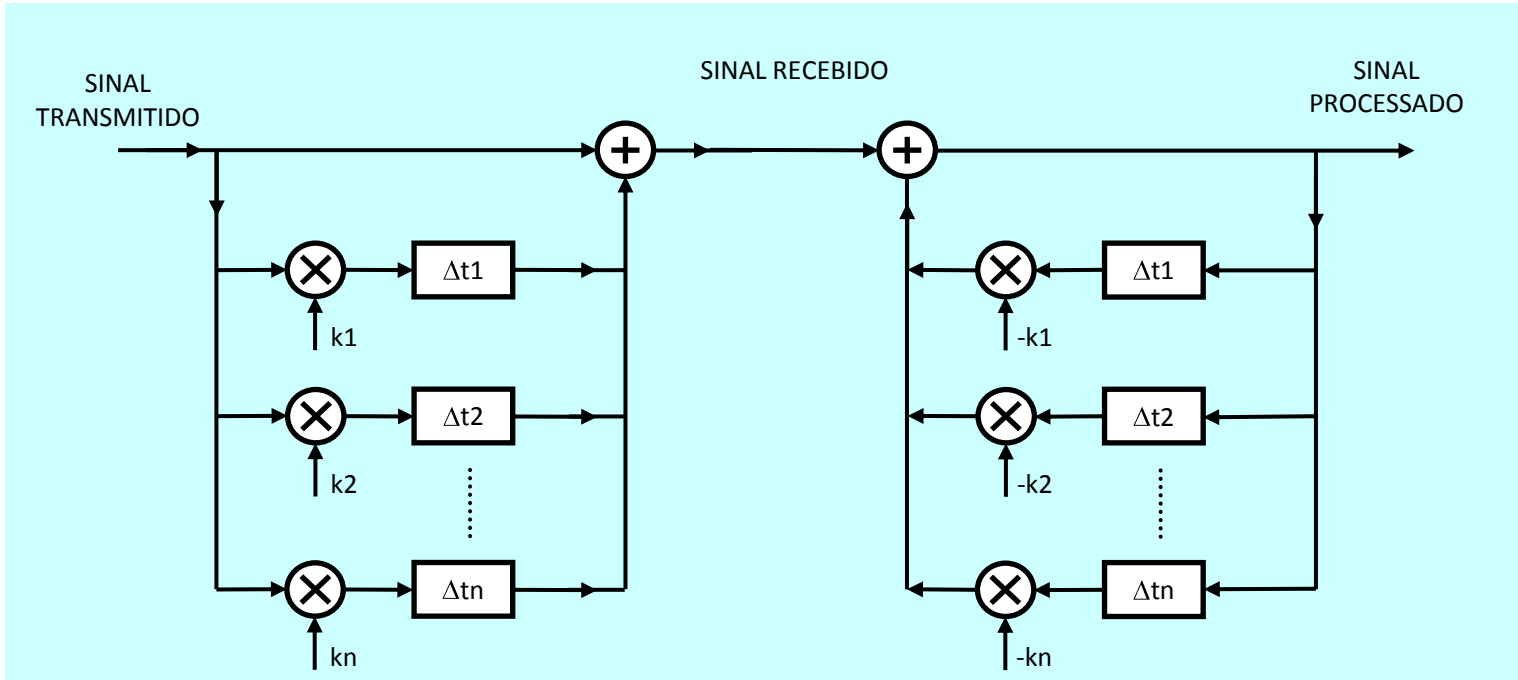


Após Filtro de Interferência
(15 níveis)





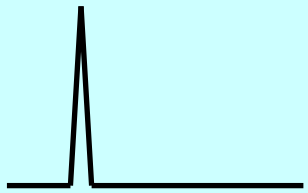




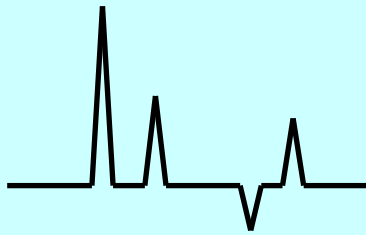
Modelo da Distorção
por Multi-percurso

Equalizador
Adaptativo no Receptor

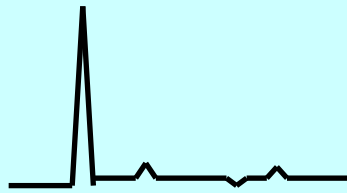
Cancelamento de Eco pelo Equalizador



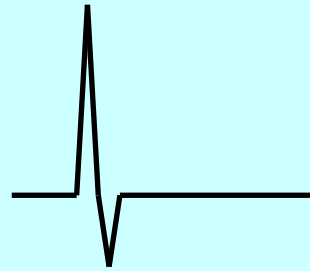
SINAL
TRANSMITIDO



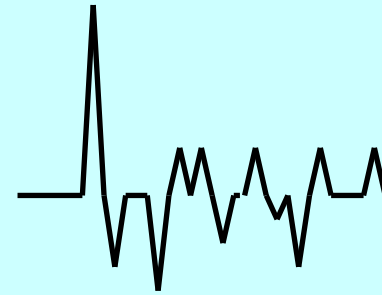
SINAL
RECEBIDO
COM ECOS



SINAL
PROCESSADO



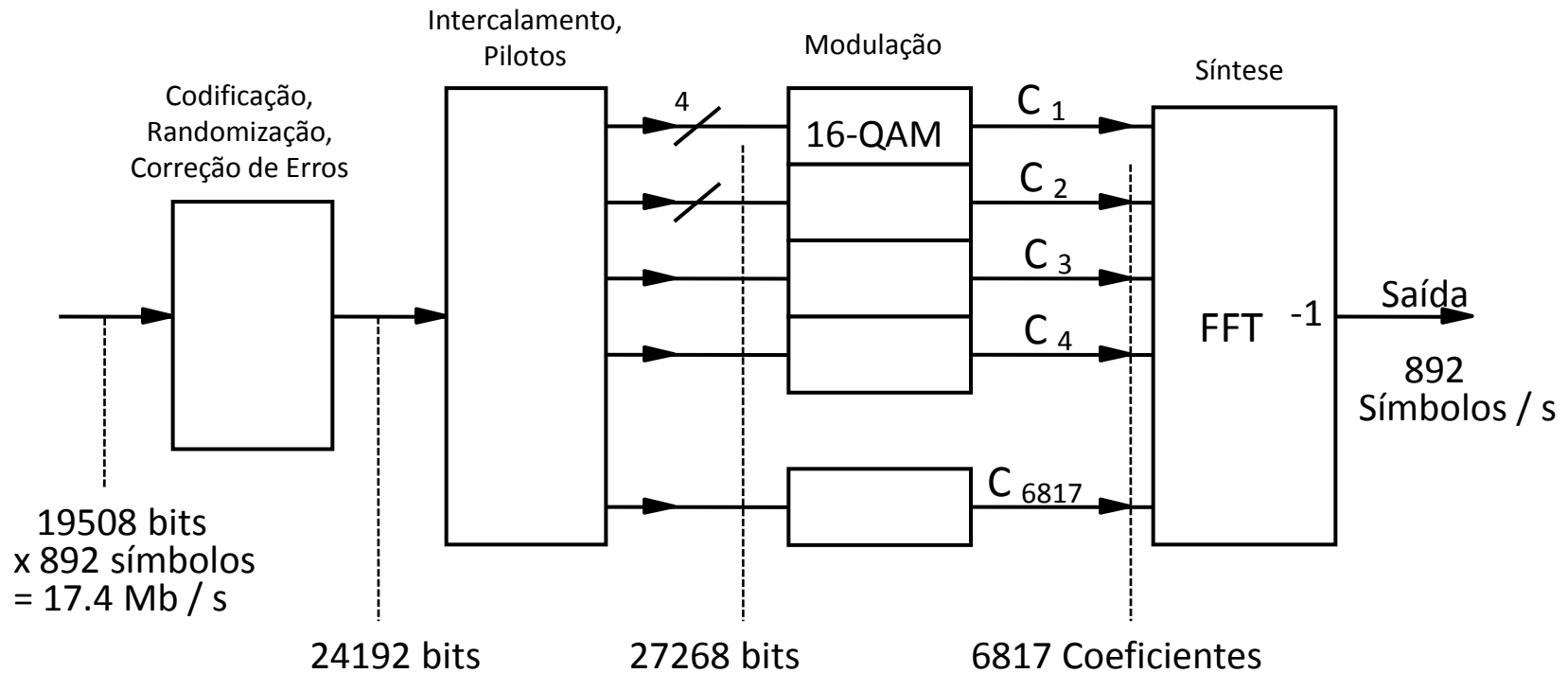
RUÍDO IMPULSIVO
RECEBIDO

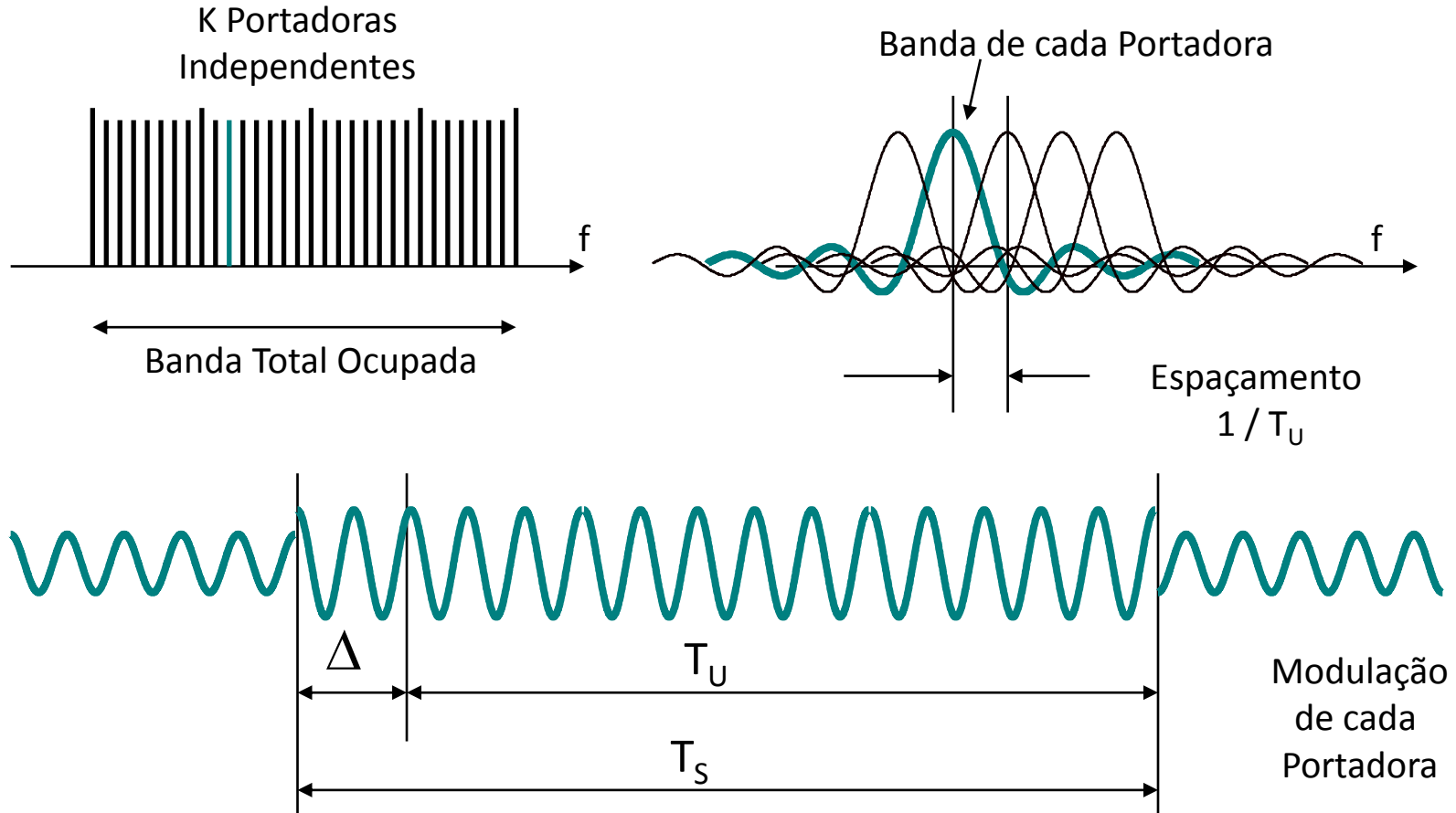


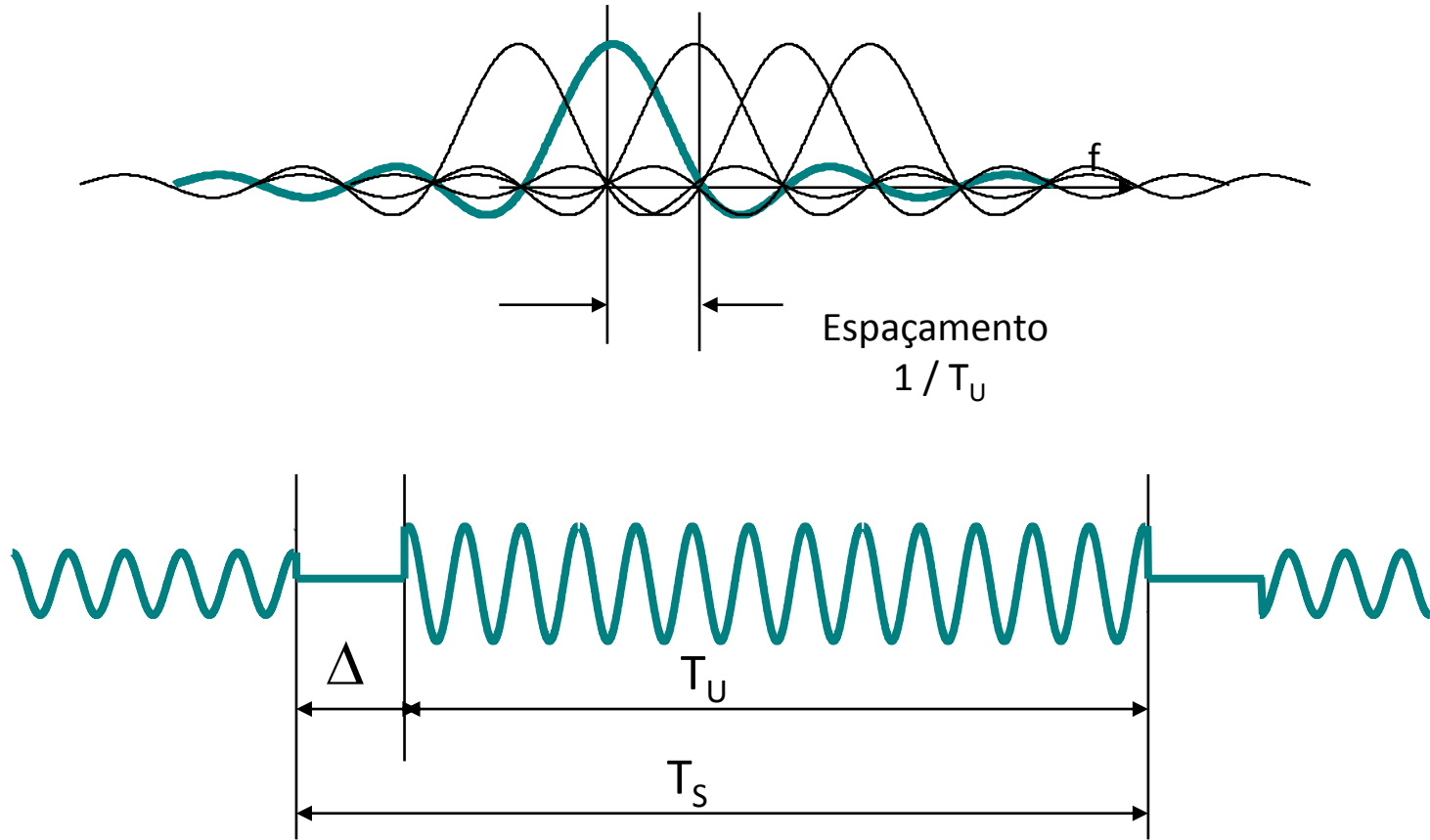
RUÍDO
PROCESSADO

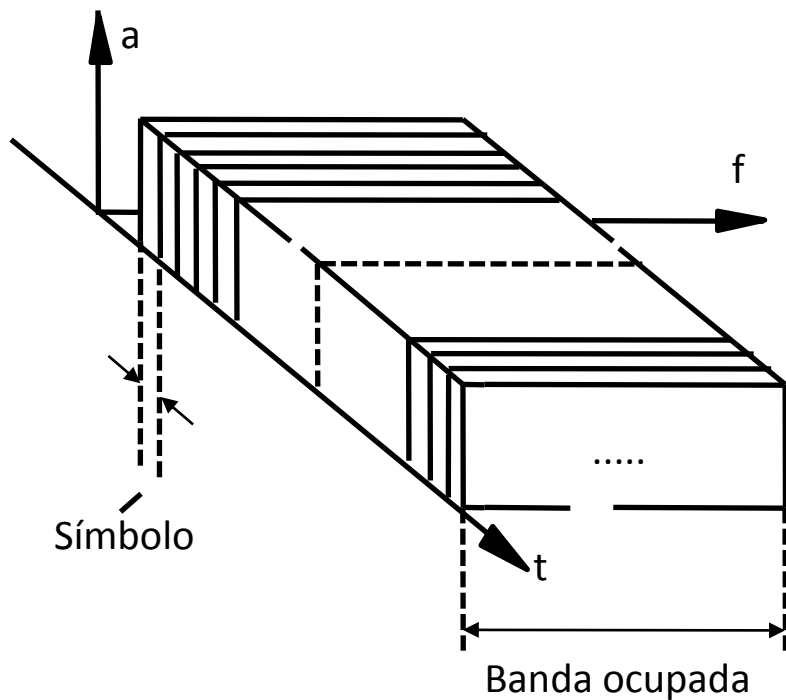
Sistema DVB-T – *Digital Video Broadcasting - Terrestrial*

- Aprovado para radiodifusão terrestre de TV Digital na Europa em 1997
- Compressão de Vídeo e Áudio: MPEG-2
- Transporte: Pacotes MPEG-2
- Modulação: COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex)
- Ocupação de Banda: Canal de 8 MHz

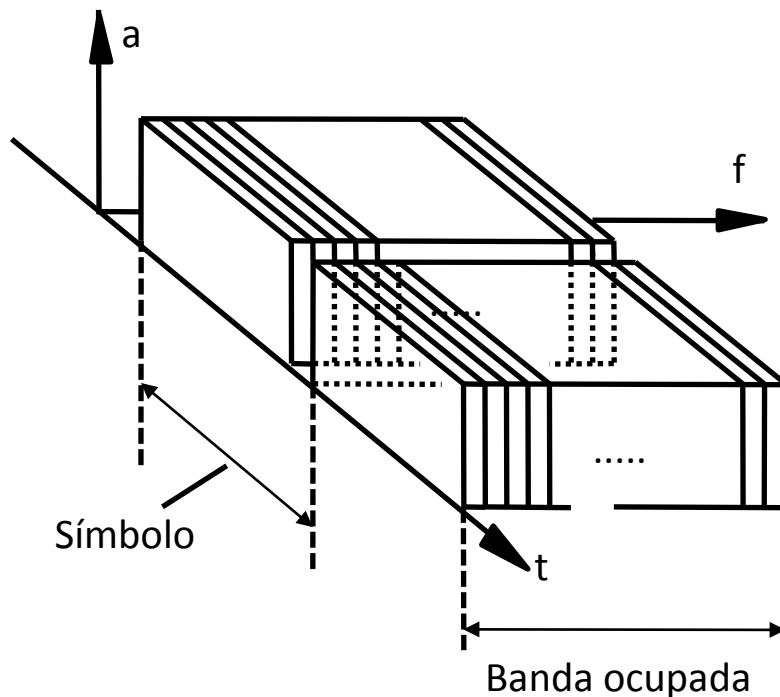




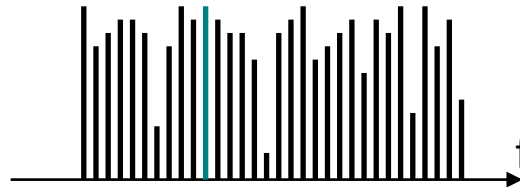
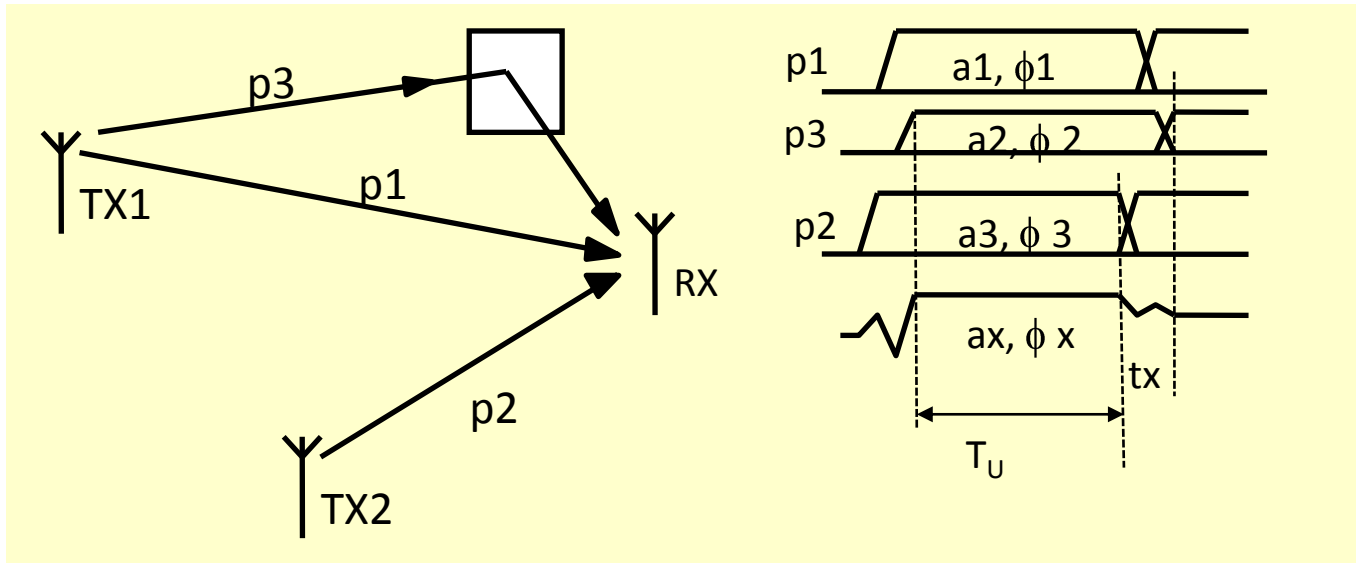




ATSC

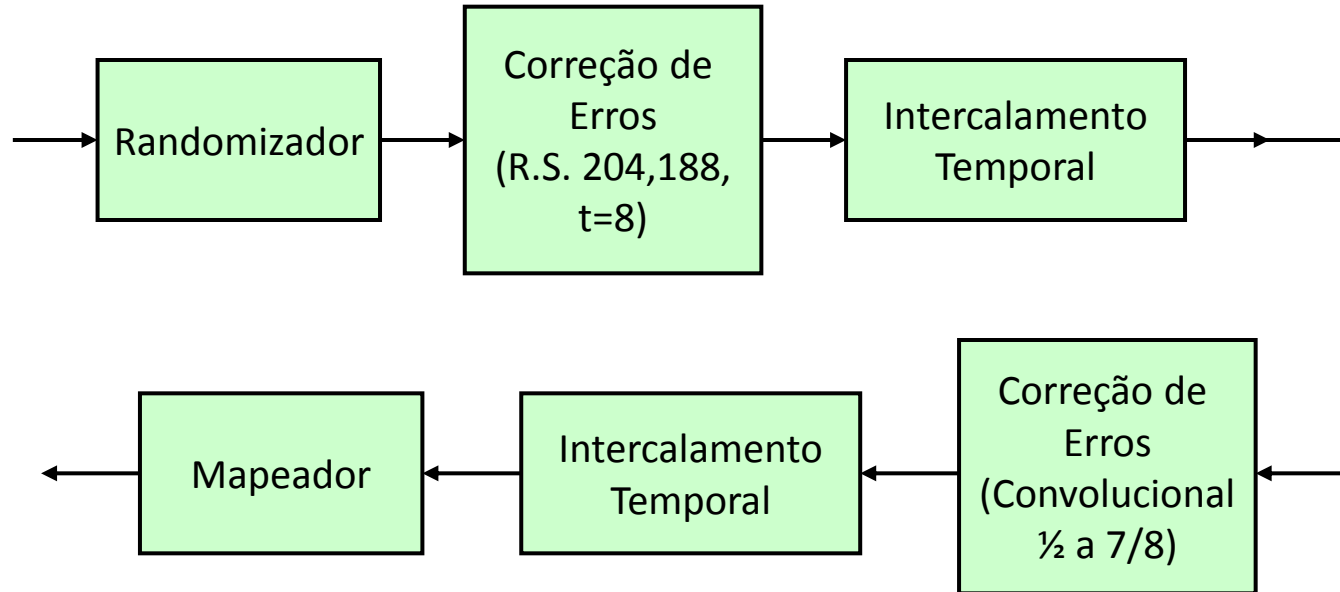


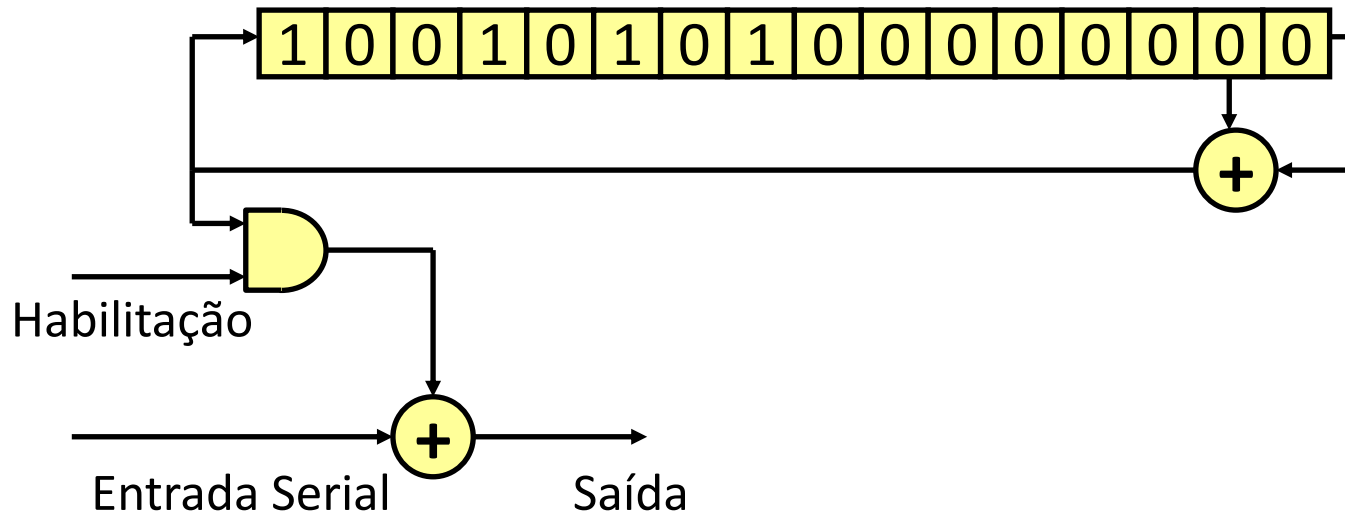
OFDM



Parâmetro	Modo 2K	Modo 8K
Número de Portadoras (K)	1705	6817
Portadoras Úteis	1512	6048
Portadoras Piloto Contínuas	45	177
Portadoras de Controle (TPS)	17	68
Duração Útil do Símbolo (T_U)	224 μ s (2048T)	896 μ s (8192 T)
Espaçamento entre Portadoras($1/ T_U$)	4464 Hz	1116 Hz
Ocupação de Banda ($K \times 1/ T_U$)	7.611 MHz	7.608 MHz
Intervalo de Guarda (Δ) (8 MHz)	56, 28, 14, 7 μ s	224, 112, 56, 28 μ s
Duração do Símbolo ($\Delta + T_U$)	280 – 231 μ s	1120 – 924 μ s

Largura do Canal	8 MHz	7 MHz	6 MHz
T (μ s)	7/64=0.109375	1/8=0.1250	7/48=0.14583

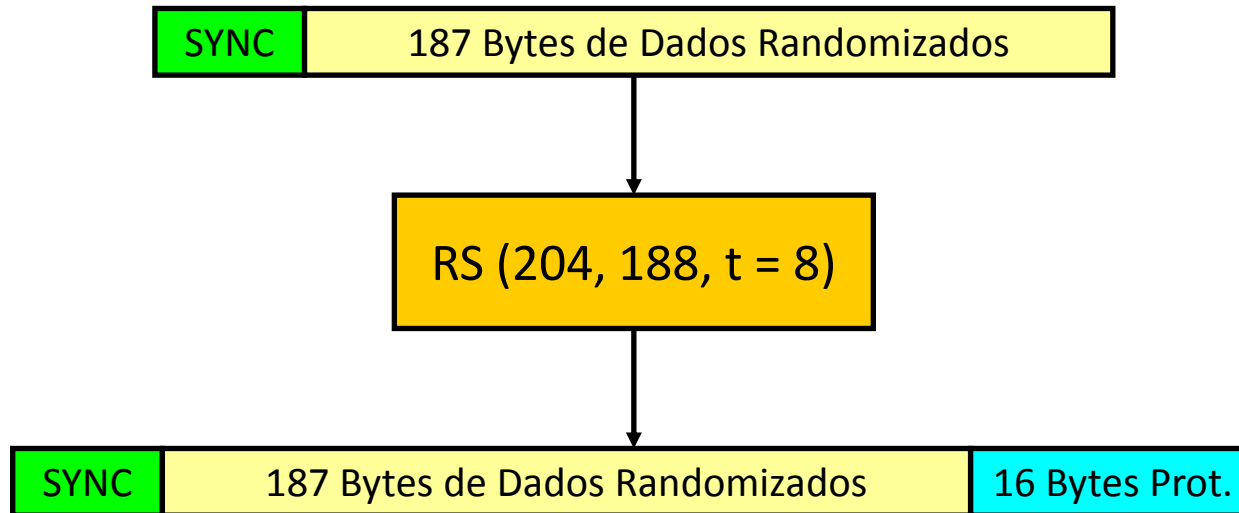




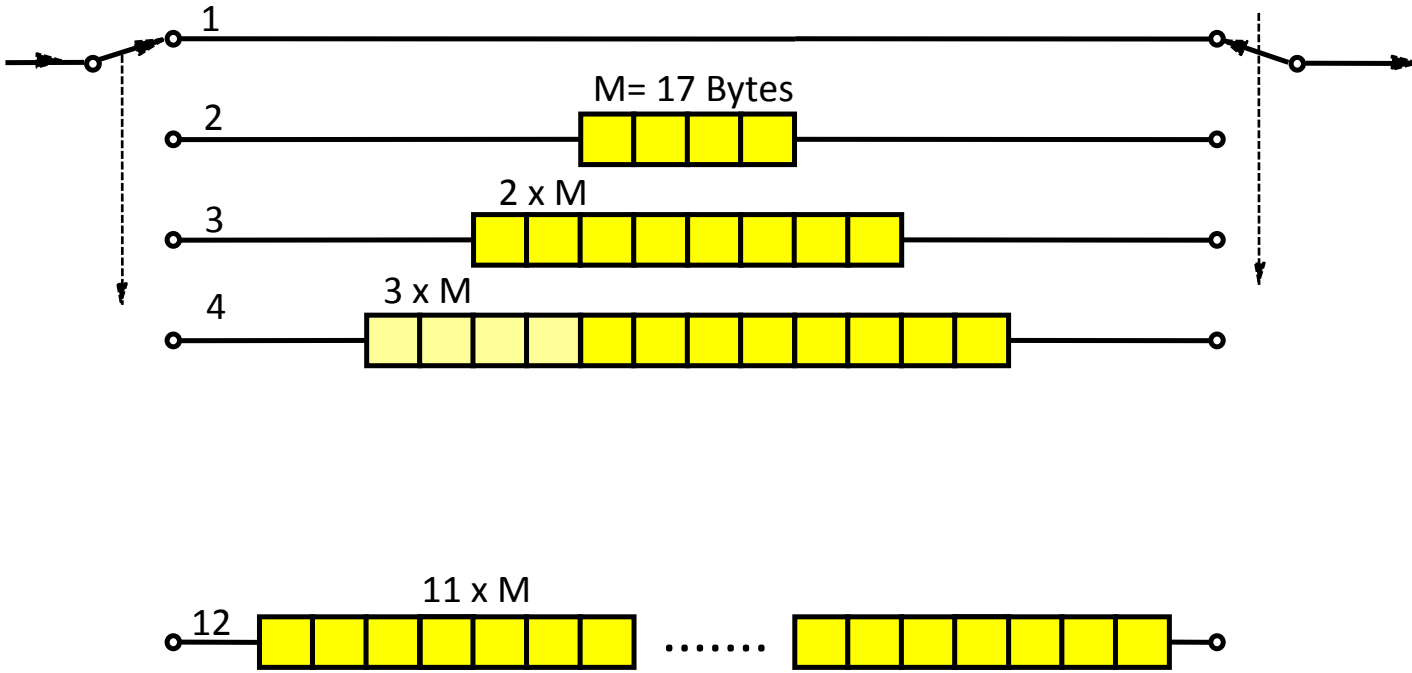
Polinômio Gerador: $X^{15} + X^{14} + 1$

Habilitação: = 0 durante Byte SINC MPEG

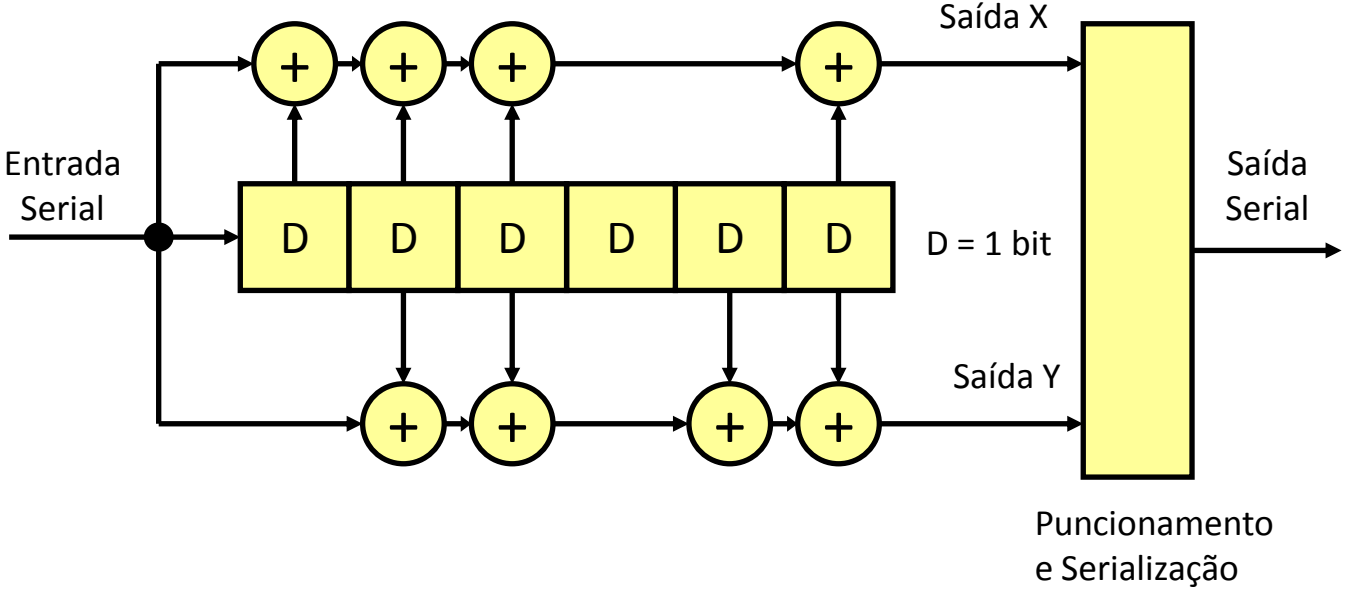
Inicialização: cada 8 pacotes MPEG (1504 bits)



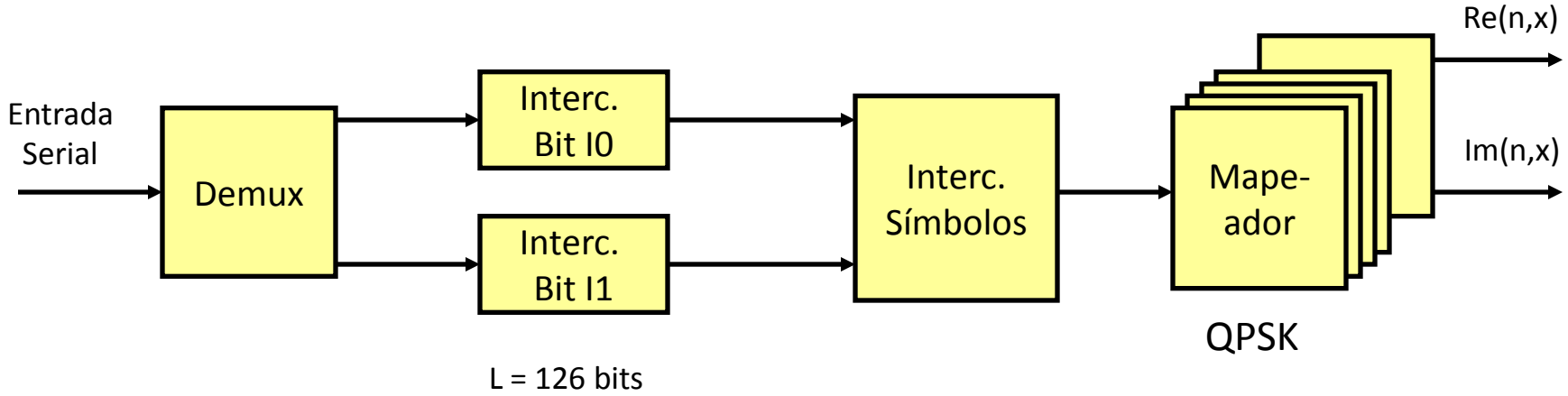
OBS: SYNC é invertido (47h para B8h) cada 8 pacotes.

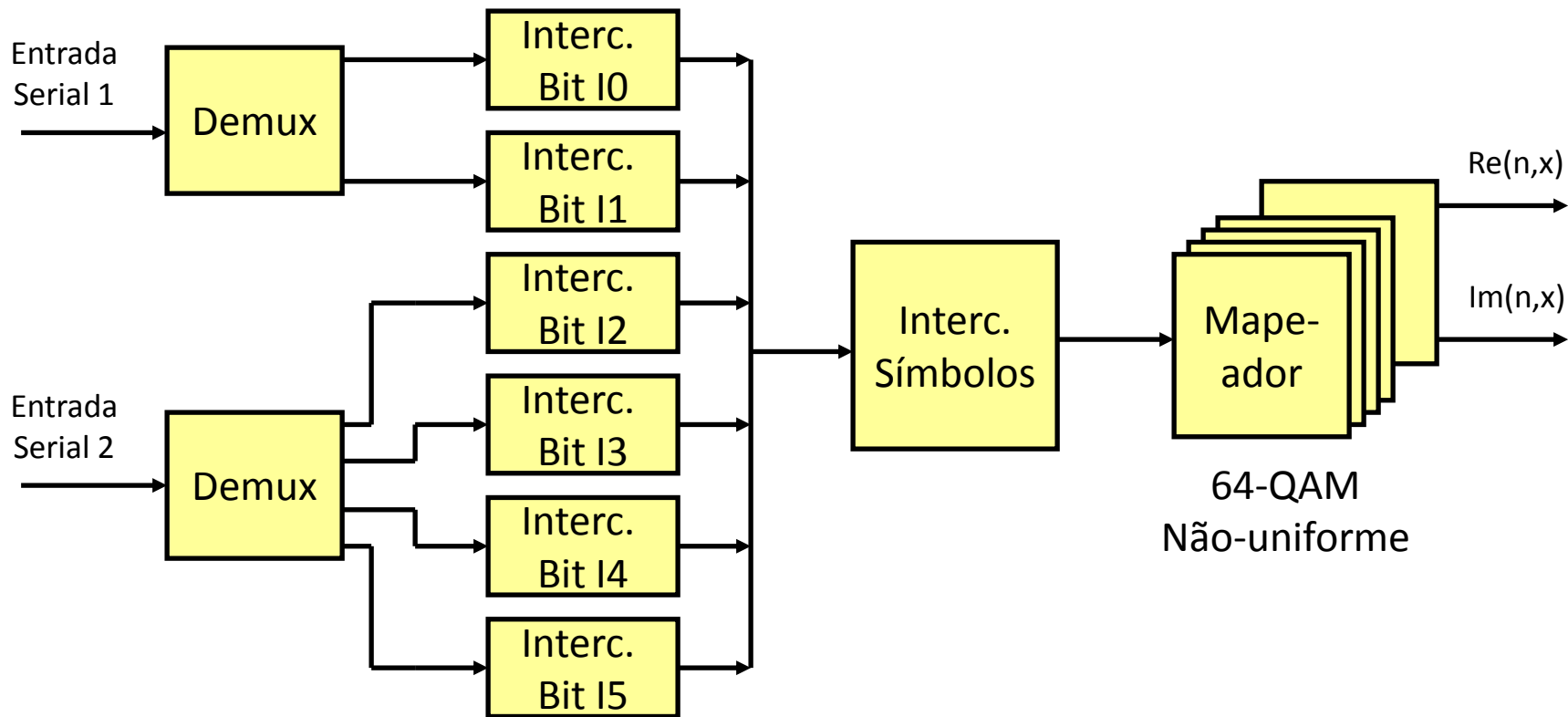


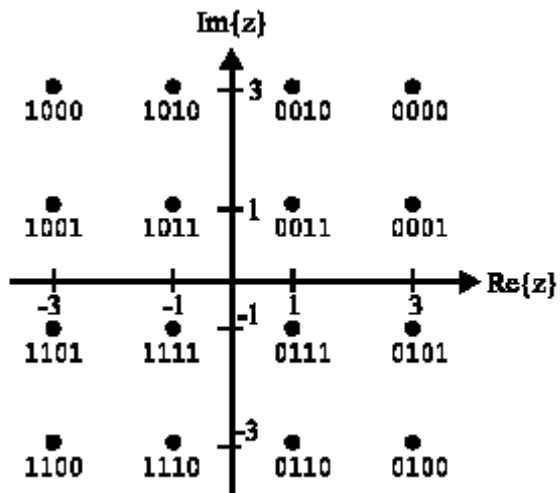
$12 \times 17 = 204$ bytes



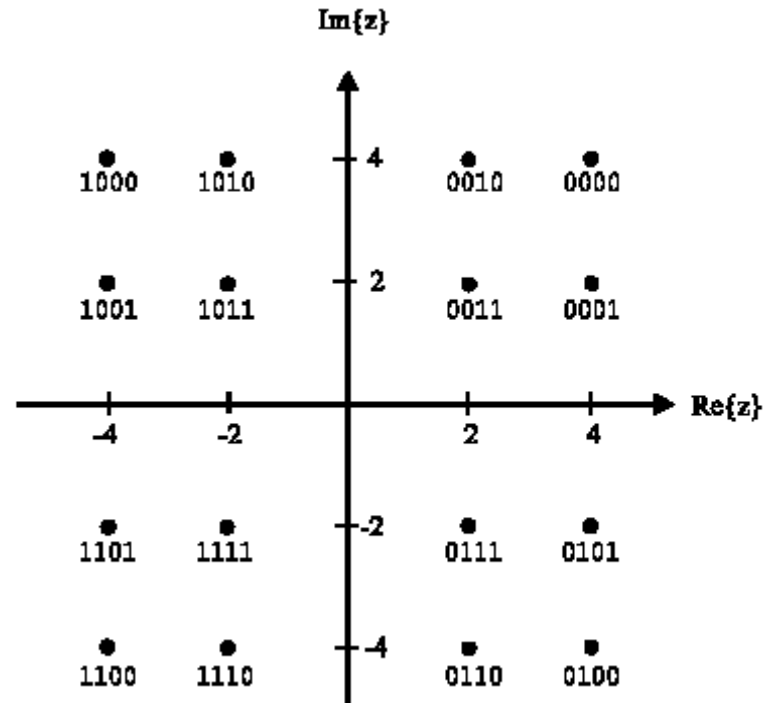
Taxa	Padrão de Puncionamento	Sequência de Bits Transmitidos
1/2	X: 1 Y: 1	X1 Y1 X2 Y2 X3 Y3 ...
2/3	X: 1 0 Y: 1 1	X1 Y1 Y2 X3 Y3 Y4...
3/4	X: 1 0 1 Y: 1 1 0	X1 Y1 Y2 X3 X4 Y4 Y5 X6...
5/6	X: 1 0 1 0 1 Y: 1 1 0 1 0	X1 Y1 Y2 X3 Y4 X5 ...
7/8	X: 1 0 0 0 1 0 1 Y: 1 1 1 1 0 1 0	X1 Y1 Y2 Y3 Y4 X5 Y6 X7 ...



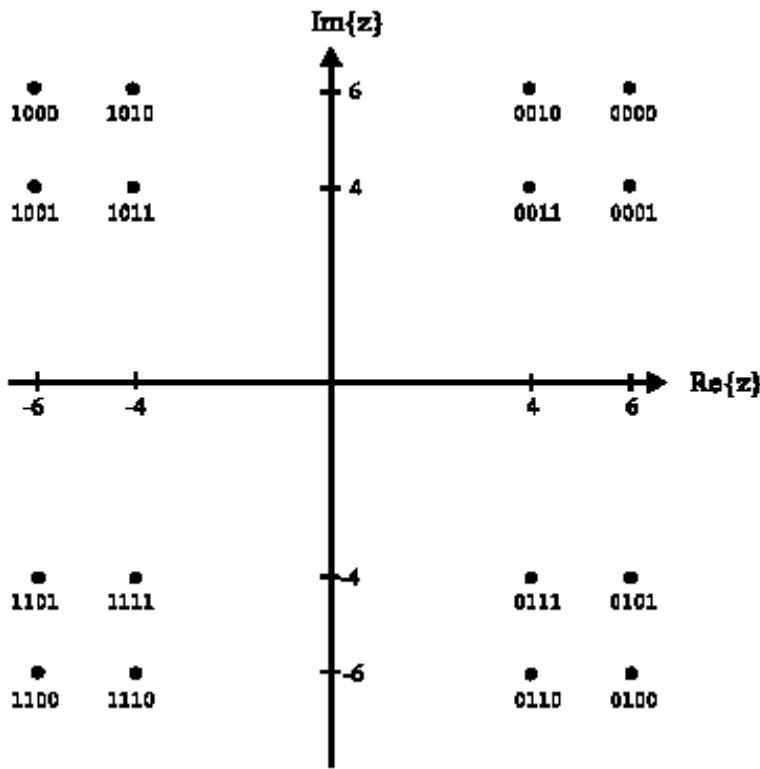




QAM-16

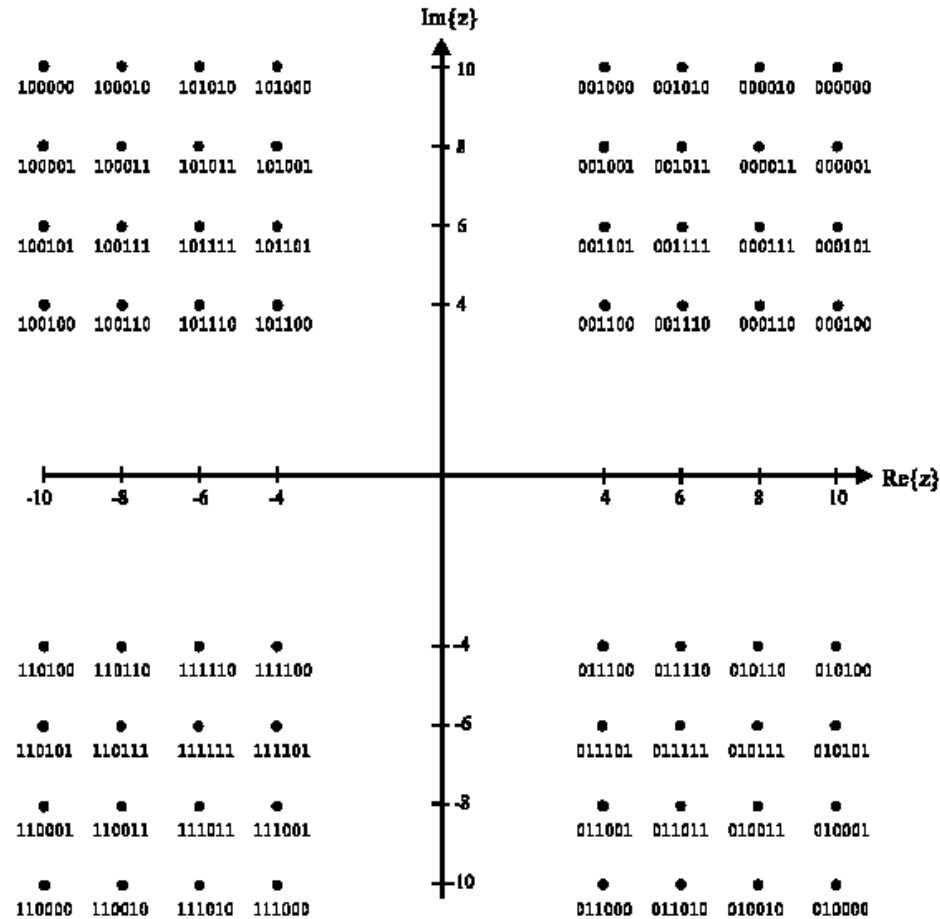


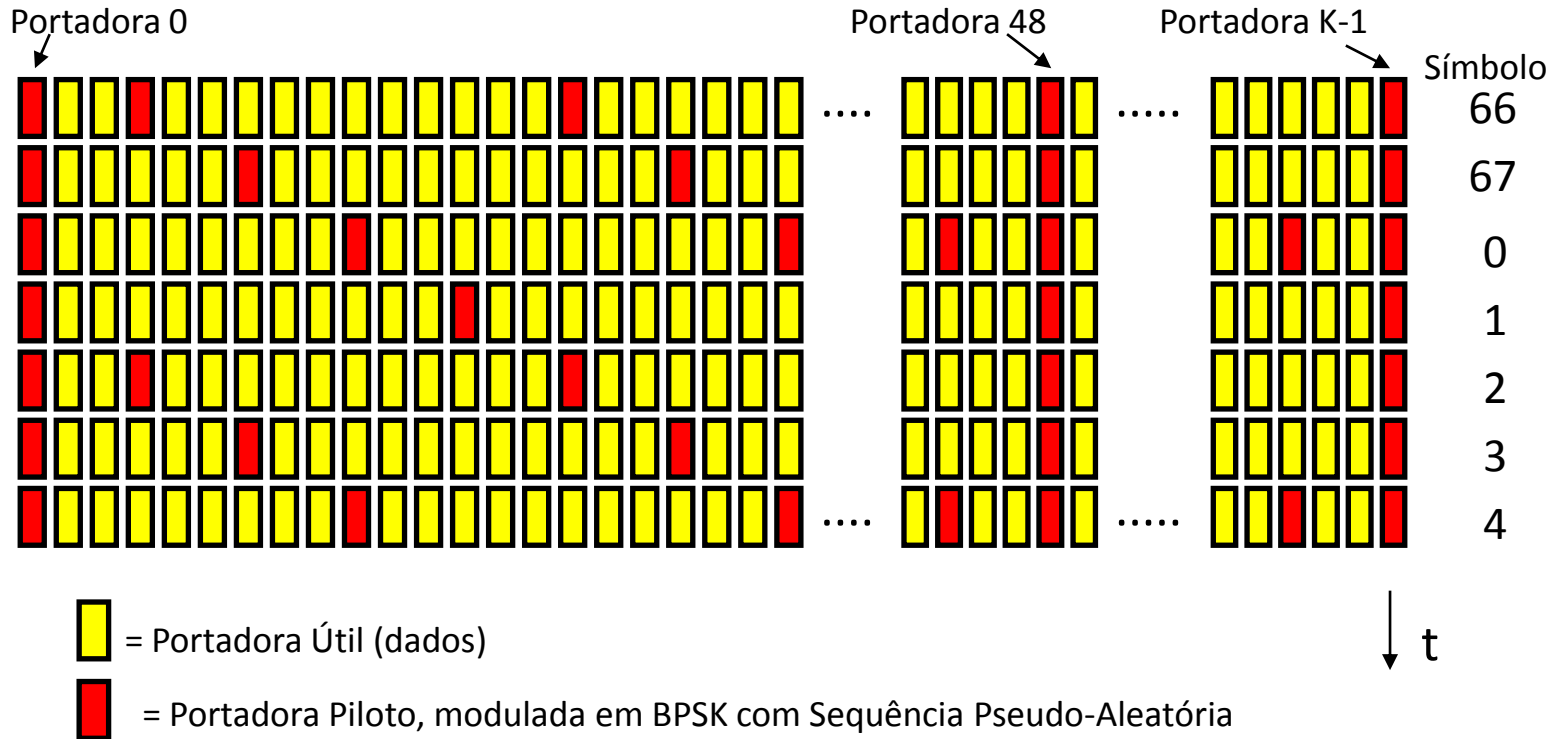
QAM-16 Não Uniforme ($\alpha=2$)



QAM-16 Não Uniforme ($\alpha=4$)

QAM-64
Não Uniforme
($\alpha=4$)



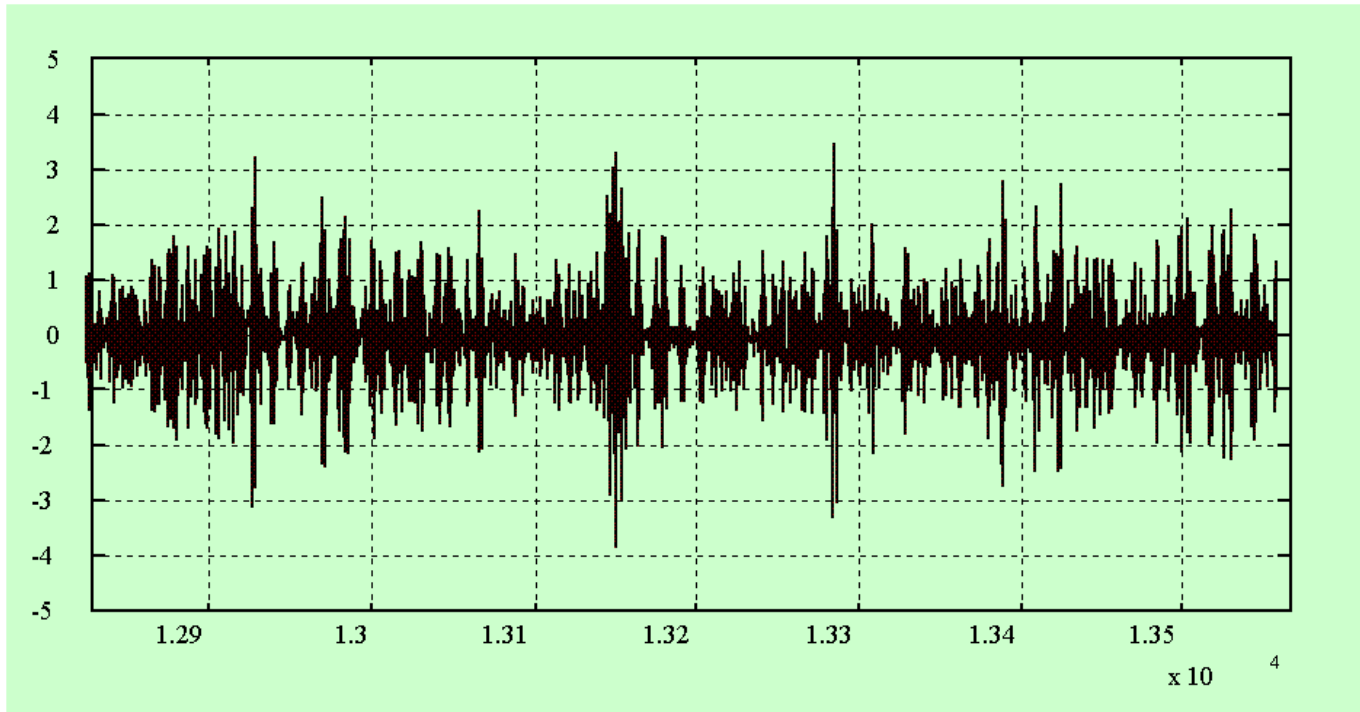


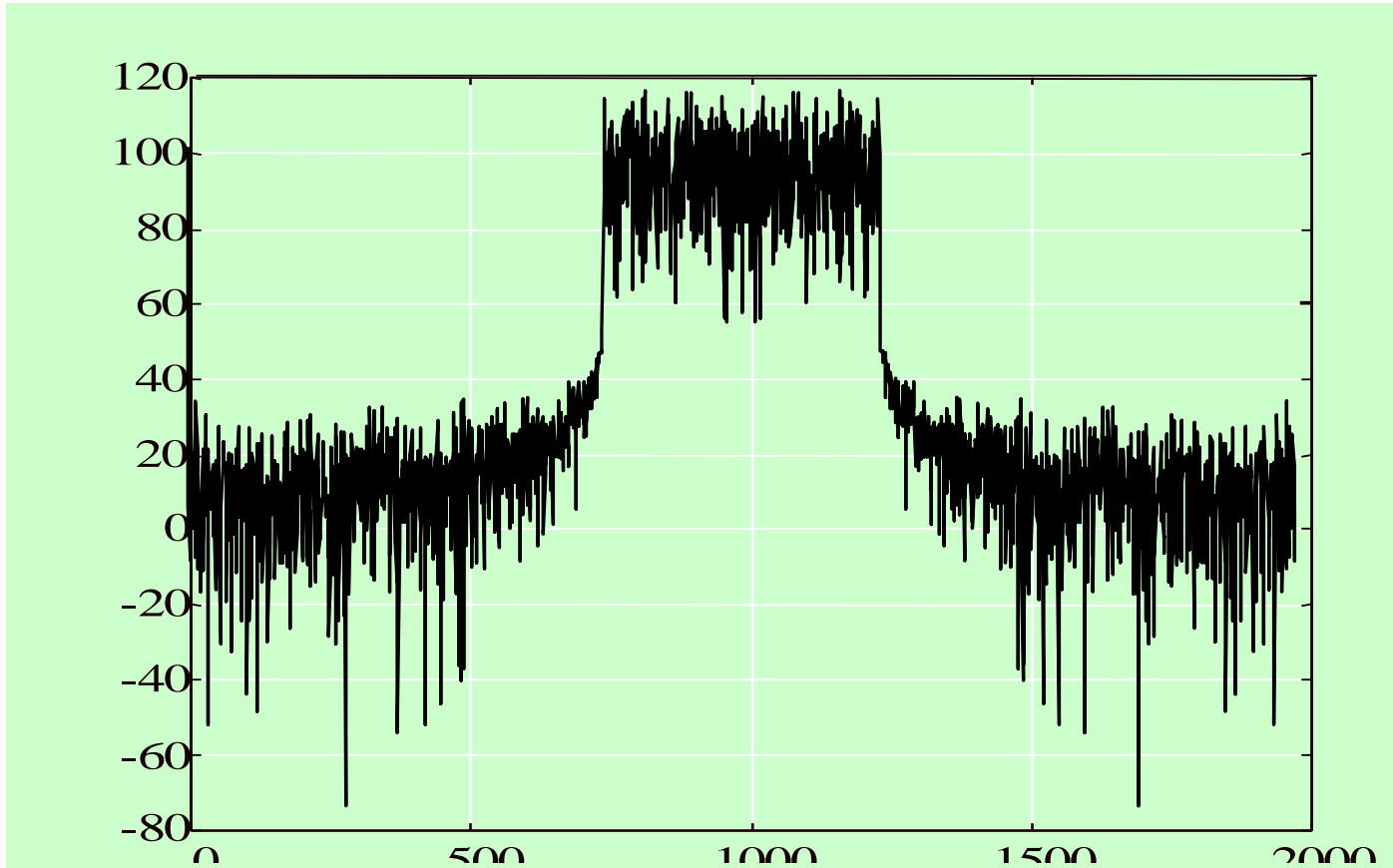
- Mesma Informação em cada símbolo para todas as portadoras TPS
- 1 bit por símbolo, codificação diferencial
- 68 símbolos consecutivos (1 Frame)
- 17 portadoras (Modo 2k) ou 68 portadoras (8k)

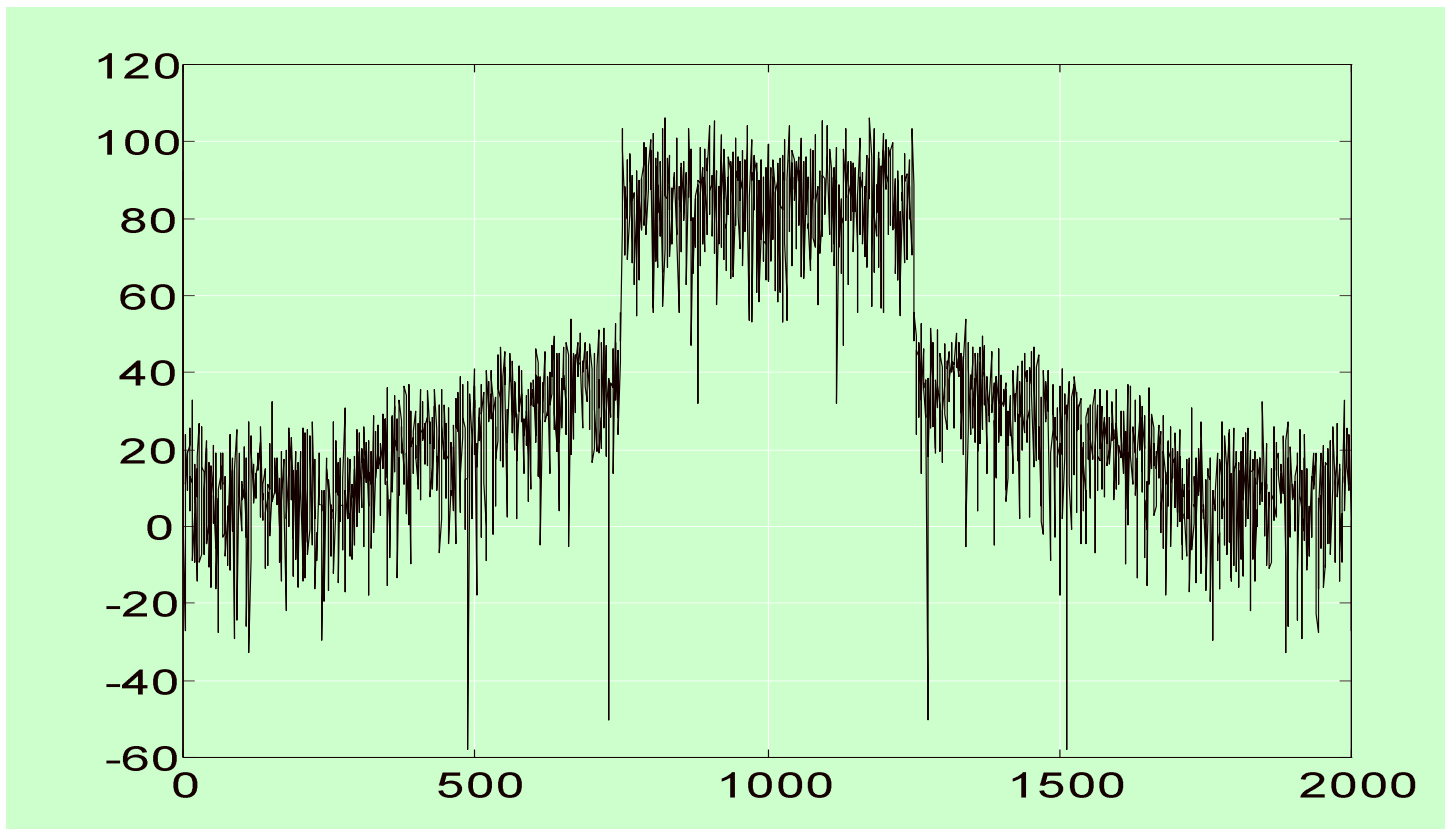
Bit	Formato	Finalidade
0	-	Inicialização da modulação diferencial
1 a 16	0011010111101110 ou compl.	Sincronismo
17 a 22	010111 ou 011111	Comprimento
23, 24	00, 01, 10, 11	Número do Frame
25, 26	00, 01, 10	Constelação (QPSK, QAM-16, QAM-64)
27 a 29	000 a 011	Hierarquia (sem, $\alpha=1$, $\alpha=2$, $\alpha=4$)
30 a 32	000 a 100	Taxa Cód Convolutacional, Fluxo de Alta Prioridade
33 a 35	000 a 100	Idem, Baixa Prioridade (1/2, 2/3, 3/4 5/6, 7/8)
36, 37	00, 01, 10, 11	Intervalo de Guarda (1/32, 1/16, 1/8, 1/4)
38, 39	00, 01	Modo de Tansmissão (2k, 8k)
40 a 47	n	Identificador de Célula (Opcional)
40 a 53	0000000000000000	Reservados
54 a 67	Código BCH	Correção de Erros

Modulation	Code rate	Required C/N for BER = 2×10^{-4} after Viterbi QEF after Reed-Solomon			Bitrate (Mbit/s)			
		Gaussian channel	Ricean channel (F ₁)	Rayleigh channel (P ₁)	$\Delta/T_U = 1/4$	$\Delta/T_U = 1/8$	$\Delta/T_U = 1/16$	$\Delta/T_U = 1/32$
QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4	4,98	5,53	5,85	6,03
QPSK	2/3	4,9	5,7	8,4	6,64	7,37	7,81	8,04
QPSK	3/4	5,9	6,8	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05
QPSK	5/6	6,9	8,0	13,1	8,29	9,22	9,76	10,05
QPSK	7/8	7,7	8,7	16,3	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	8,8	9,6	11,2	9,95	11,06	11,71	12,06
16-QAM	2/3	11,1	11,6	14,2	13,27	14,75	15,61	16,09
16-QAM	3/4	12,5	13,0	16,7	14,93	16,59	17,56	18,10
16-QAM	5/6	13,5	14,4	19,3	16,59	18,43	19,52	20,11
16-QAM	7/8	13,9	15,0	22,8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,4	14,7	16,0	14,93	16,59	17,56	18,10
64-QAM	2/3	16,5	17,1	19,3	19,91	22,12	23,42	24,13
64-QAM	3/4	18,0	18,6	21,7	22,39	24,88	26,35	27,14
64-QAM	5/6	19,3	20,0	25,3	24,88	27,65	29,27	30,16
64-QAM	7/8	20,1	21,0	27,9	26,13	29,03	30,74	31,67

NOTE: Figures in italics are approximate values.
Quasi Error Free (QEF) means less than one uncorrected error event per hour, corresponding to BER = 10^{-11} at the input of the MPEG-2 demultiplexer.







- ATSC: otimizado para taxa de bits x relação S/R do canal, para maximizar cobertura para uma dada potência
- DVB-T: otimizado para operar em condições severas de multi-percurso e permitir SFN (Single Frequency Network)

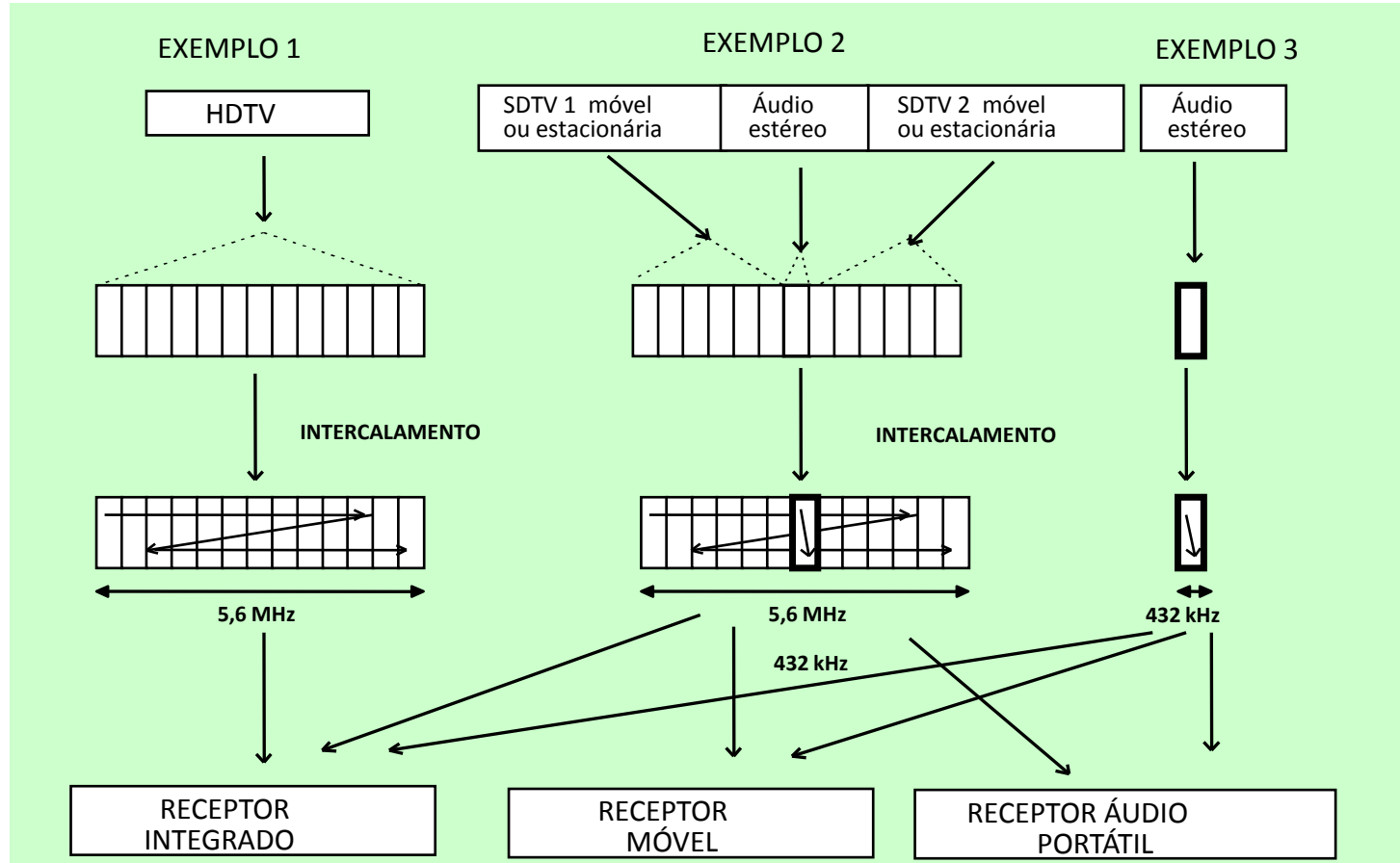
- A Favor:
 - Maior taxa de bits / MHz
 - Robustez a ruído de fase
 - Maior alcance para dada potência de transmissão
 - Bom desempenho com ruído impulsivo
- Contra:
 - Não permite recepção móvel
 - Equalização piora desempenho por S/R
 - Equalização aumenta necessidade de processamento
 - Baixo desempenho com antenas internas

- A Favor:
 - Tolerância a multi-percurso
 - Robustez para interferências em frequências fixas
 - Facilidade para uso de retransmissores em zonas de sombra (“gap filler”)
 - Bom desempenho com antenas internas
 - Permite recepção móvel
- Contra:
 - Baixa tolerância a ruído impulsivo
 - Baixa tolerância a ruído de fase em misturadores

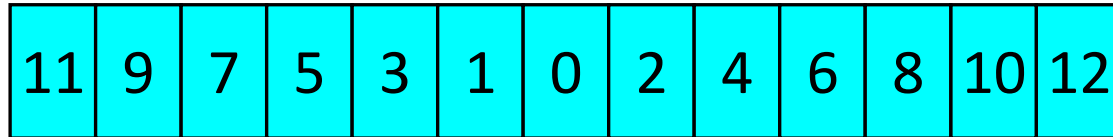
- ATSC: ~ 10 M símbolos/seg.
 - ~ 10 MIPS (processamento básico)
 - ~ 10 MIPS adicionais para cada “tap” do EQ
- COFDM: ~ 1 k símbolos/seg.
 - ~ 100 MIPS (FFT de 8196 pontos)
 - Independe de equalização

Sistema ISDB-T – *Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial*

- Aprovado para radiodifusão terrestre de TV Digital no Japão (No ar desde 2004)
- Compressão de Vídeo e Áudio: MPEG-2
- Transporte: Pacotes MPEG-2
- Modulação: OFDM Segmentada
- Entrelaçamento temporal até 380 ms
- Ocupação de Banda: Canal de 6 MHz

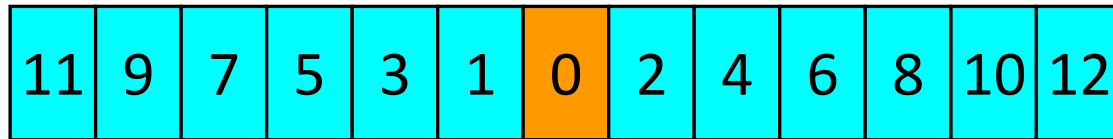


Modo ISDB-T	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Banda do Canal	5575 kHz (6000/14) _x 13+ Δ f	5573 kHz (6000/14) _x 13+ Δ f	5572 kHz (6000/14) _x 13+ Δ f
Espaçamento Portadoras	3.968 kHz 6000/14/108	1.984 kHz 6000/14/216	0.992 kHz 6000/14/432
No. Total de Portadoras	1405 108 _x 13+1	2809 216 _x 13+1	5617 432 _x 13+1
Processo de Modulação	QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK		
Duração do Símbolo	252 μ s	504 μ s	1008 μ s
Banda de Guarda	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 da duração do Símbolo		
Código Interno	Código Convolutacional (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)		
Código Externo	RS (204,188)		
Intercalamento	0, 0.096, 0.19, 0.38 seg.		
Taxa de Bits	3.651 ~ 23.234Mbit/s		



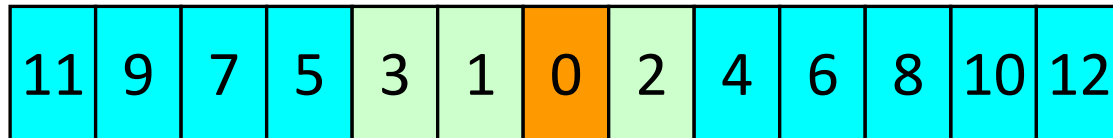
A

13 segmentos para Modulação QAM (Camada A)



A B

12 segmentos QAM (Camada B) e 1 recepção parcial (Camada A)

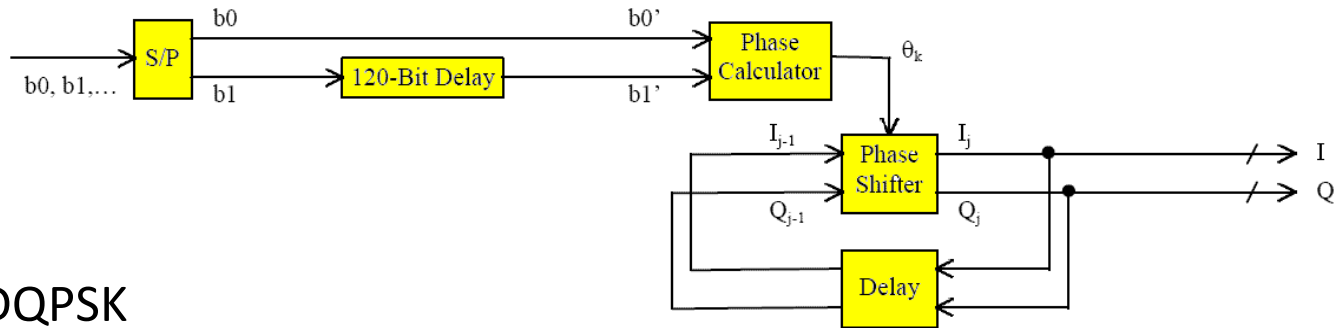


A B C

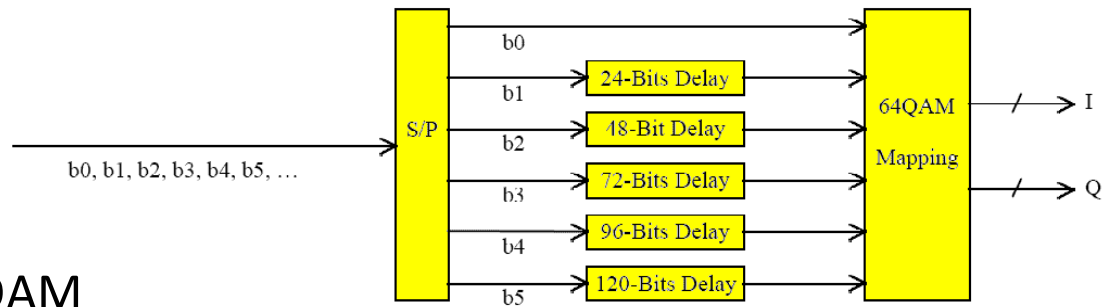
9 segmentos QAM (Camada C), 1 recepção parcial (Camada A) e 3 com DQPSK (Camada B)

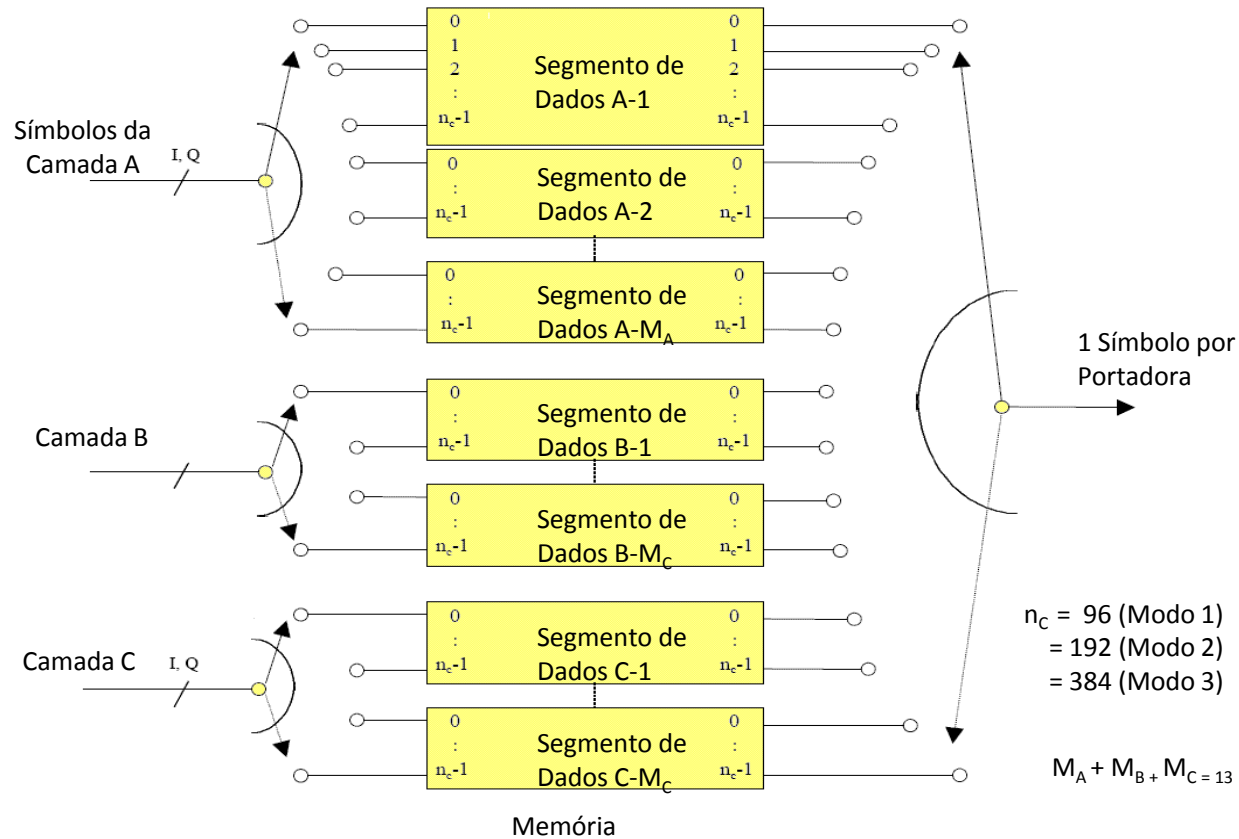
Código Reed-Solomon RS(204, 108, t=8)	(= DVB-T)
Randomização $g(x) = x^{15} + x^{14} + 1$	
Ajuste de Atraso entre Camadas (A, B, C)	
Intercalamento de Bytes (M = 11 x 17 Bytes)	
Código Convolutacional Puncionado (1/2 a 7/8)	
Intercalamento de Bits	
Mapeador (DQPSK, QPSK, 16- / 32-QAM)	
Síntese do Fluxo de Símbolos	
Intercalamento Temporal Longo	
Intercalamento de Segmentos	
Rotação de Portadoras	
Randomização de Portadoras	
Inserção de Pilotos, AC e TMCC	
Modulação OFDM (2k, 4k ou 8k)	
Inserção de Intervalo de Guarda (1/32 a ¼)	

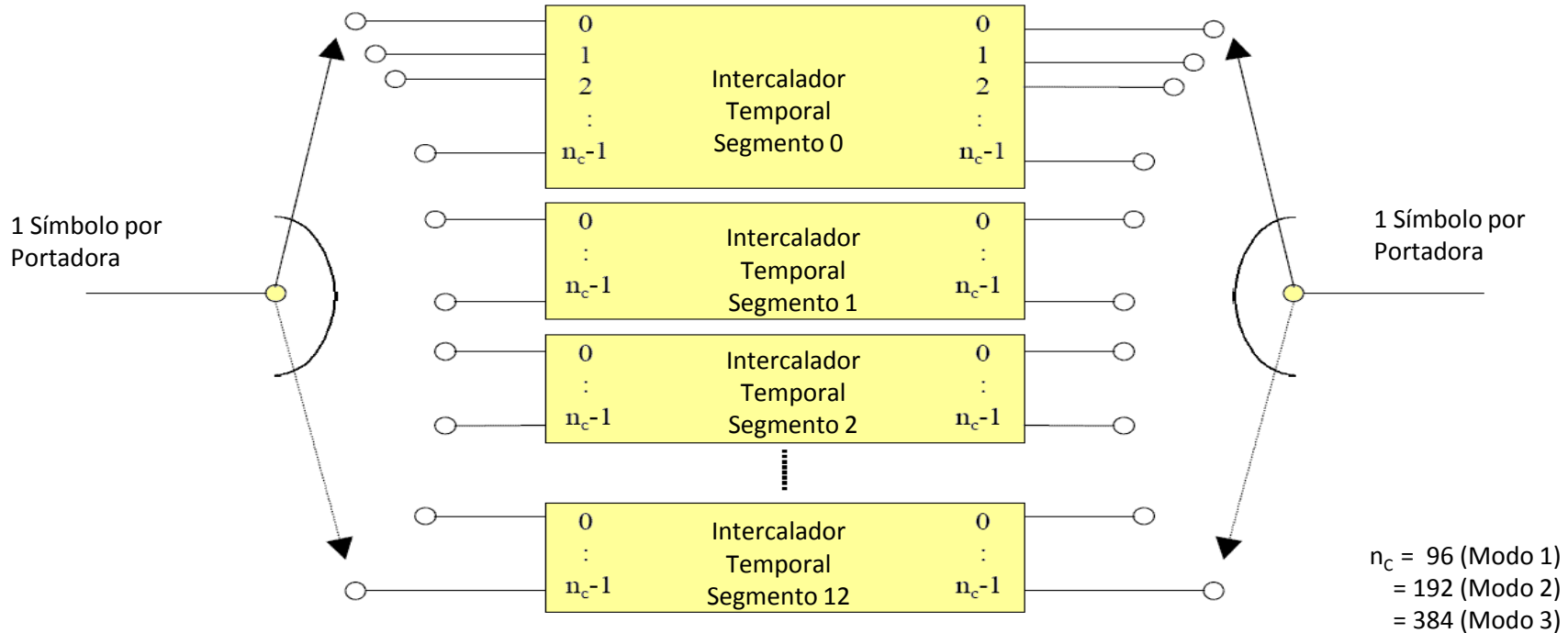
DQPSK

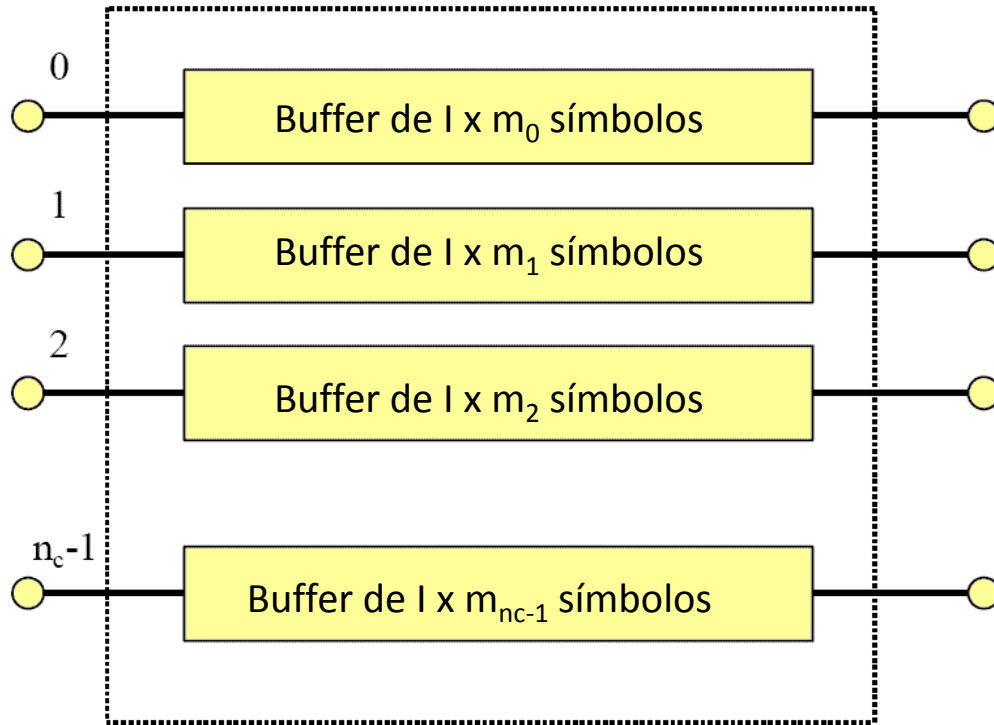


64-QAM





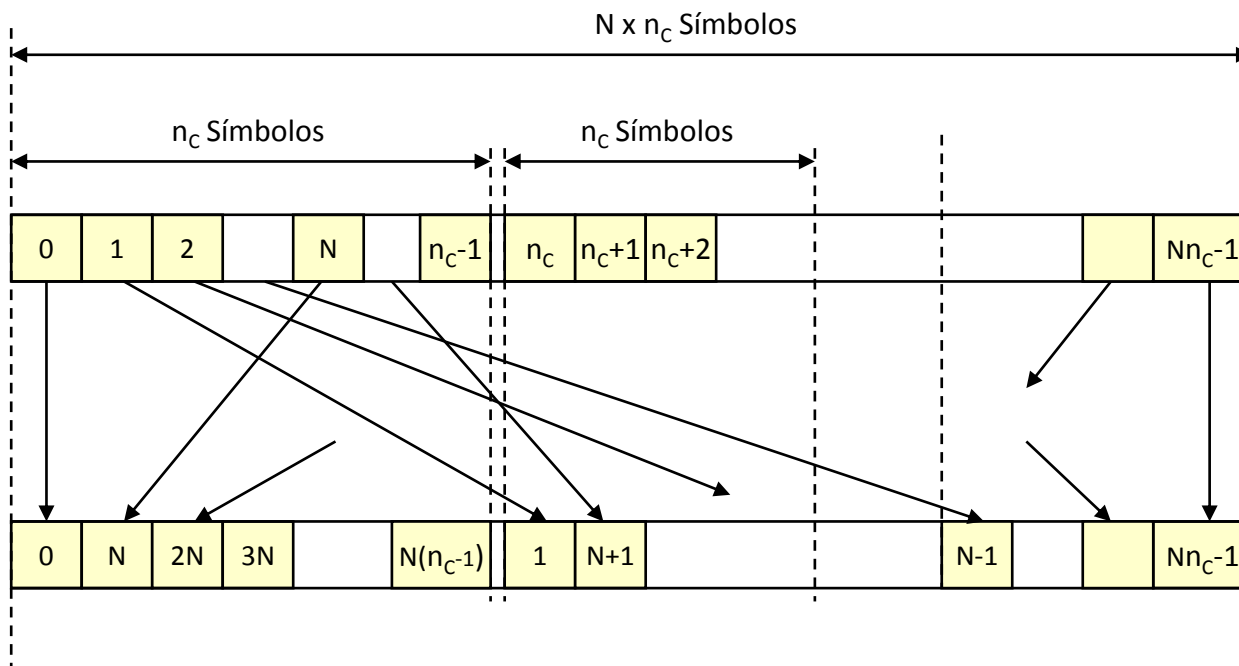




l = Fator Multiplicativo
(Parâmetro de cada Camada)

$$m_k = (k \times 5) \bmod 96$$

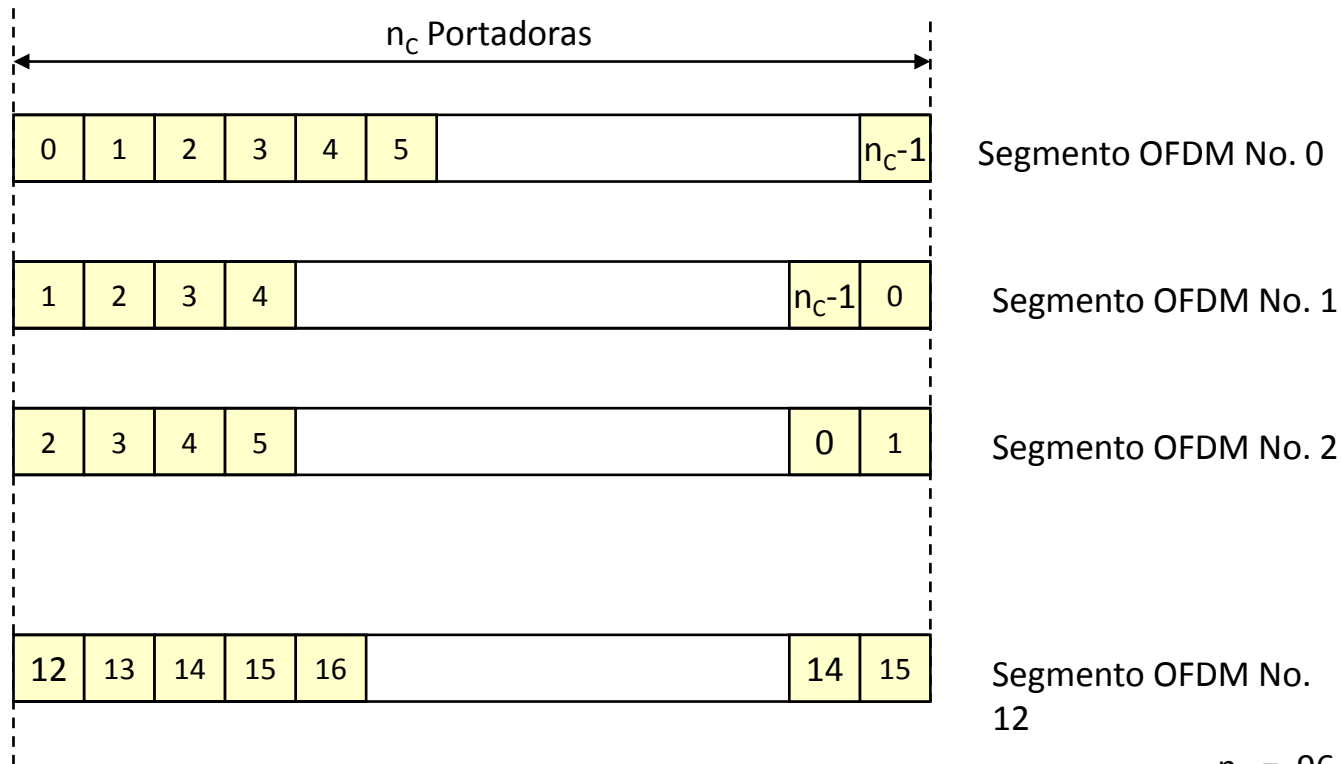
$$\begin{aligned} n_c &= 96 \text{ (Modo 1)} \\ &= 192 \text{ (Modo 2)} \\ &= 384 \text{ (Modo 3)} \end{aligned}$$



N = Número de Segmentos Alocados para a Camada

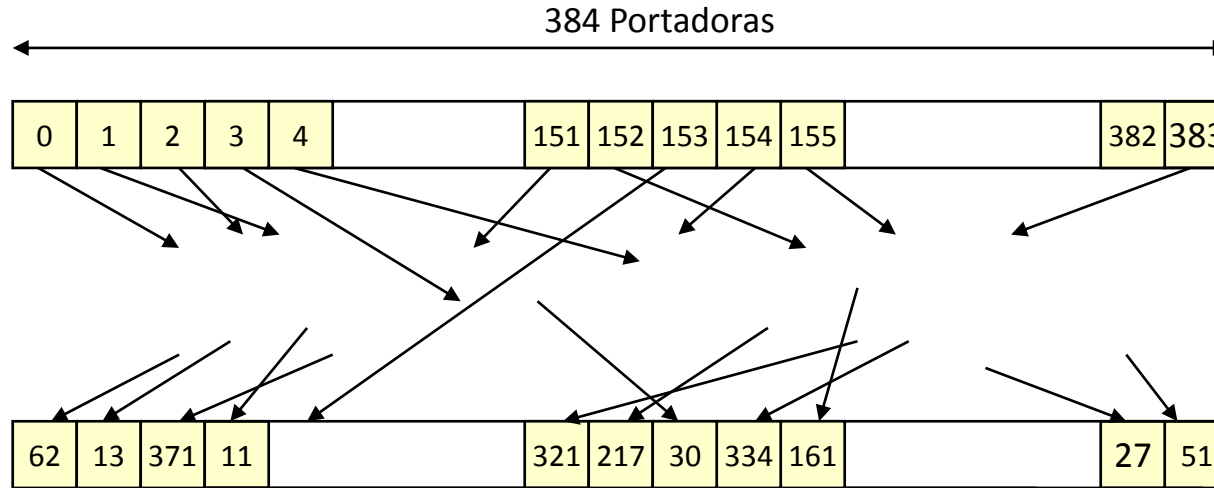
n_c = 96 (Modo 1)
= 192 (Modo 2)
= 384 (Modo 3)

Rotação de Portadoras dentro de um Segmento



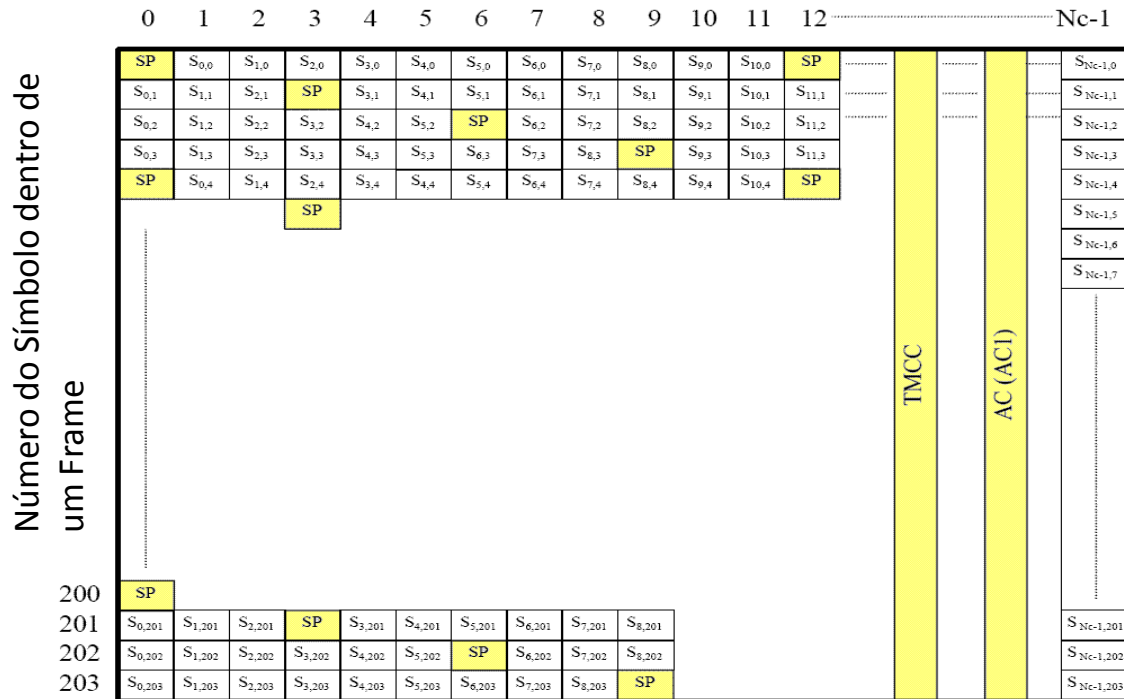
Mapeamento estático, igual para todos os símbolos (depende do Modo)

$n_C = 96$ (Modo 1)
 $= 192$ (Modo 2)
 $= 384$ (Modo 3)

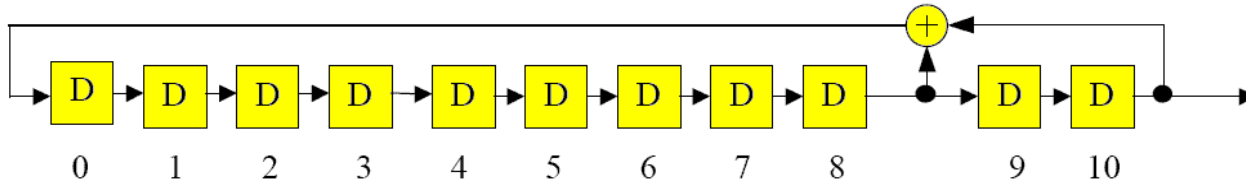


Mapeamento estático, pseudo-aleatório, igual para todos os segmentos (depende do Modo)

Portadora dentro de um Segmento



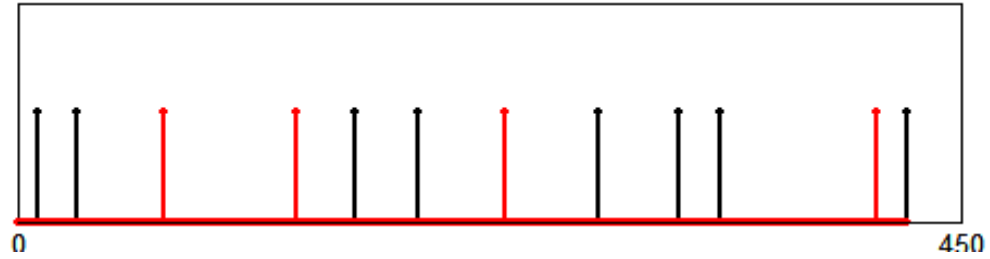
Nc = 108 (Modo 1)
216 (Modo 2)
432 (Modo 3)



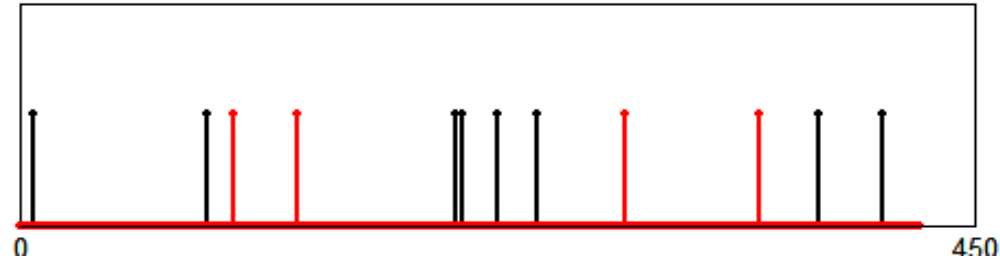
Segmento	Modo 1	Modo 2	Modo 3
11	111111111111	111111111111	111111111111
9	110110011111	011010111110	11011100101
7	011010111110	11011100101	10010100000
5	010001011110	11001000010	01110001001
3	11011100101	10010100000	00100011001
1	00101111010	00001011000	11100110110
0	11001000010	01110001001	00100001011
2	00010000100	00000100100	11100111101
4	10010100000	00100011001	01101010011
6	11110110000	01100111001	10111010010
8	00001011000	11100110110	01100010010
10	10100100111	00101010001	11110100101
12	01110001001	00100001011	00010011100

Inicialização do gerador de sequência máxima

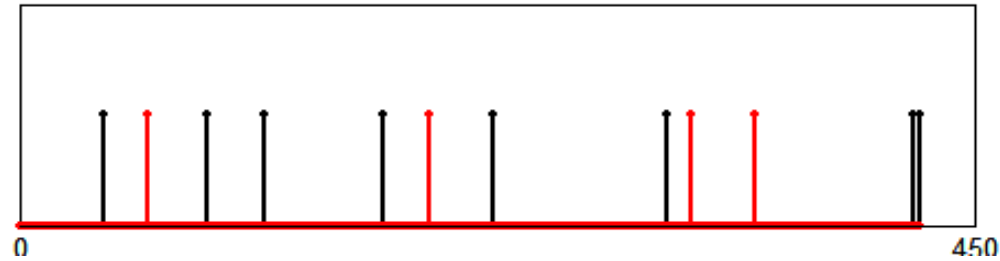
Segmento
11



Segmento
0



Segmento
12



AC
TMCC
(Modo 3,
Modulação
QAM)

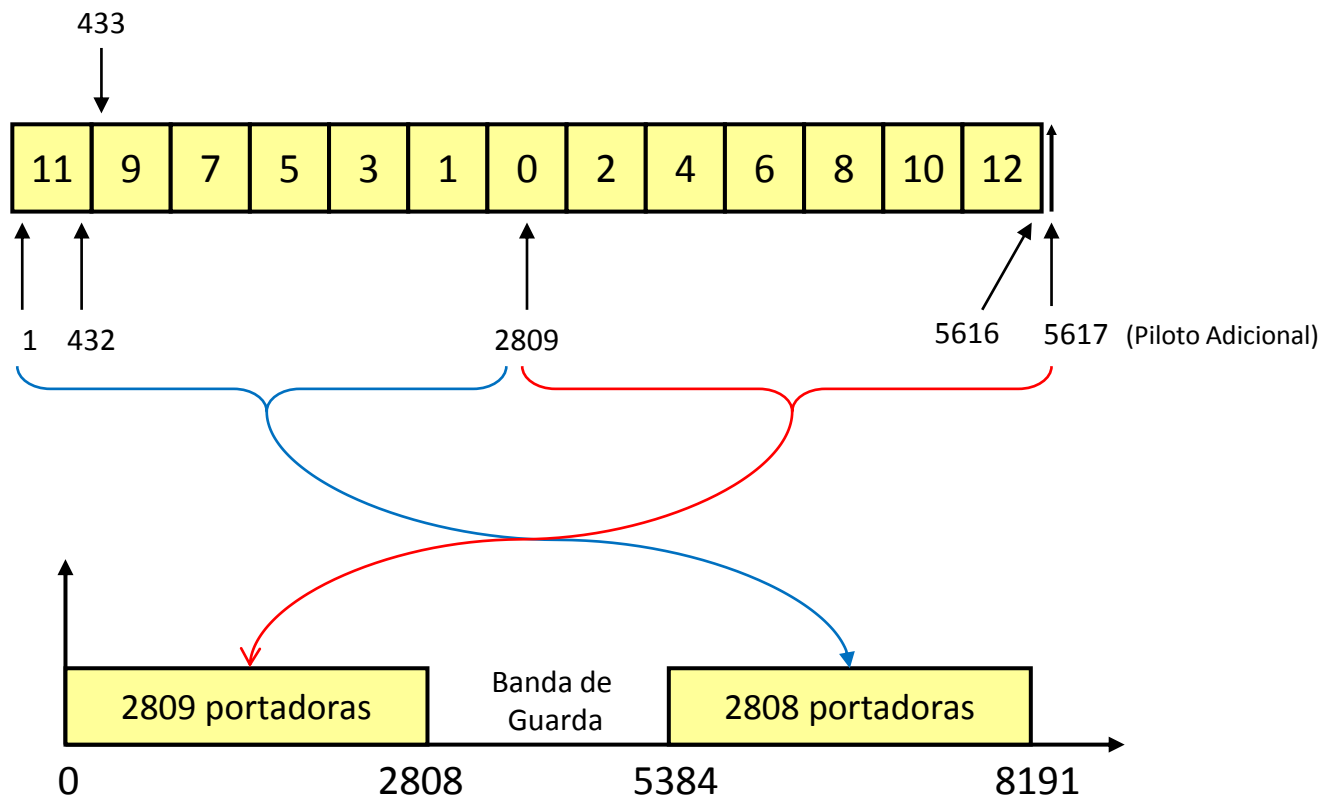
Bit	Formato	Finalidade
0	-	Inicialização da modulação diferencial
1 a 16	0011010111101110 ou compl.	Sincronismo
17 a 19	111 ou 000	Descritor do Segmento (Diferencial ou Coerente)
20, 21	00, 01, 10, 11	Descritor do Sistema (11 = ISDB-T)
22 a 25	1111; 1110 a 0000	Contagem Regressiva p/ Próx. Configuração
26	0, 1	Flag para Emergência
27	0, 1	Flag de Recepção Parcial
28 a 40	xxx yyy zzz wwww	Parâmetros para a Camada A (Tabela)
41 a 53	xxx yyy zzz wwww	Parâmetros para a Camada B
54 a 66	xxx yyy zzz wwww	Parâmetros para a Camada C
67 a 106		Idem 27 a 66, para Próxima Configuração
107 a 121	1111111111111111	Reservados p/ Uso Futuro
122 a 203	Código CDSC(184,102)	Bits de Paridade

Bit	Formato	Tipo de Modulação da Camada
28 a 30	000	DQPSK
	001	QPSK
	010	16 QAM
	011	64 QAM
	100 - 110	Reservada
	111	Camada não utilizada

Bit	Formato	Taxa de Codificação Convolutacional da Camada
31 a 33	000	= 1/2
	001	= 2/3
	010	= 3/4
	011	= 5/6
	100	= 7/8
	101 - 110	Reservada
	111	Camada não utilizada

Bit	Formato	Comprimento do Intercalamento Temporal
34 a 36	000	0
	001	1
	010	2
	011	4
	100	8
	101	Reservado
	110 - 111	Camada não utilizada

Bit	Formato	Número de Segmentos Utilizados na Camada
37 a 40	0000	Reservado
	0001 a 1101	1 a 13 Segmentos
	1110	Reservado
	1111	Camada não utilizada

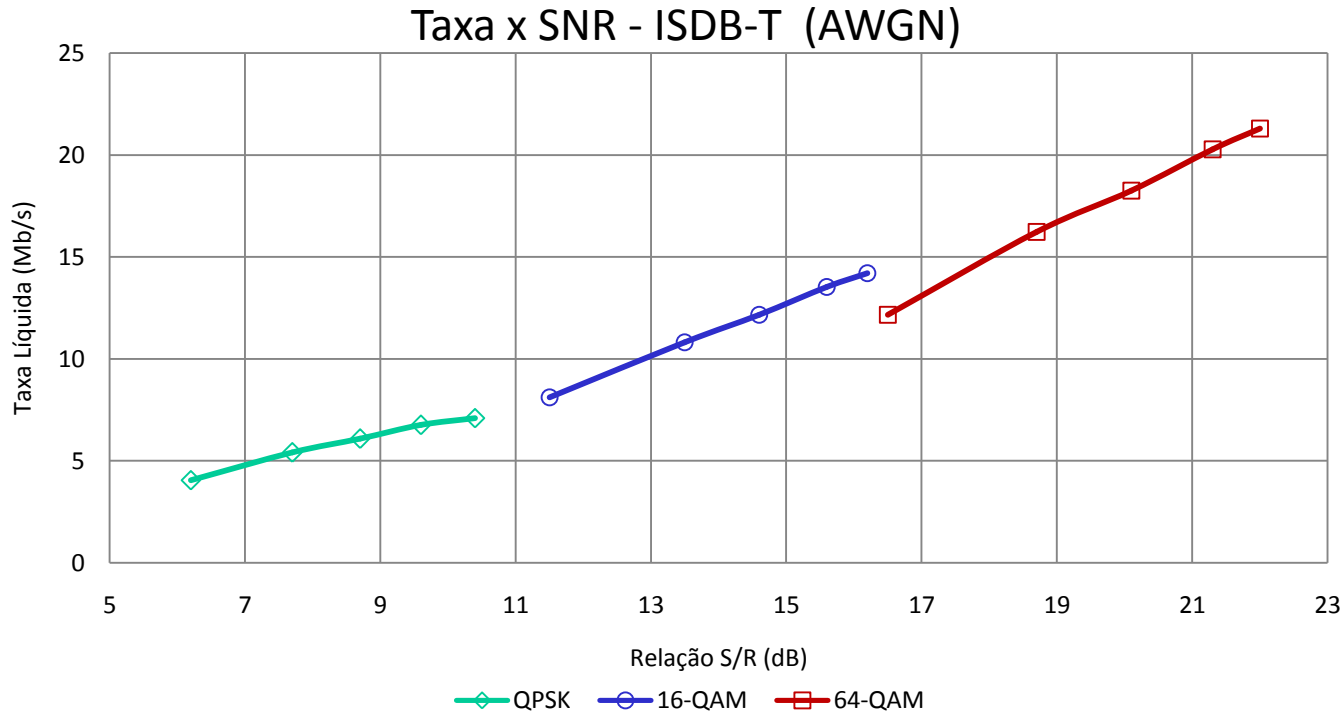


Mapeamento das Portadoras na IFFT (8192 pontos)

Taxas de Bits ISDB-T (13 Segmentos)

Modulação	Código Convolutacional	Pacotes MPEG-2 por Frame	Taxa de Bits x Intervalo de Guarda (Mb/s)			
			1 / 4	1 / 8	1 / 16	1 / 32
DQPSK	1/2	156 / 312 / 624	3.651	4.056	4.295	4.425
	2/3	208 / 216 / 832	4.868	5.409	5.727	5.900
	3/4	234 / 468 / 936	5.476	6.085	6.443	6.638
QPSK	5/6	260 / 520 / 1040	6.085	6.761	7.159	7.376
	7/8	273 / 546 / 1092	6.389	7.099	7.517	7.744
16QAM	1/2	312 / 624 / 1248	7.302	8.113	8.590	8.851
	2/3	416 / 832 / 1664	9.736	10.818	11.454	11.801
	3/4	468 / 936 / 1872	10.953	12.170	12.886	13.276
	5/6	520 / 1040 / 2080	12.170	13.522	14.318	14.752
	7/8	546 / 1092 / 2184	12.779	14.198	15.034	15.489
64QAM	1/2	468 / 936 / 1872	10.953	12.170	12.886	13.276
	2/3	624 / 1248 / 2496	14.604	16.227	17.181	17.702
	3/4	702 / 1404 / 2808	16.430	18.255	19.329	19.915
	5/6	780 / 1560 / 3120	18.255	20.284	21.477	22.128
	7/8	819 / 1638 / 3276	19.168	21.298	22.551	23.234

Portadoras Auxiliares (AC)	Segmentos	Portadoras (Modo 1/2/3)	Taxa de Bits x Intervalo de Guarda (kb/s)			
			1 / 4	1 / 8	1 / 16	1 / 32
	1	(2 / 4 / 8)	6.31	7.02	7.43	7.65
	13	(26 / 52 / 104)	82.13	91.26	96.62	99.55



1- Potência do Ruído Térmico no Receptor:

$$N = k T_S B \quad (\text{watts})$$

onde:

k = Constante de Boltzmann (1.38×10^{-23} J/K)

T_S = temperatura do receptor (K)

B = largura de banda do receptor.

Para $B = 6$ MHz e $T_S = 290$ K:

$$N_T = 1.38 \times 10^{-23} \times 290 \times 6 \times 10^6 = 24 \times 10^{-15} \text{ W} = -106.2 \text{ dBm}$$

2- Potência Mínima Necessária na Entrada:

$$P_{MR} = N_T + C/N + NF \quad (\text{dBm})$$

onde:

N_T = Ruído térmico na entrada

C/N = Limiar de recepção característico da modulação

NF = Figura de Ruído do receptor

Para ISDB-T, 64-QAM, 7/8, $NF = 7$ dB:

$$P_{MR} = -106.2 \text{ dBm} + 22 \text{ dB} + 7 \text{ dB} = -77,2 \text{ dBm} \quad (38 \mu\text{V em } 75 \Omega)$$

3- Potência Mínima na Antena:

$$P_{MA} = P_{MR} + D + L - G_R \quad (\text{dBm})$$

onde:

P_{MR} = Potência mínima na entrada do receptor

D = Degradação por interferências e outras fontes de ruído

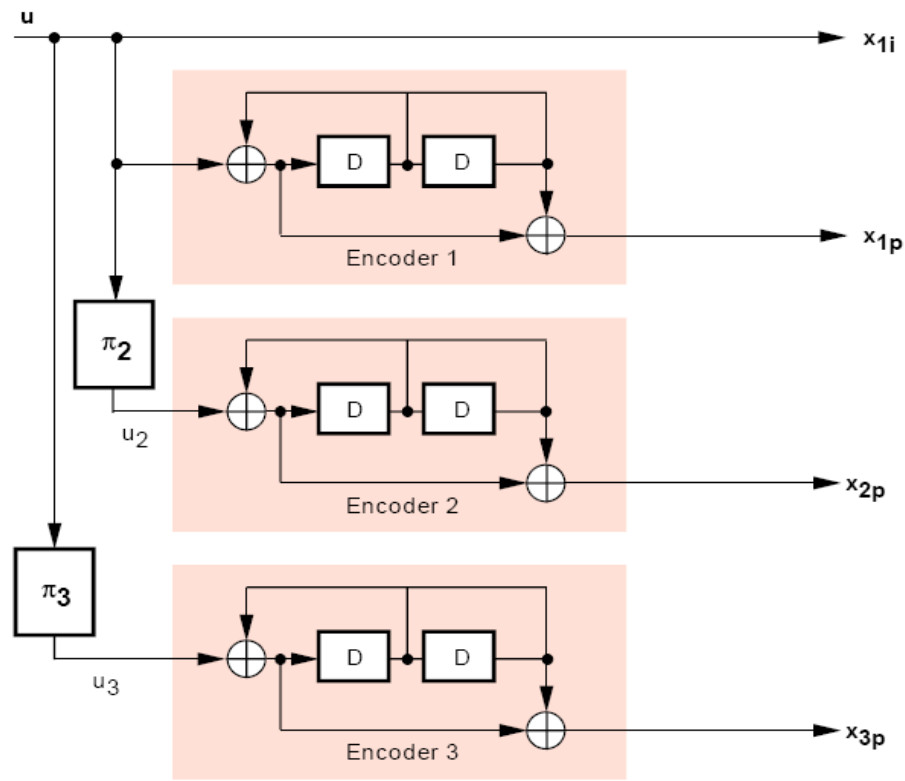
L = Atenuação da linha de transmissão

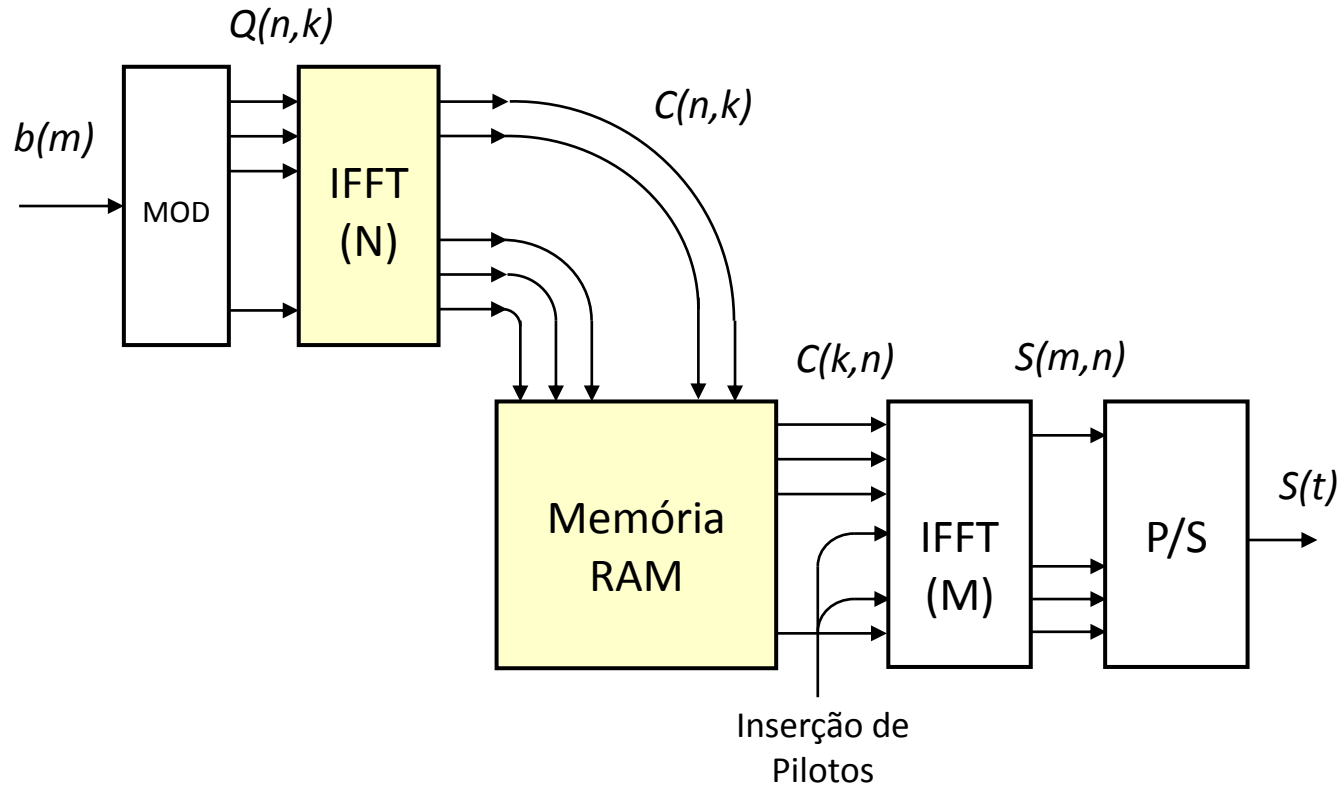
G_R = Ganho relativo da antena

Parâmetro	VHF baixo	VHF alto	UHF
Ganho da Antena de recepção (G_R , dB)	4	6	10
Perda no Cabo de Antena (L, dB)	1	2	4
Figura de Ruído do receptor (NF, dB)	10	10	7
Potência Limiar na Antena (P_{MA} , dBm) :			
Sistema ATSC (C/N = 15.2 dB)	- 84.0	- 85.0	- 90.0
Sistema DVB-T (6 MHz, C/N = 18.0 dB)	- 81.2	- 82.2	- 87.2
Sistema ISDB-T (6 MHz, C/N = 18.7 dB)	- 80.5	- 81.5	- 86.5

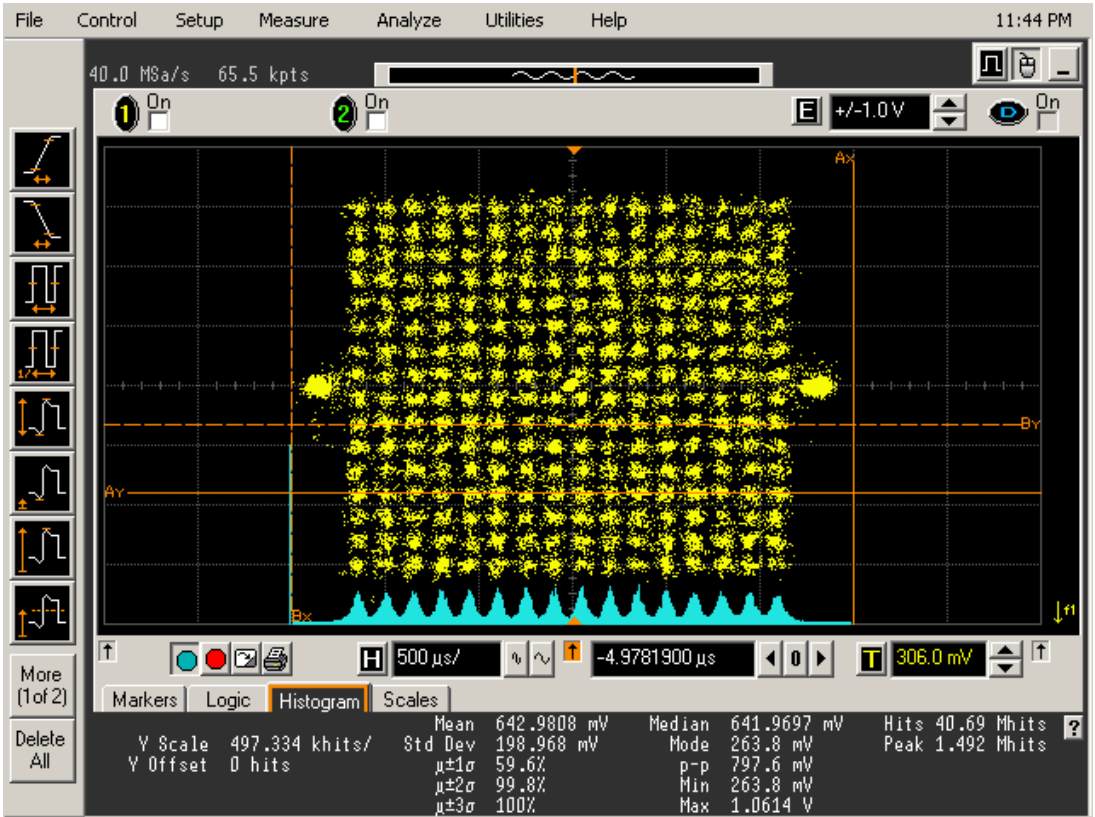
- Codificação “Turbo”
- Intercalamento temporal baseado em Transformada de Fourier
- ISDB-T com Compressão H.264

Aperfeiçoamentos Possíveis: Codificação “Turbo”





Constelação 256-QAM (Experimental)

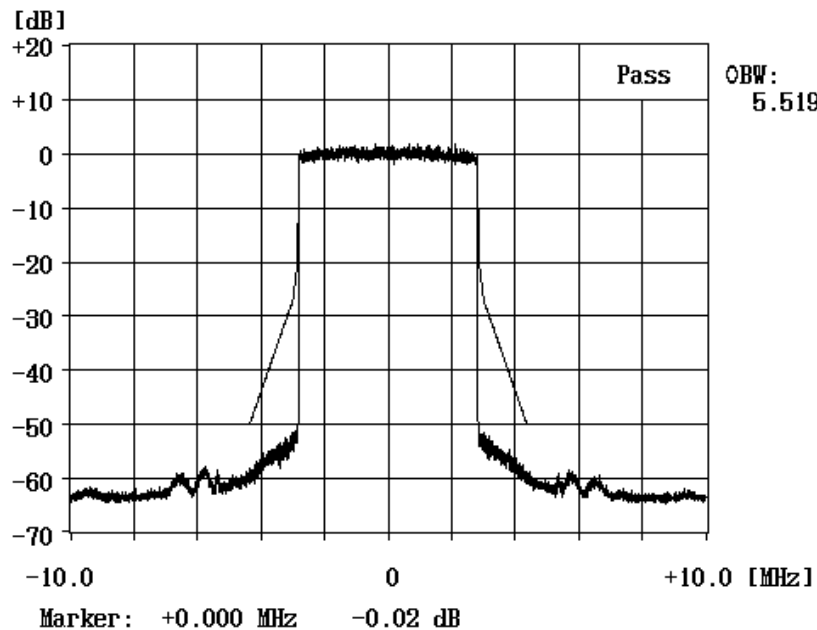


- Compressão de Vídeo: H.264
- Compressão de Áudio: AAC
- Canalização: VHF Alto + UHF (c/ Offset de 1/7 MHz)
- Frequência Intermediária: 44 MHz
- Máscaras de Transmissão
- “Middleware”: Ginga

Espectro e Máscara de Transmissão ISDB-T

MS8901A 15-Sep-2006 13:02:19
<< Spectrum Mask (ISDB-T MER) >>

Measure : Single



Frequency : 32.507 936MHz
Ref Level : -26dBm Pre Ampl : Off

Spectrum Mask

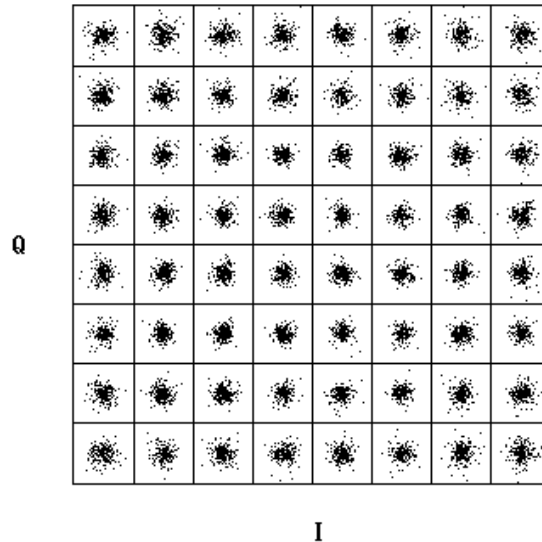
*
Mask Transmission
→
Back Screen
1 2

Constelação 64-QAM (MER = 27 dB)

MS8901A 15-Sep-2006 13:06:16
<< Modulation Analysis (ISDB-T MER) >>
Under Range

Measure : Continuous
Storage : Normal
Seg Ofs : 1024
Equalizer: Standard

[Layer_A]



Carrier Frequency:
32.507 943 9 MHz

Frequency Error:
+7.9 Hz
+0.2430 ppm

MER(Conventional):
27.87 dB

MER(Layer_A)
27.16 dB

Marker: 394 symbol
(I) 3.1268
(Q) -2.9802

Frequency : 32.507 936MHz
Ref Level : -8dBm Pre Ampl : Off

Modulation
Analysis

#
Trace Format
*
Storage Mode
#
Section
→
Back Screen
1 2 3

MER = Modulation Error Ratio

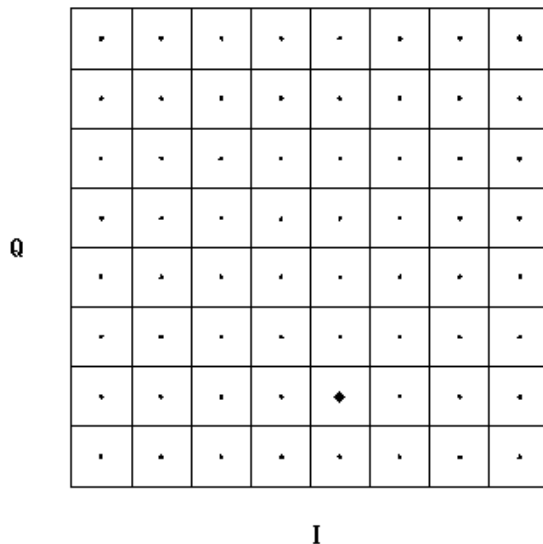
Constelação 64-QAM (MER = 47 dB)

MS8901A 2007/02/24 02:57:29

<< Modulation Analysis (ISDB-T MER) >>

Measure : Single
Storage : Normal
Seg Ofs : 512
Equalizer: Standard

[Layer_A]



Carrier Frequency:
32.507 937 00 MHz

Frequency Error:
-13.00 Hz
-0.3999 ppm

MER(Conventional):
47.96 dB

MER(Layer_A)
47.19 dB

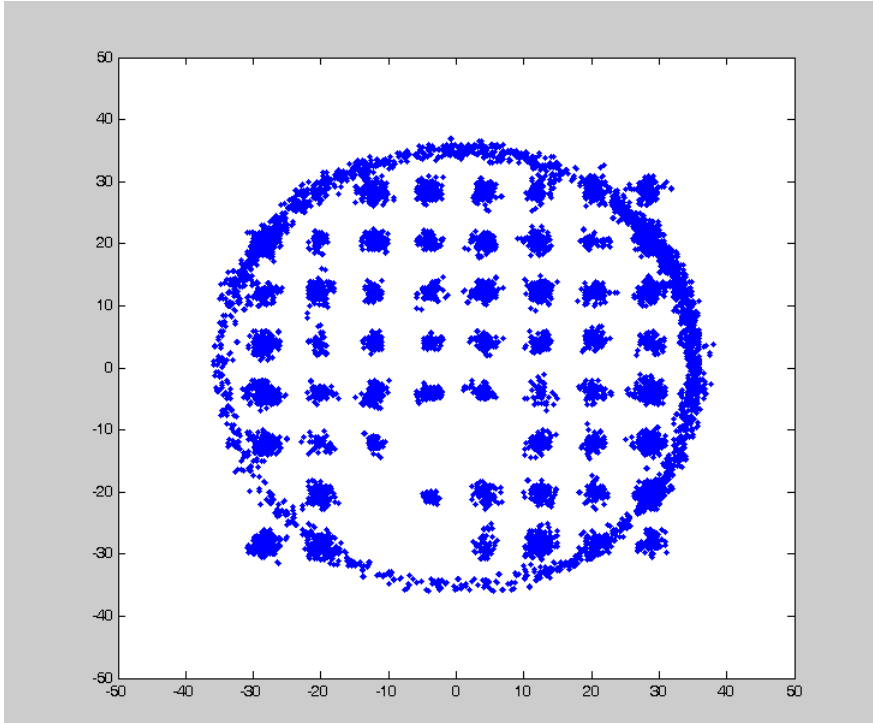
Marker: 9984 symbol
(I) 1.0052
(Q) -5.0158

Frequency : 32.507 950MHz
Ref Level : -8dBm Pre Ampl : Off

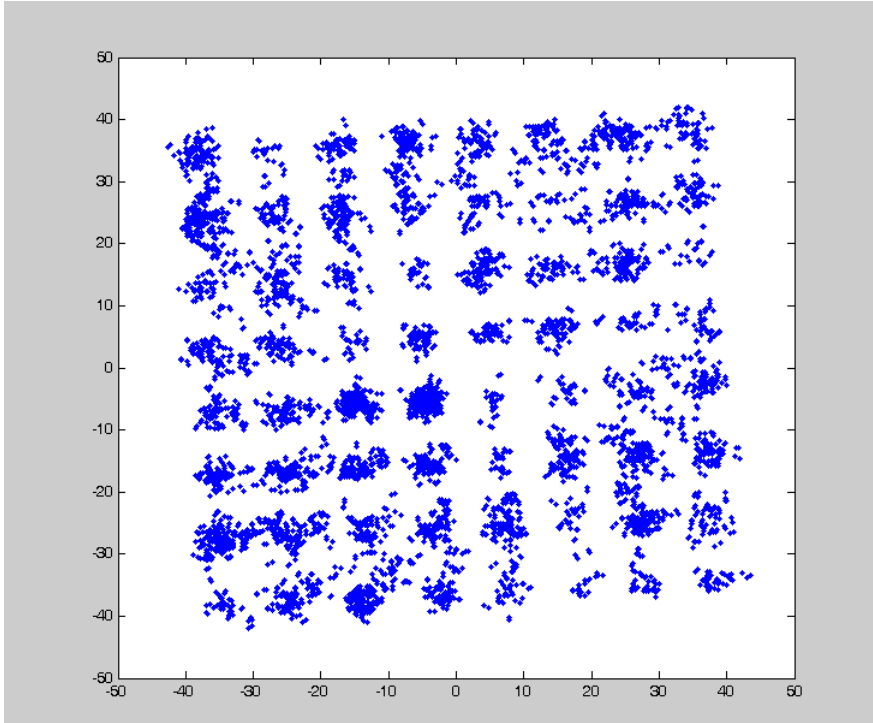
Save

Display Dir.
File No.

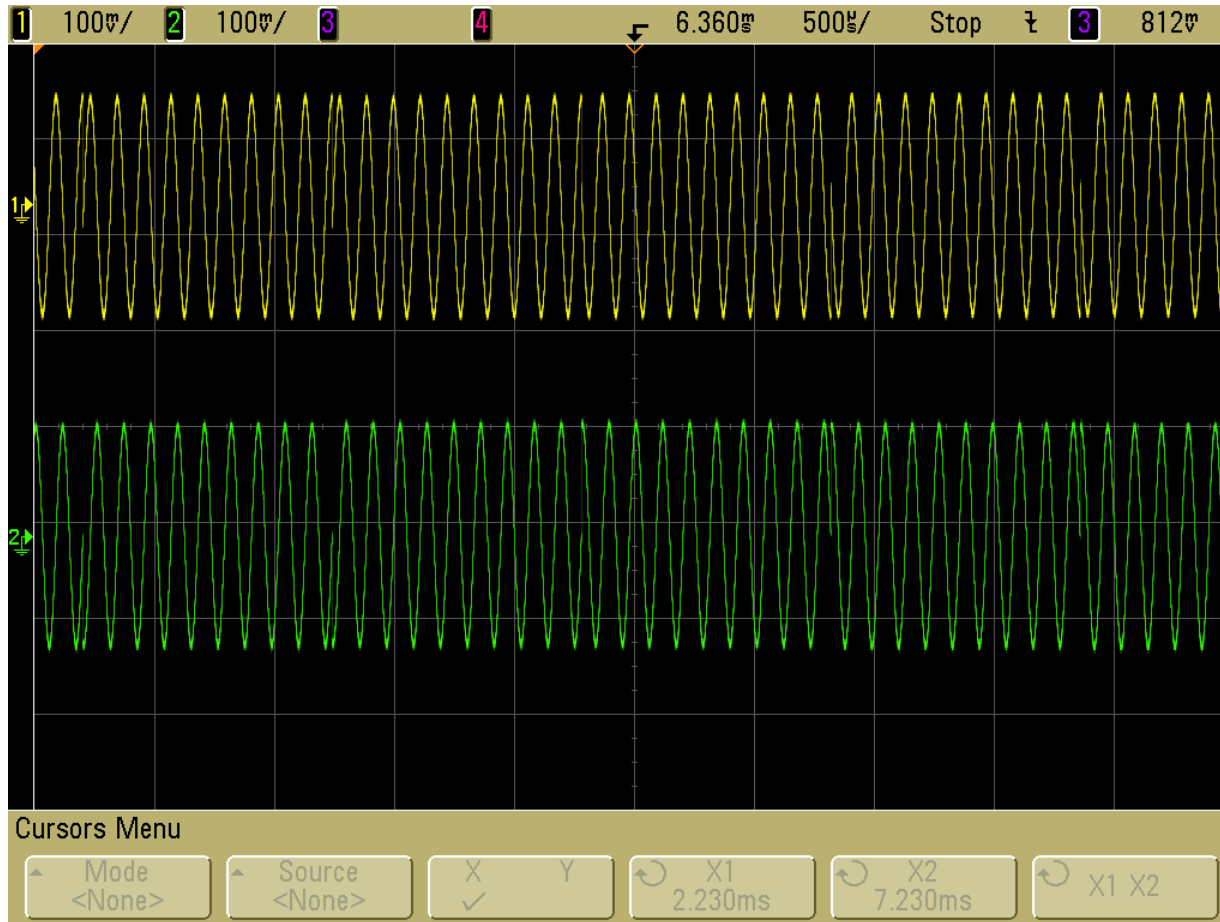
Constelação 64-QAM com Piloto Móvel



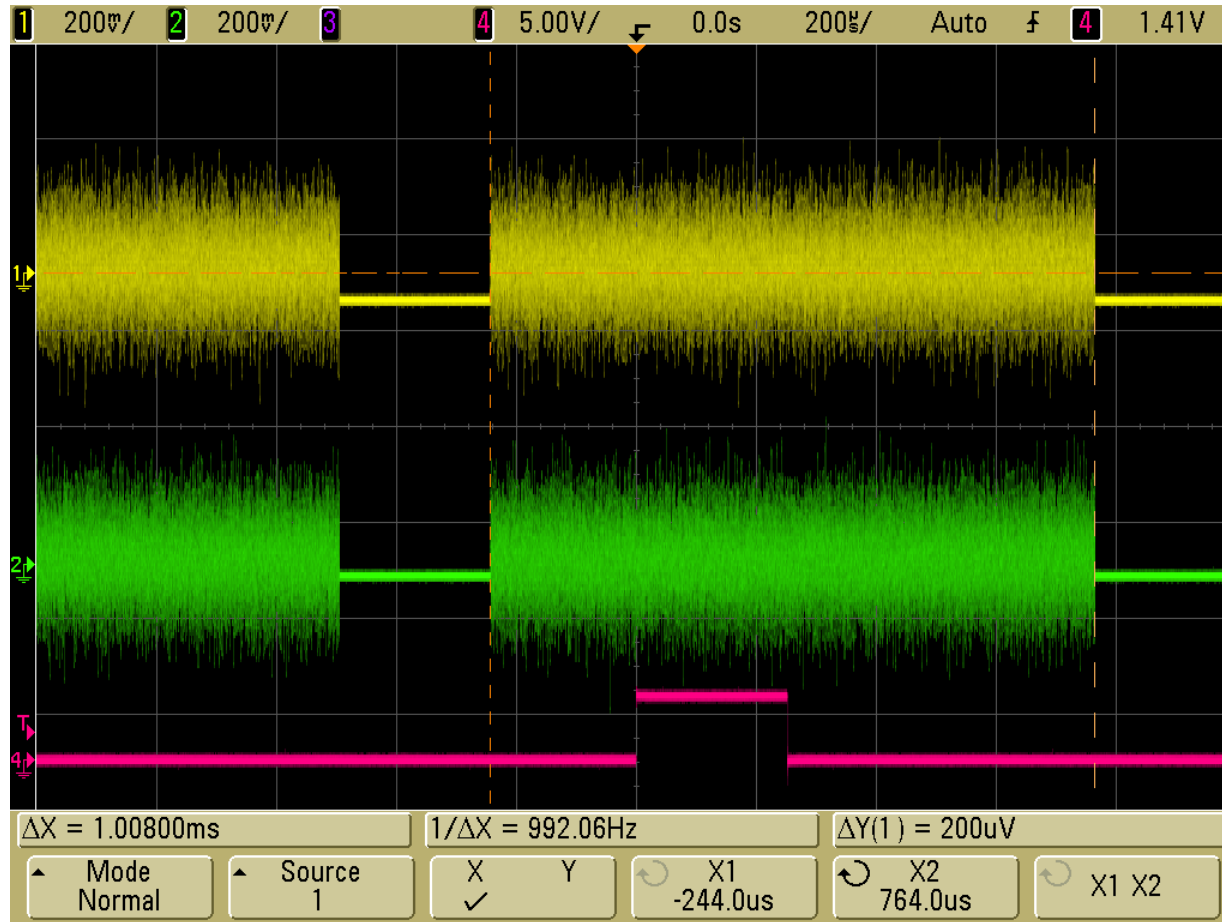
Constelação com Equalização Inadequada



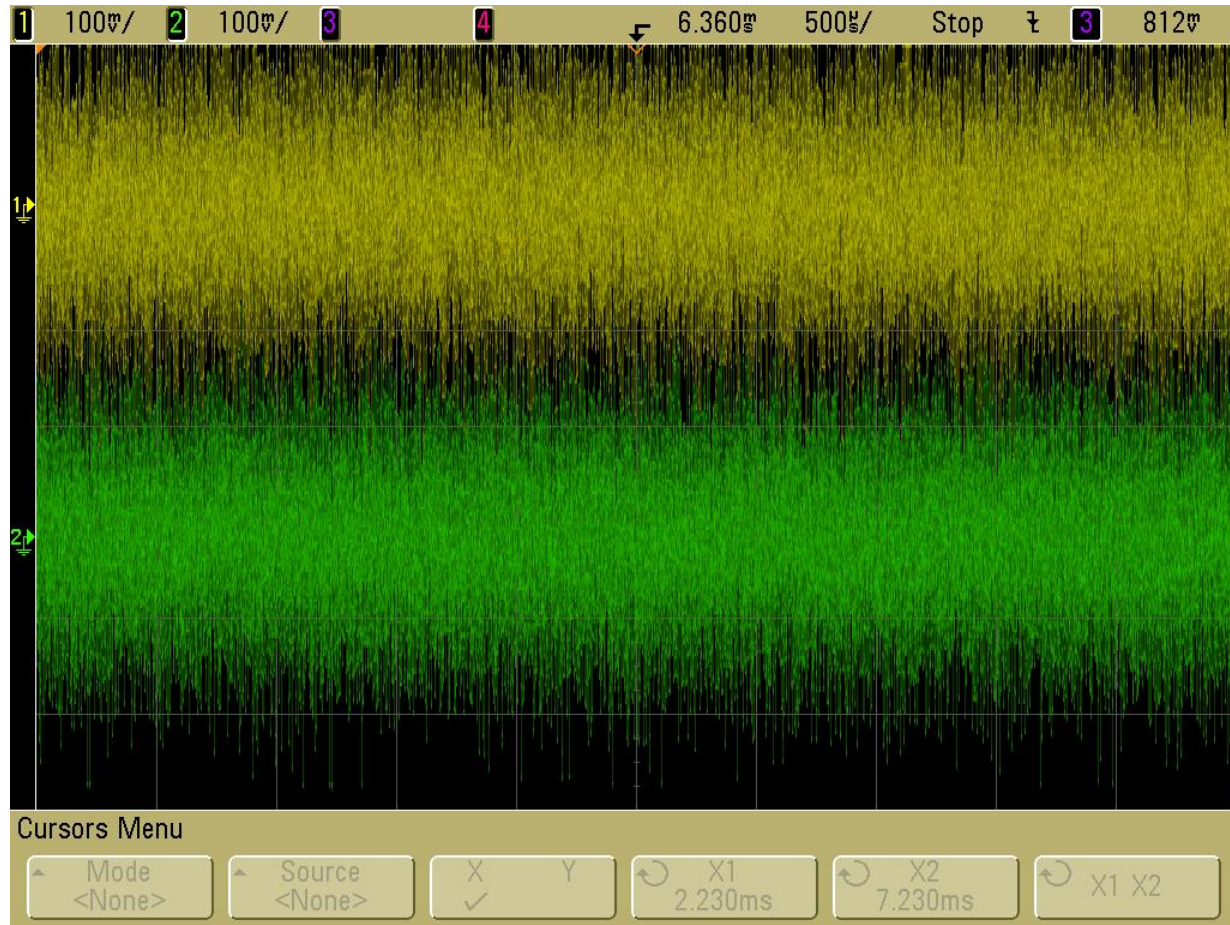


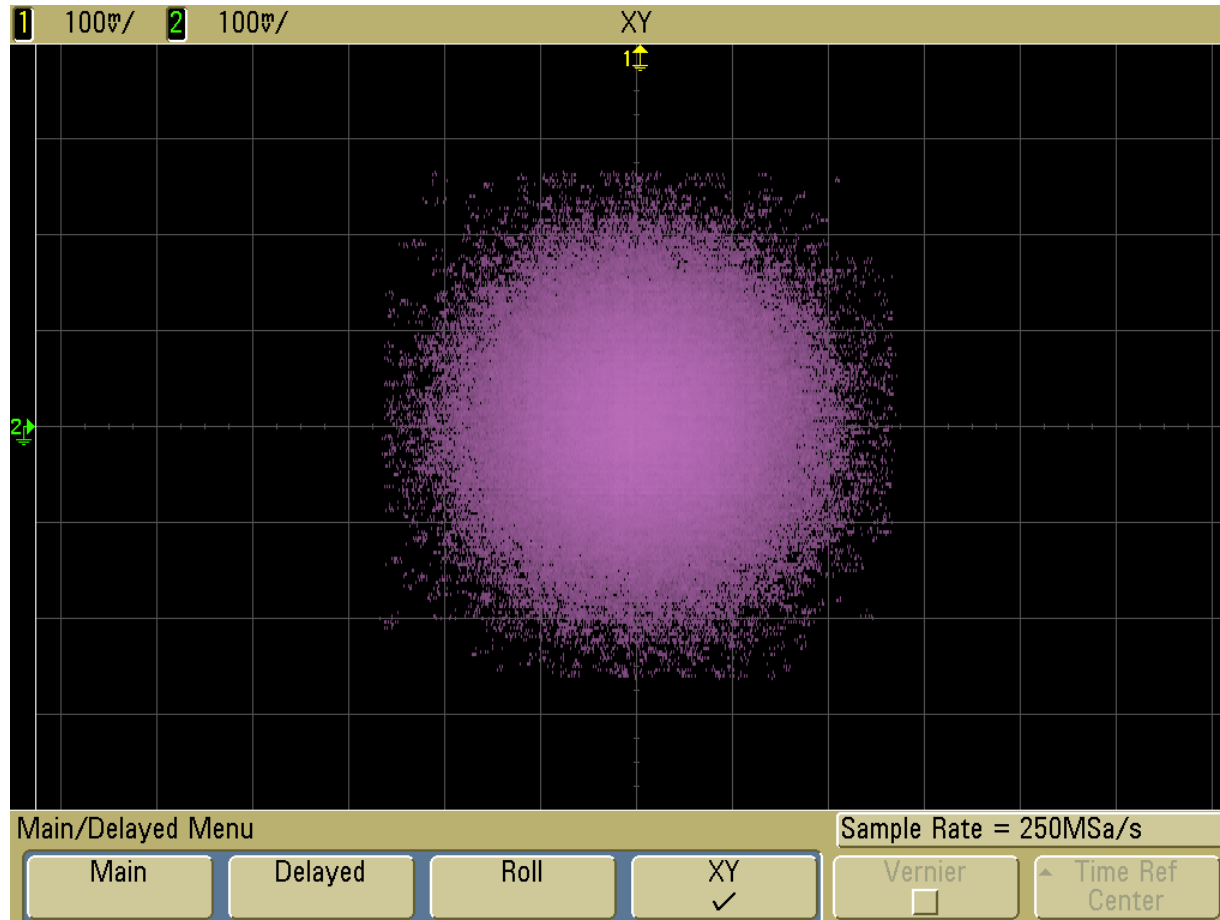


Formas de Onda (I / Q, Intervalo de Guarda 1/4 Suprimido)

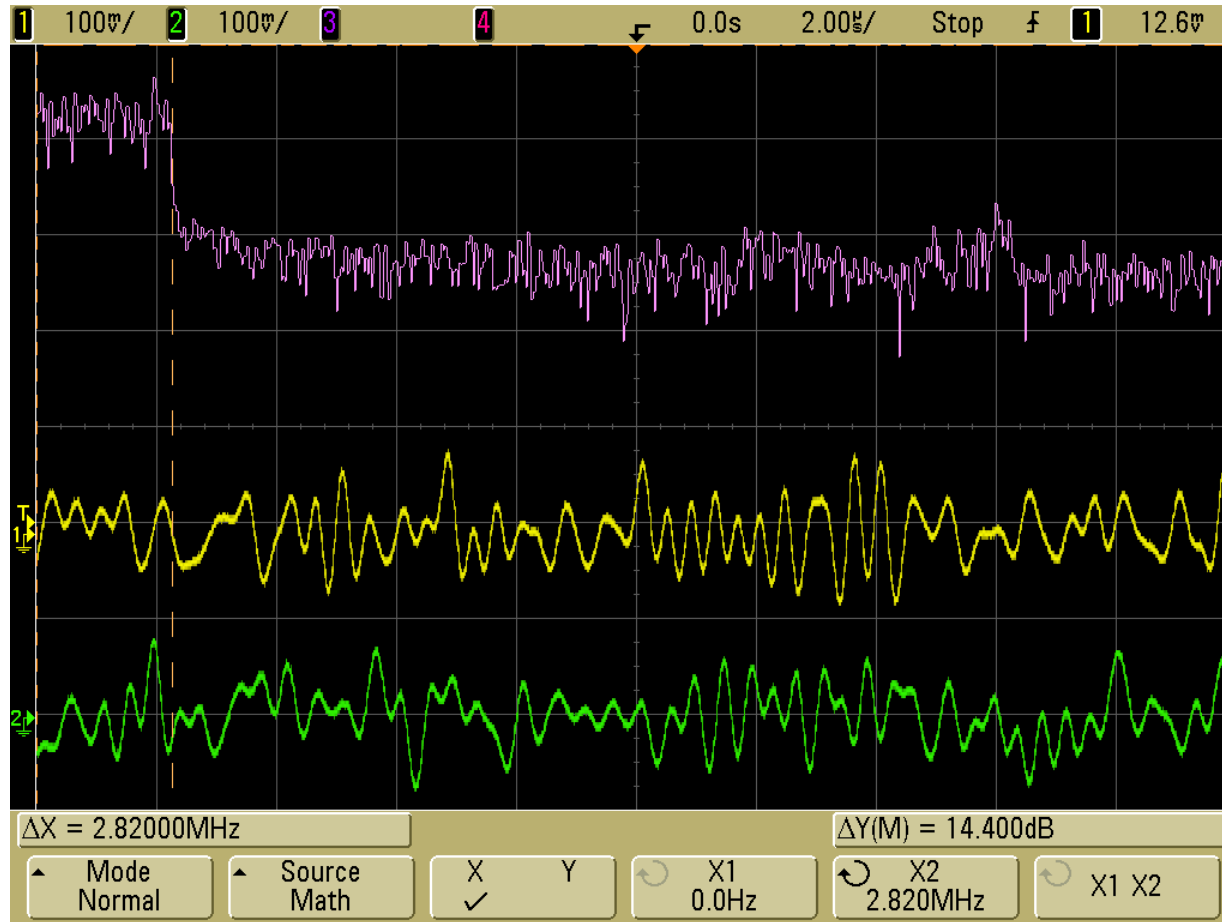


Formas de Onda (I / Q, Intervalo de Guarda 1/4)



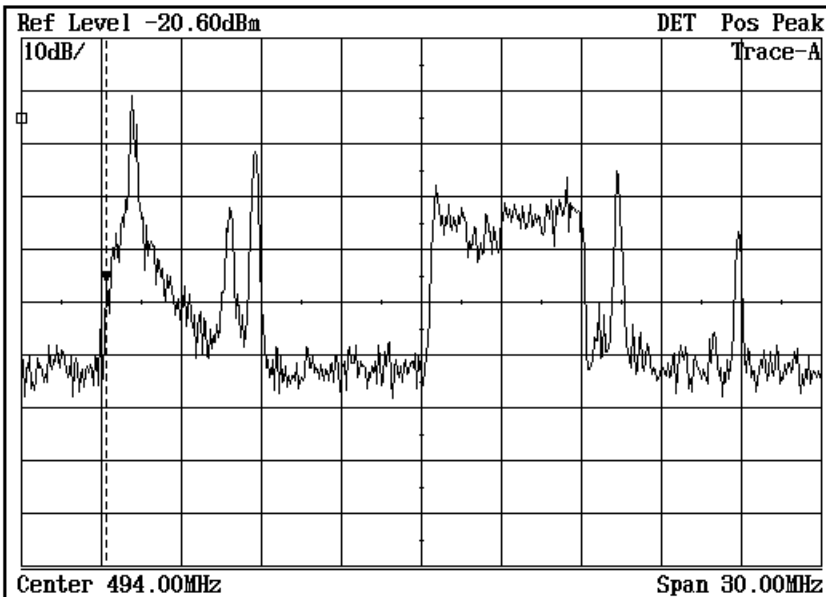


Espectro e Formas de Onda (Escala Expandida)



MS8901A 2007/05/29 11:34:48

Delt 465.93MHz -31.34dB RBW 100kHz# ATT 10dB#
VBW 300kHz# SWT 10.0ms



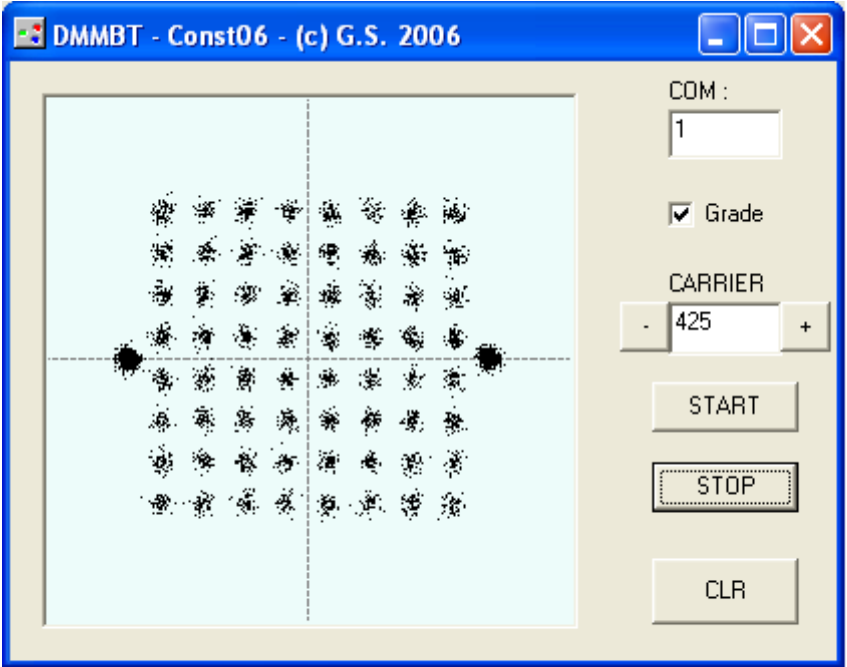
RBW = 100kHz

Pre Ampl OFF | Corr-1

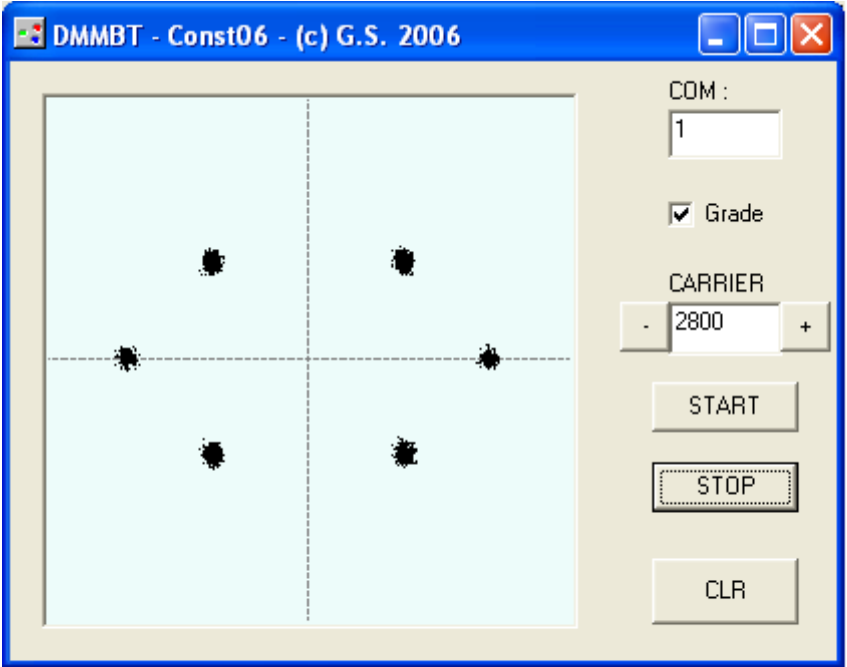
BH

RBW Manual Auto
VBW Manual Auto
RB, VB, SWT Auto
All Auto
1 2

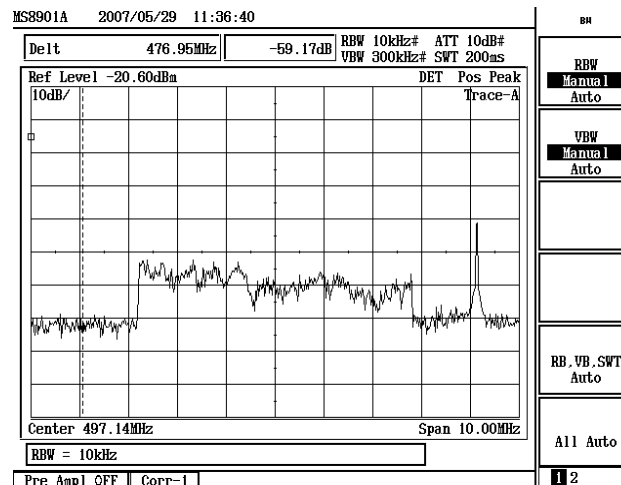
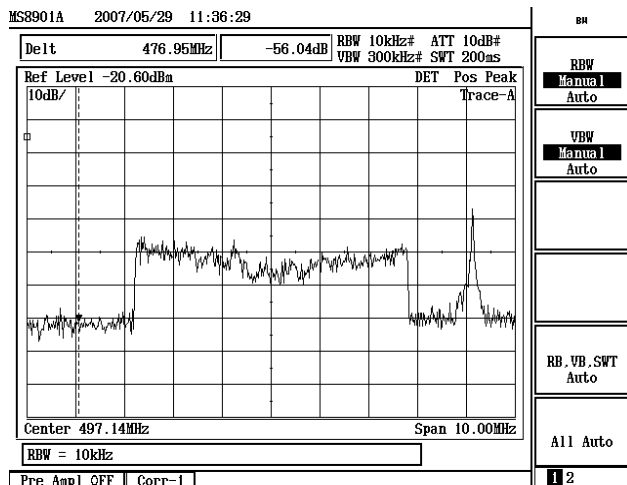
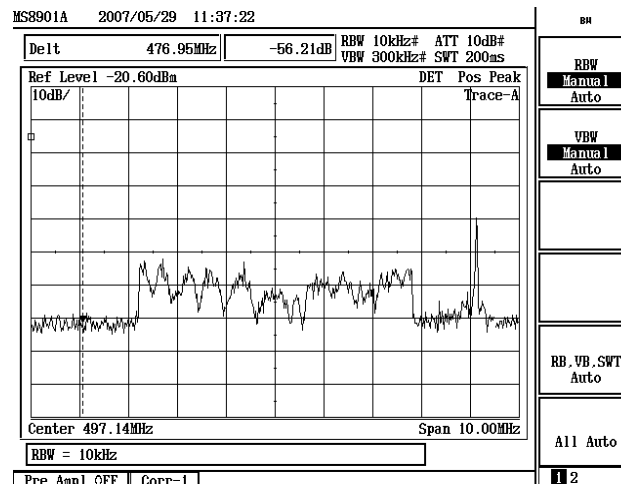
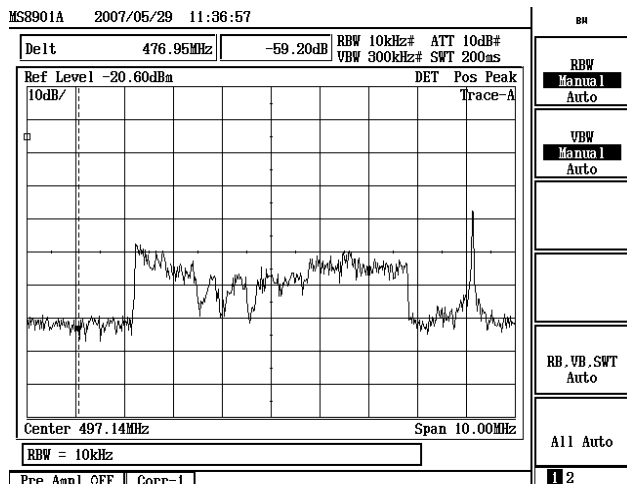
Constelação 64-QAM + Piloto (12 Seg., Layer B)



Constelação QPSK + Piloto (1Seg., Layer A)



Recepção "Indoor" de TV Digital



Equalização do Canal "Indoor"

MS8901A 2007/05/29 13:56:44

<< Modulation Analysis (ISDB-T MER) >>

Under Range

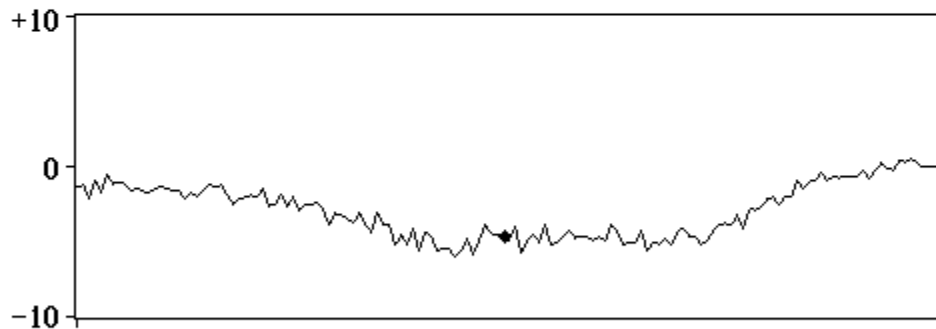
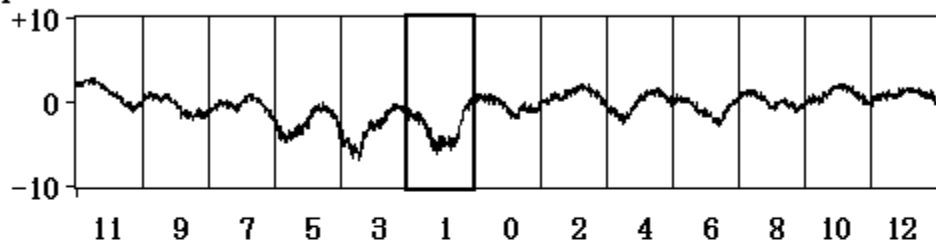
Measure : Continuous

Storage : Normal

Seg Ofs : 512

Equalizer: Standard

Ampl [dB]



Start 496.500 MHz

Stop 496.927 MHz

Marker: 496.712 MHz -4.54 dB

Frequency : 497.150 000MHz Channel : 17CH

Ref Level : -26dBm Pre Ampl : Off

Modulation
Analysis

Trace
Format

*
Storage
Mode

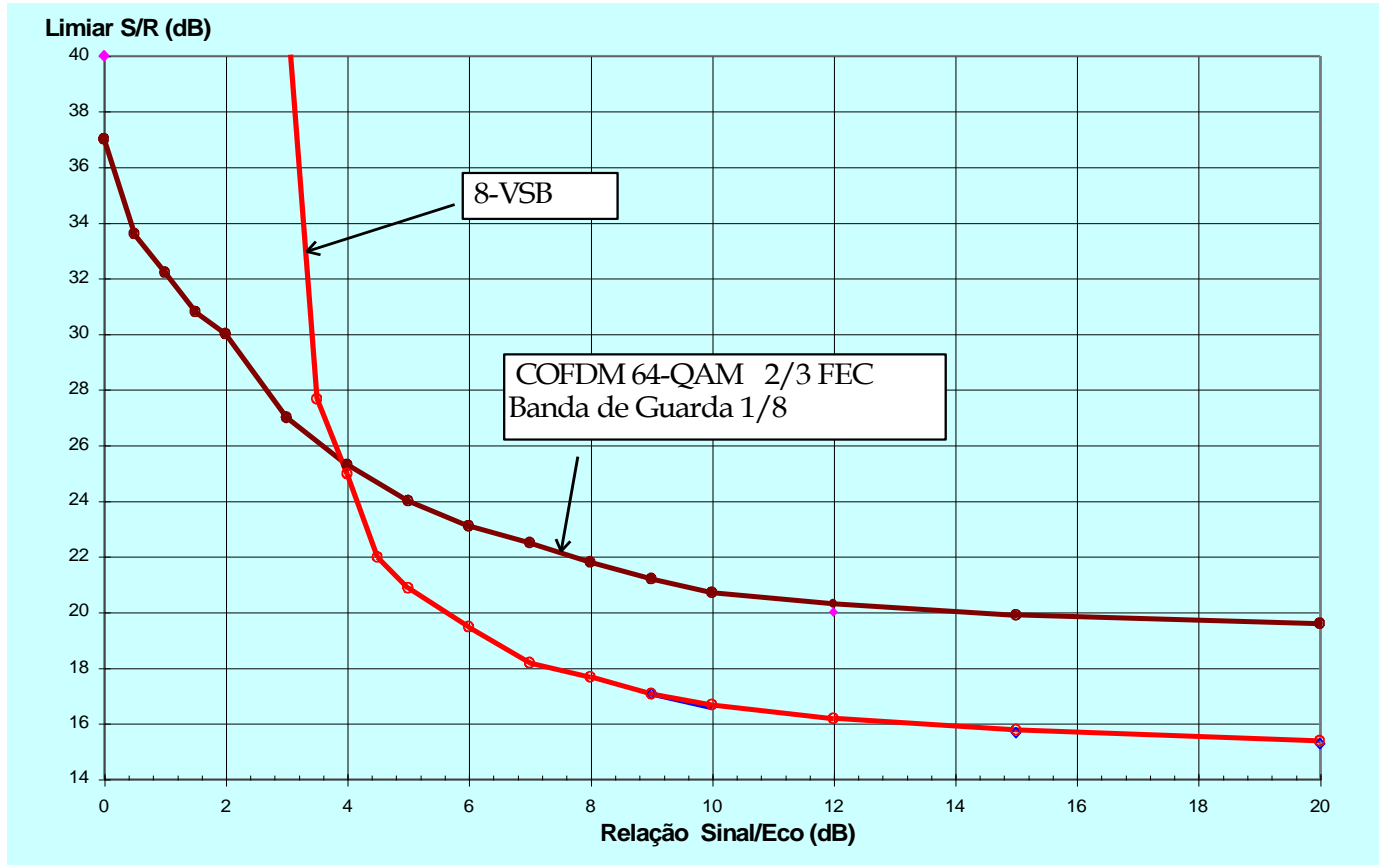
*
Correction

Recv. Seg
13Seg Mode
1 Seg Mode

→
Back
Screen

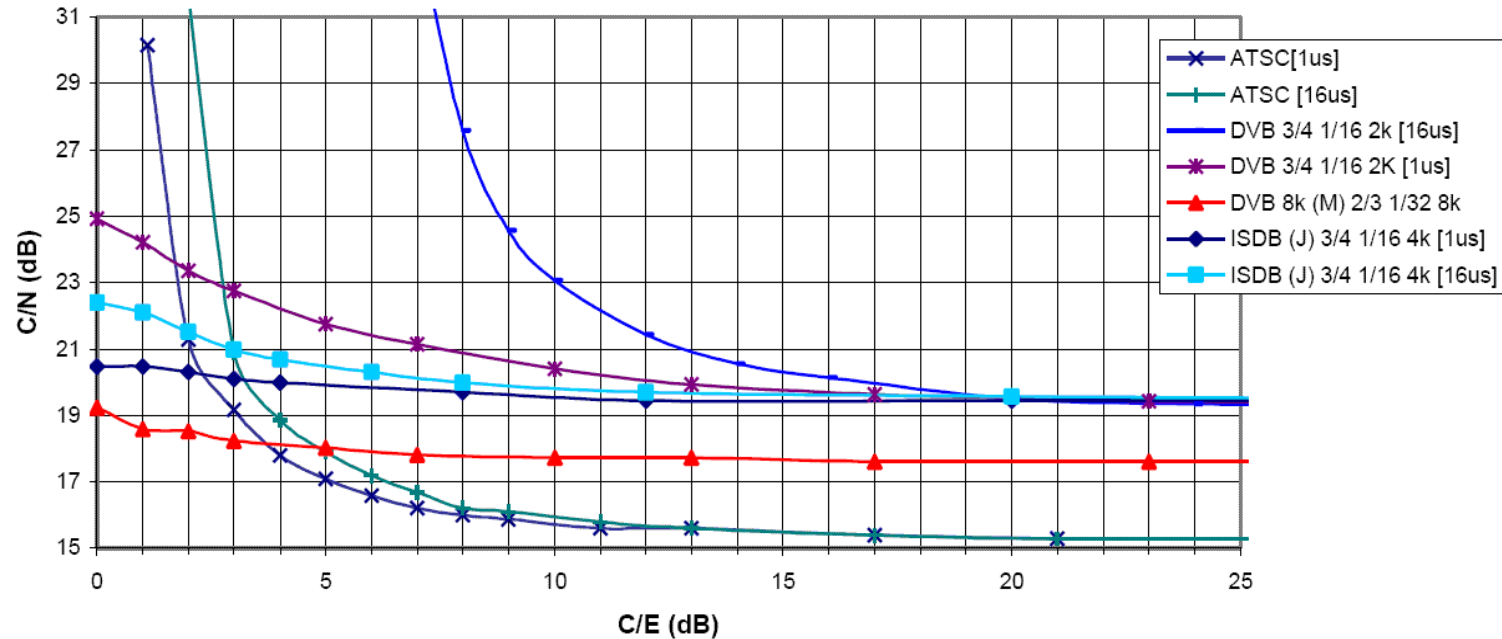
1 2 3

Comparação entre 8-VSB e COFDM



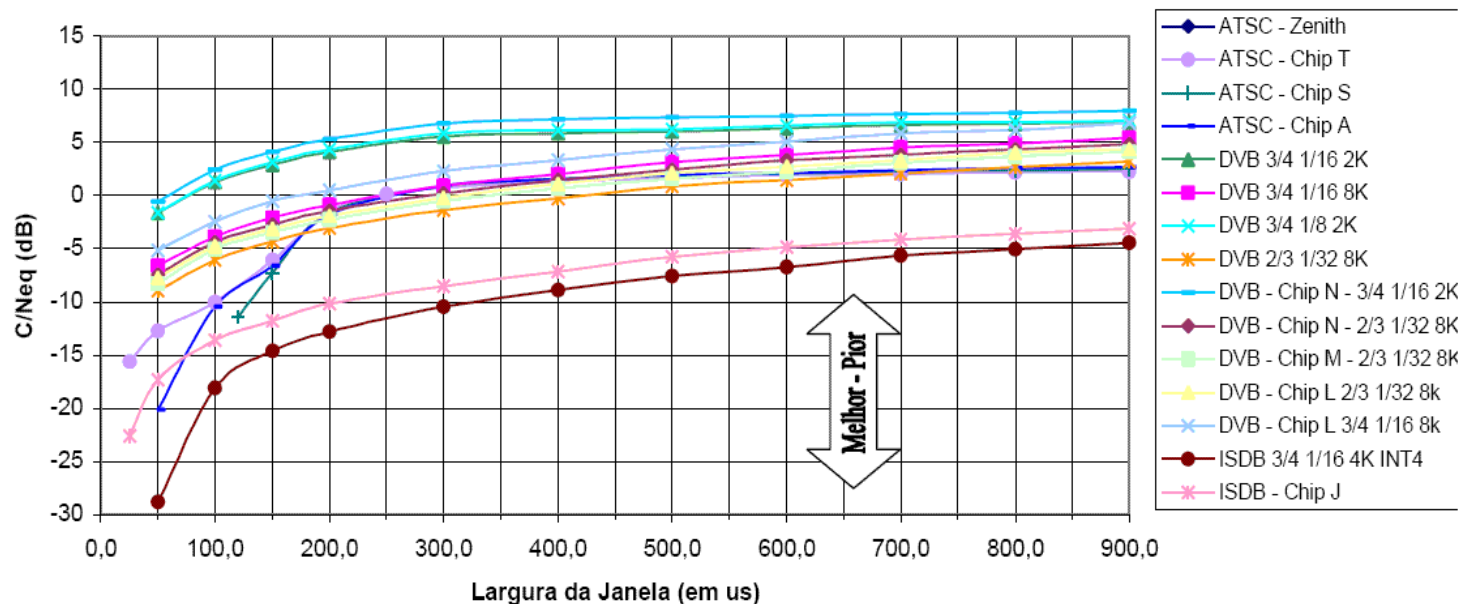
Communications Lab

Gráfico 3.2.3.16: Relação Sinal Ruído em função da relação sinal eco
Comparação ATSC DVB ISDB - Pós eco



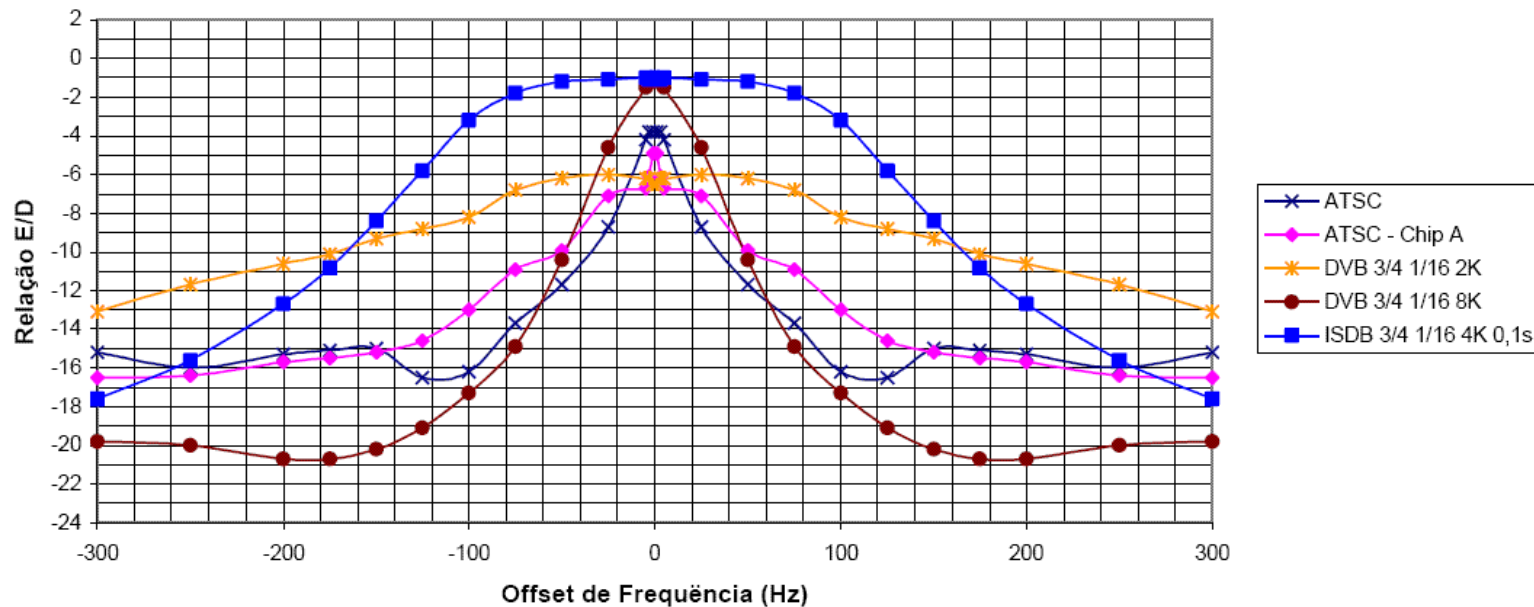
SET- ABERT 2000

Gráfico 2.5.3.1: Relação entre largura da janela de ruído e relação sinal interferente para ruído impulsivo

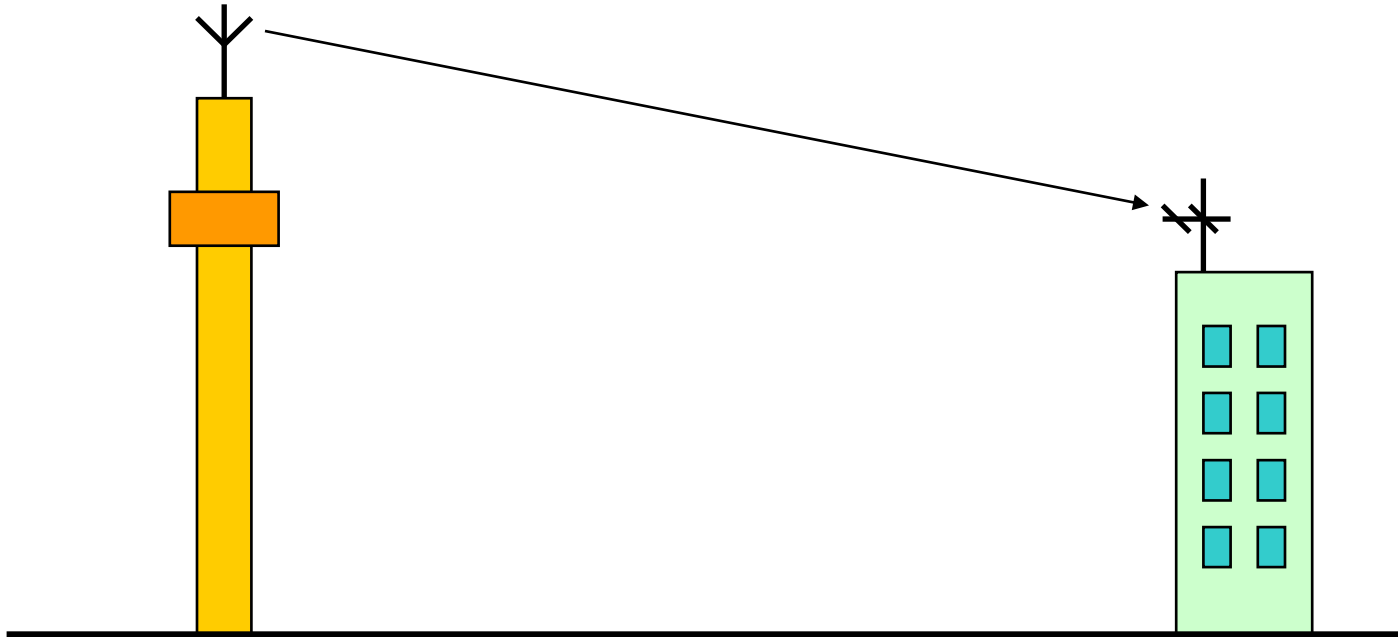


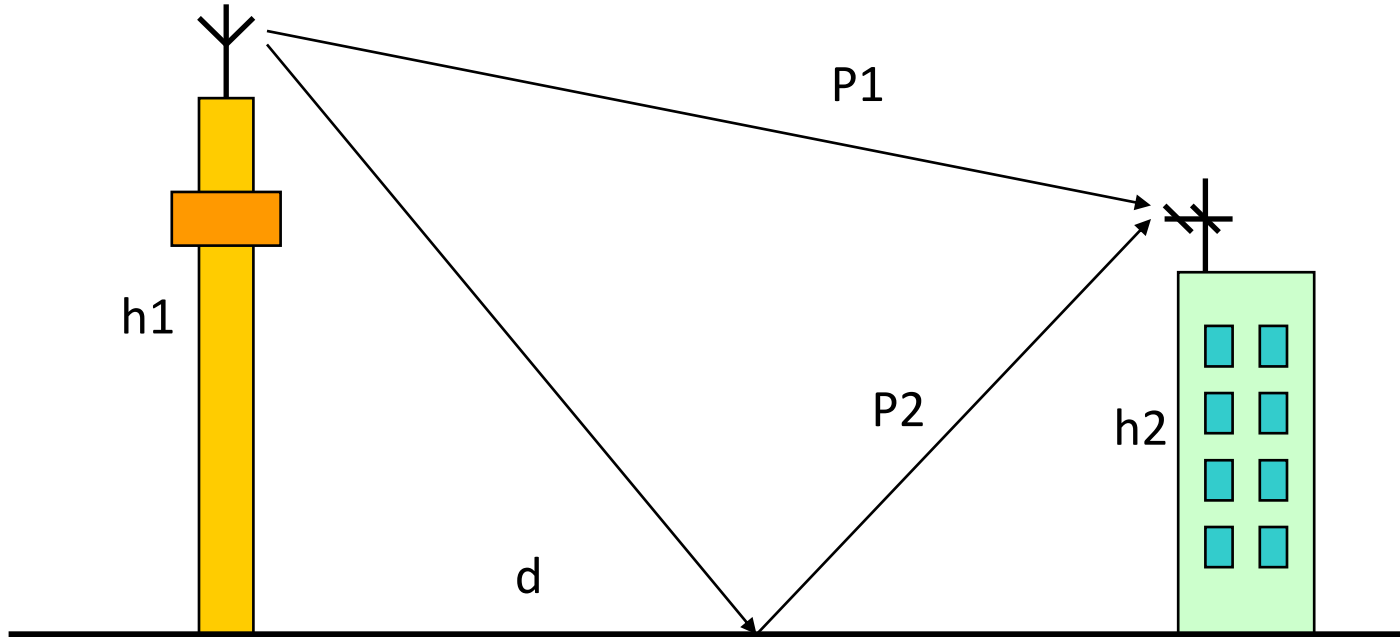
SET- ABERT 2000

Gráfico 6.3.15 - Relação sinal e eco em função do offset de frequência
Comparação - Pós-eco=16 us



SET- ABERT 2000

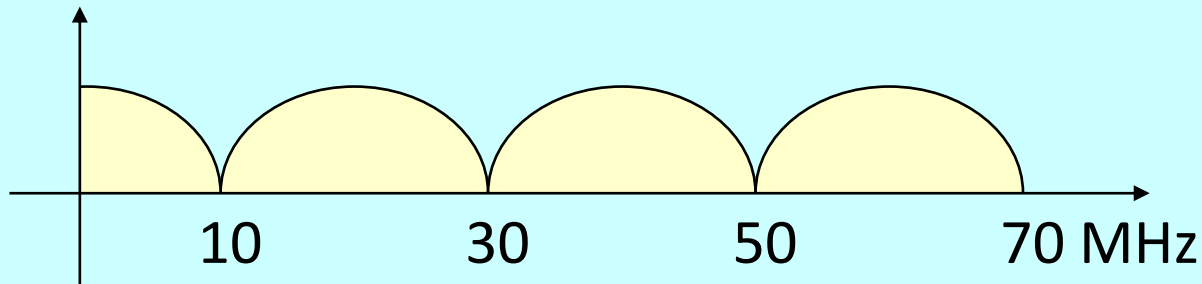




$h_1 = 150 \text{ m}$ $h_2 = 50 \text{ m}$ $d = 1000 \text{ m}$

$\Rightarrow P_1 = 1005 \text{ m}$ $P_2 = 1020 \text{ m}$

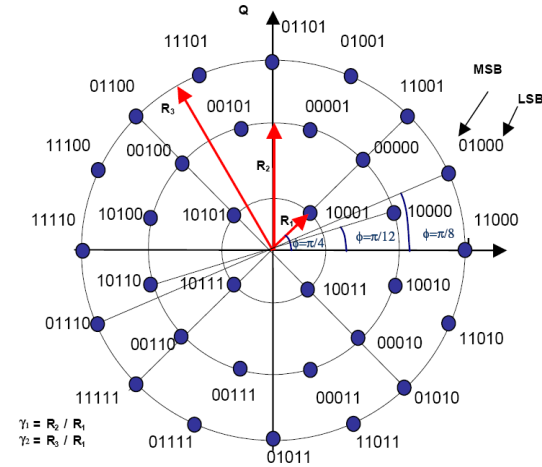
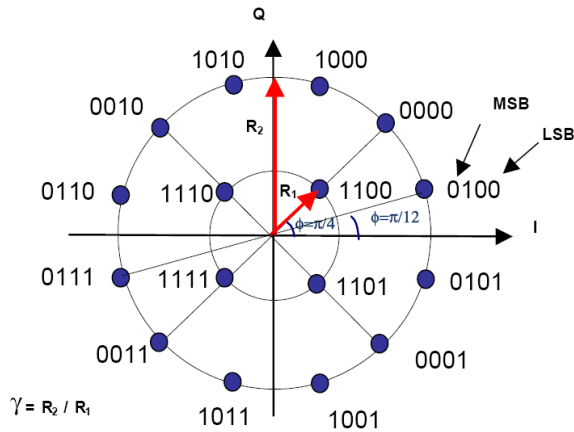
$P_2 - P_1 = 15 \text{ m} \Rightarrow T_2 - T_1 = 50 \text{ ns}$



Resposta em Frequência do Canal

Outros Sistemas de Transmissão Digital

- “Time Domain Synchronous Orthogonal Frequency Division Multiplexing”
- Desenvolvimento na China (Tsinghua University)
- Modulação OFDM com possível sincronização de símbolos via GPS
- Até 32 Mb/s em um canal de 8 MHz



Modulações 16-APSK e 32-APSK

Até 58 Mb/s (7,8 dB SNR)

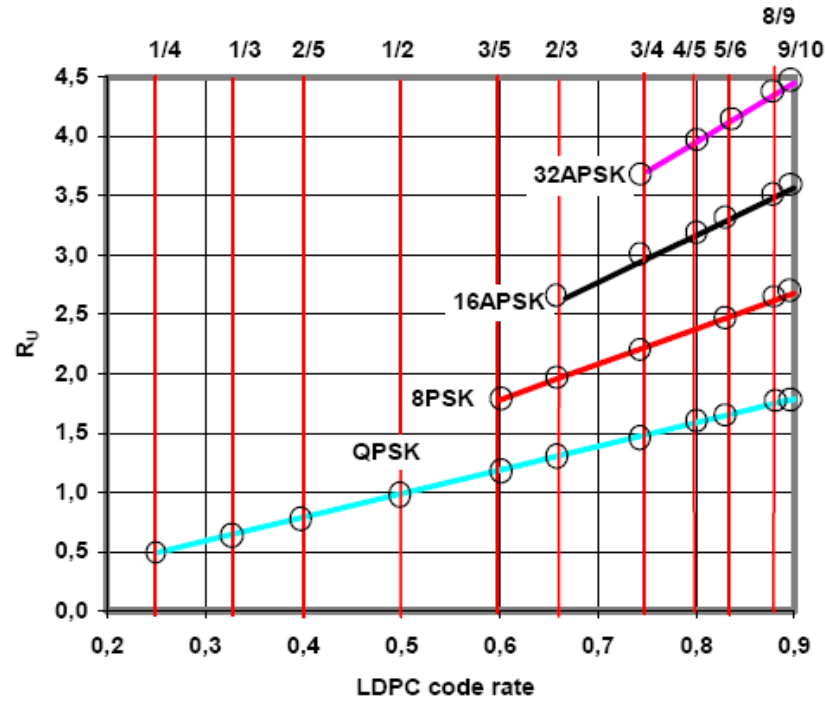


Figure H.1: Examples of useful bit rates R_u versus LDPC code rate per unit symbol rate R_s

LDPC= Low Density Parity Check

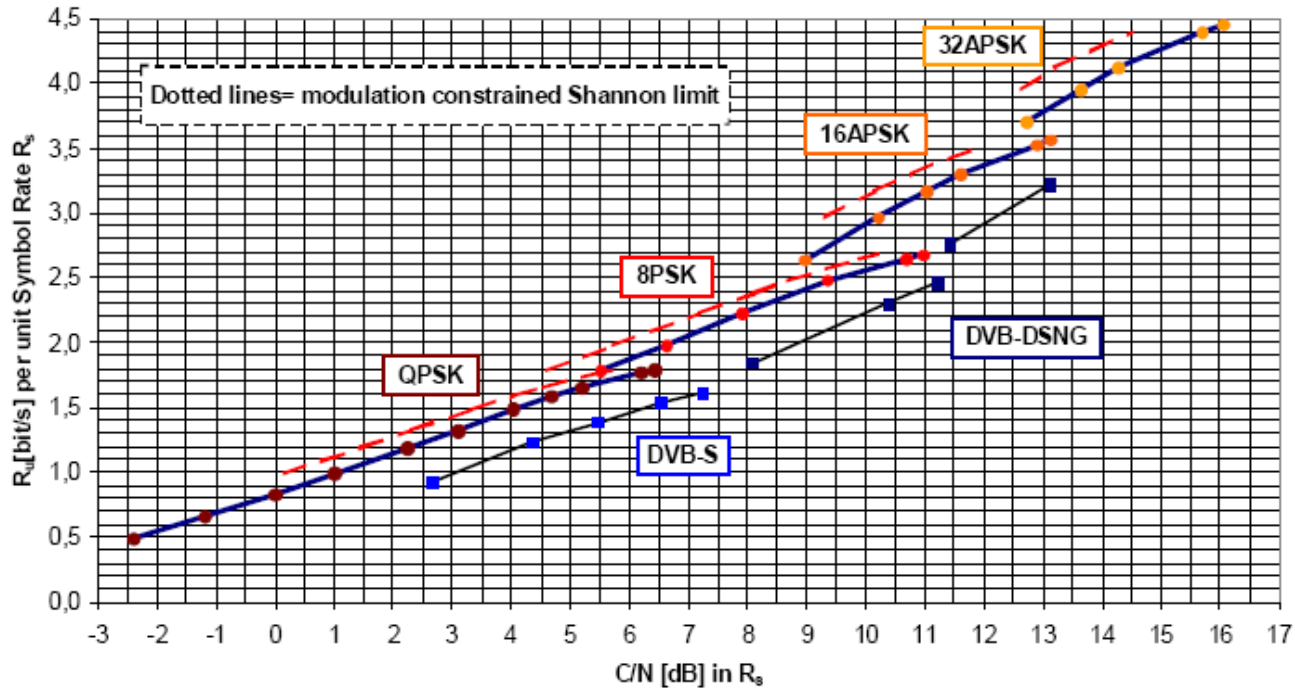
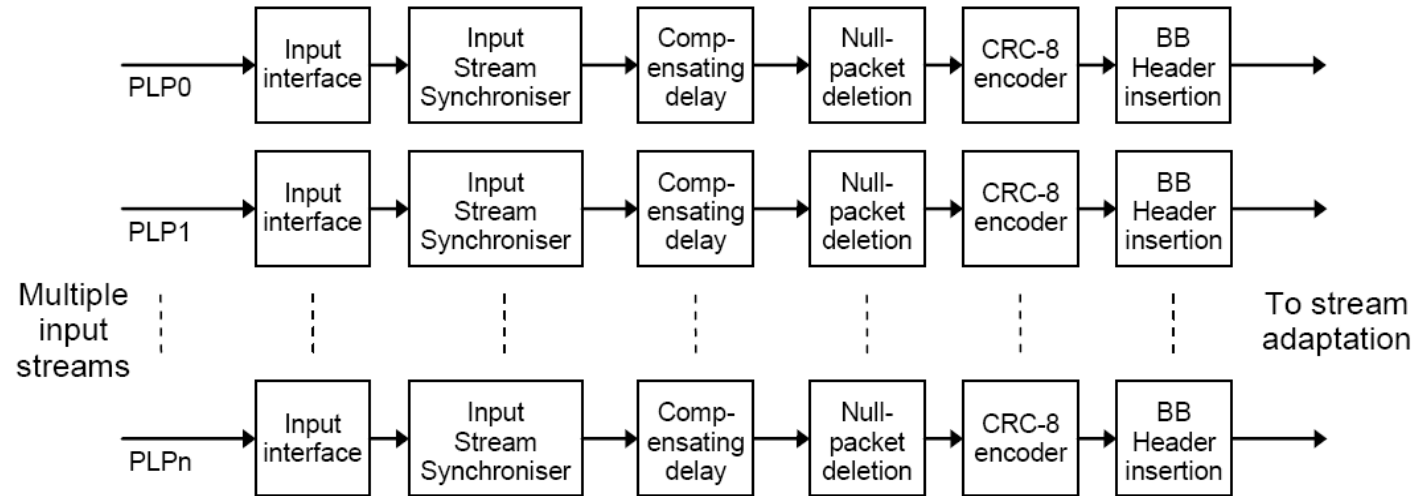
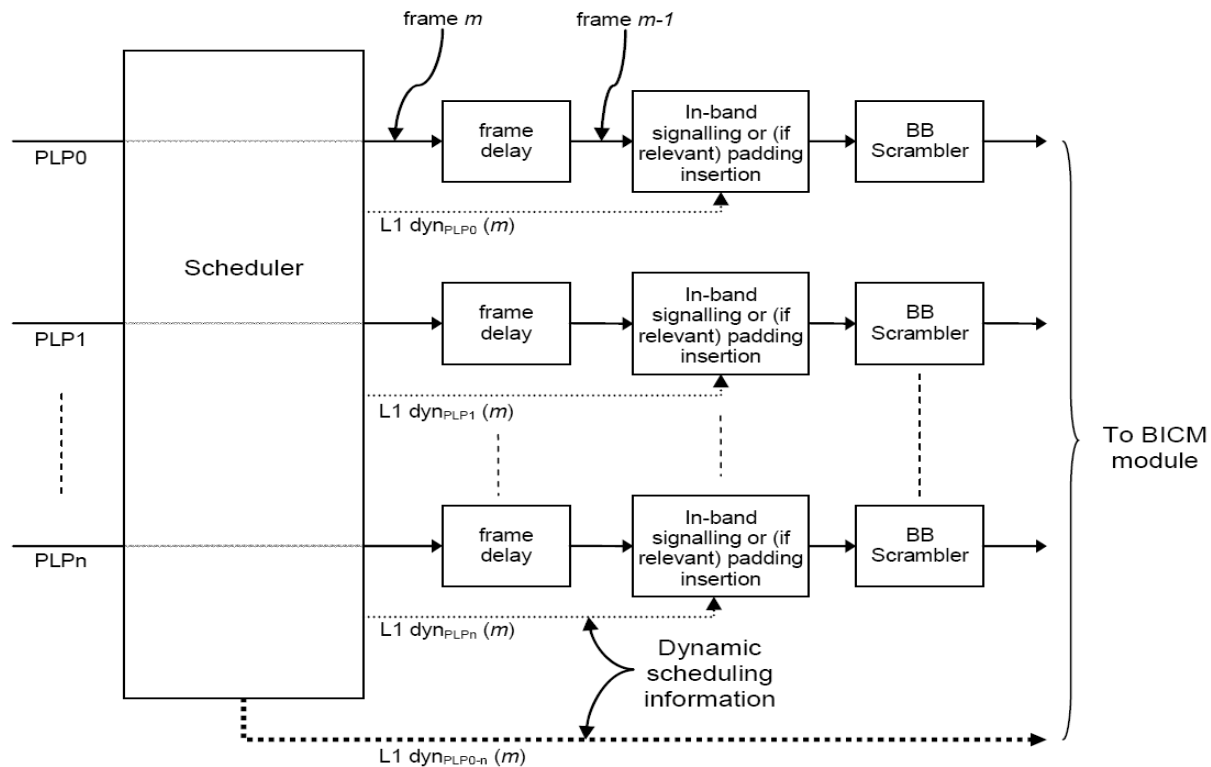


Figure H.2: Required C/N versus spectrum efficiency, obtained by computer simulations on the AWGN channel (ideal demodulator) (C/N refers to average power)

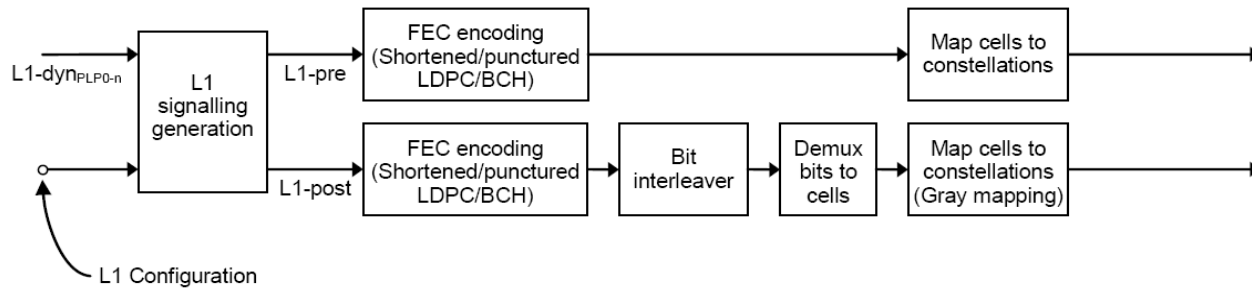
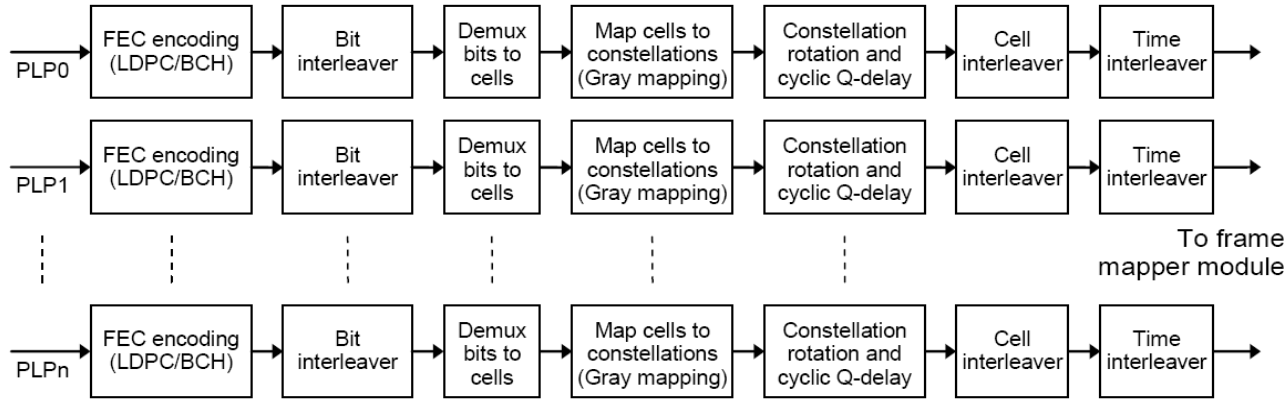
	DVB-T	DVB-T2
Entrada de Dados	TS único (MPEG-2)	TS's múltiplos ou Encapsulamento Genérico de Fluxos (GSE)
Modos	Modulação e Codificação fixas	Modulações e Codificações variáveis
Correção de Erros	Reed-Solomon e Convolutacional 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 e 7/8	BCH + LDPC 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5 e 5/6
Modulação		OFDM
Portadoras Totais	1705 ou 6817	853 a 27841
Constelações	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	QPSK, 16-, 64- e 256-QAM
Intervalo de Guarda	1/4, 1/8, 1/16 e 1/32	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32 e 1/128
Ordem da IFFT	2k e 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k e 32k
Portadoras Pilotos	Padrão único, 2,6% fixas e 8% móveis	Padrões variáveis, 0,35% fixas e 1, 2, 4 ou 8% móveis
Redução de Fator de Crista	Não especificado	Expansão de Constelações ou Portadoras Reservadas: 10, 18, 36, 72, 144 ou 288
Taxa de Bits (canal de 8 MHz)	4,98 a 31,67 Mb/s	7,44 a 50,32 Mb/s

BCH= Bose-Chaudhuri-Hocquenghem





DVB-T2: BICM (Baseband Interleaved Coding and Modulation)



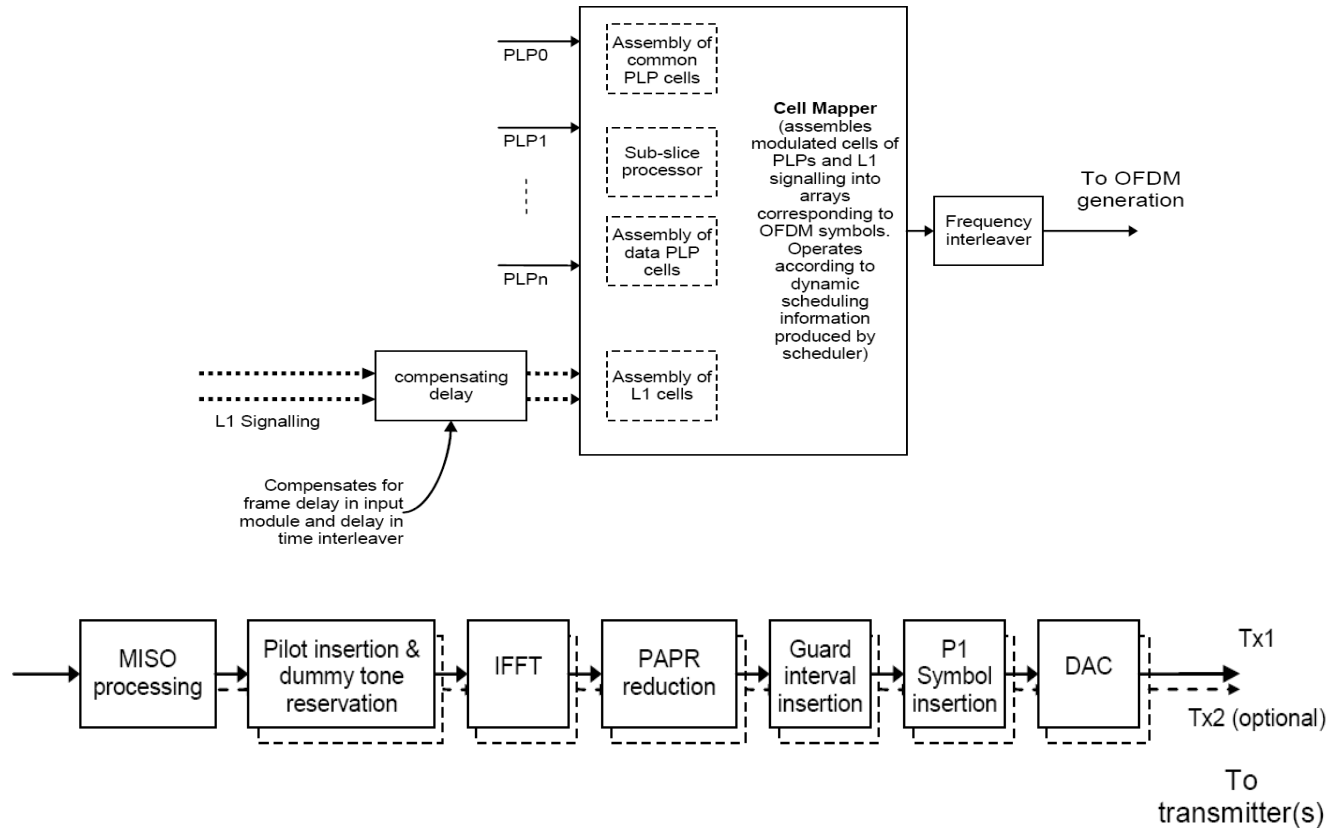


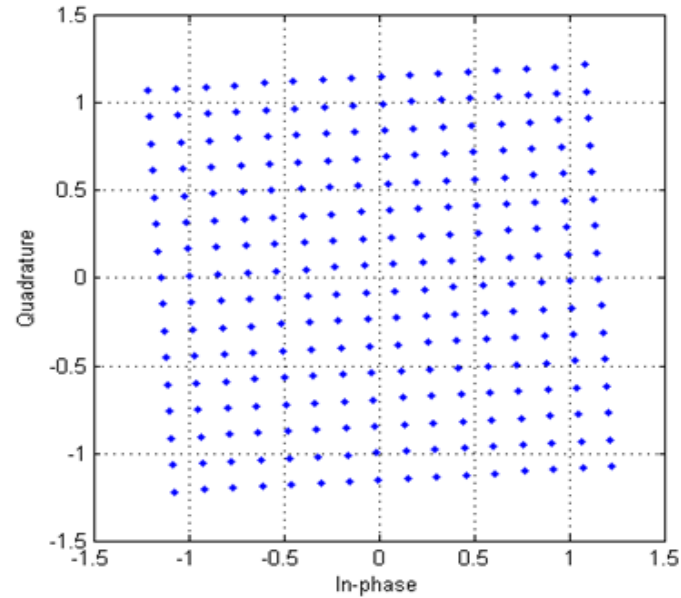
Table 6(a): Coding parameters (for normal FECFRAME $N_{ldpc} = 64\ 800$)

LDPC Code	BCH Uncoded Block K_{bch}	BCH coded block N_{bch} LDPC Uncoded Block K_{ldpc}	BCH t-error correction	$N_{bch} - K_{bch}$	LDPC Coded Block N_{ldpc}
1/2	32 208	32 400	12	192	64 800
3/5	38 688	38 880	12	192	64 800
2/3	43 040	43 200	10	160	64 800
3/4	48 408	48 600	12	192	64 800
4/5	51 648	51 840	12	192	64 800
5/6	53 840	54 000	10	160	64 800

Table 6(b): Coding parameters (for short FECFRAME $N_{ldpc} = 16\ 200$)

LDPC Code identifier	BCH Uncoded Block K_{bch}	BCH coded block N_{bch} LDPC Uncoded Block K_{ldpc}	BCH t-error correction	$N_{bch} - K_{bch}$	Effective LDPC Rate $K_{ldpc} / 16\ 200$	LDPC Coded Block N_{ldpc}
1/4 (see note)	3 072	3 240	12	168	1/5	16 200
1/2	7 032	7 200	12	168	4/9	16 200
3/5	9 552	9 720	12	168	3/5	16 200
2/3	10 632	10 800	12	168	2/3	16 200
3/4	11 712	11 880	12	168	11/15	16 200
4/5	12 432	12 600	12	168	7/9	16 200
5/6	13 152	13 320	12	168	37/45	16 200

NOTE: This code rate is only used for protection of L1-pre signalling and not for data.



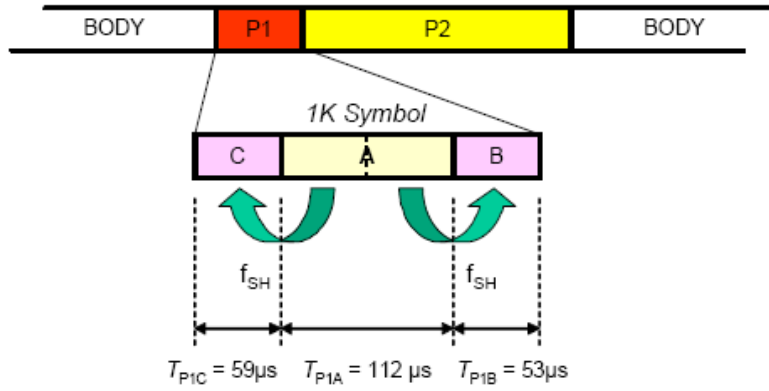


Figure 51: P1 symbol structure

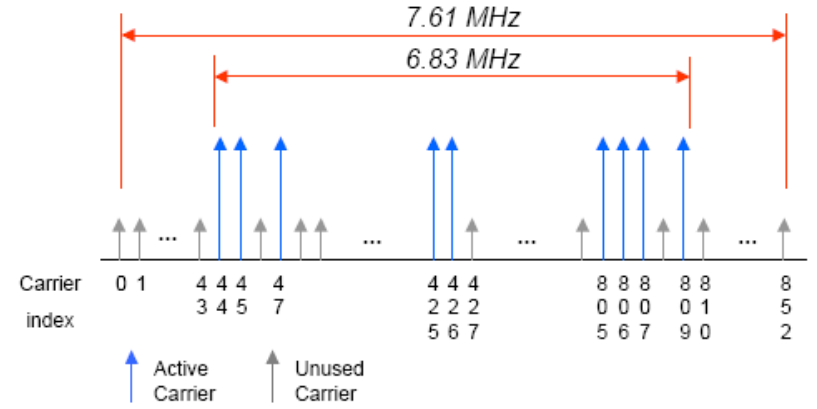


Figure 52: Active carriers of the P1 symbol

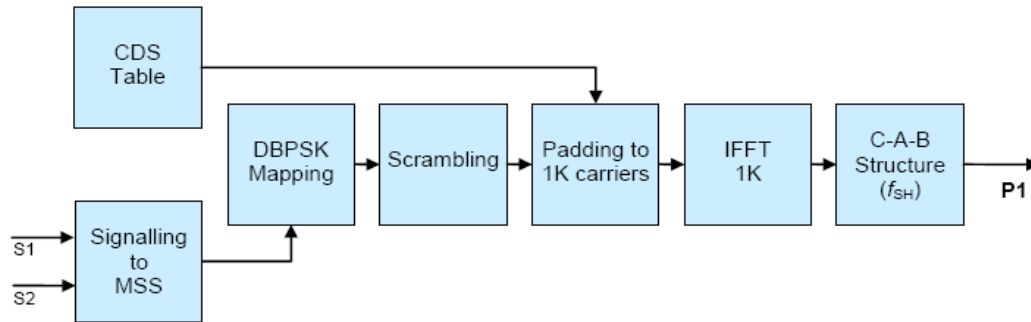


Figure 53: Block diagram of the P1 symbol generation

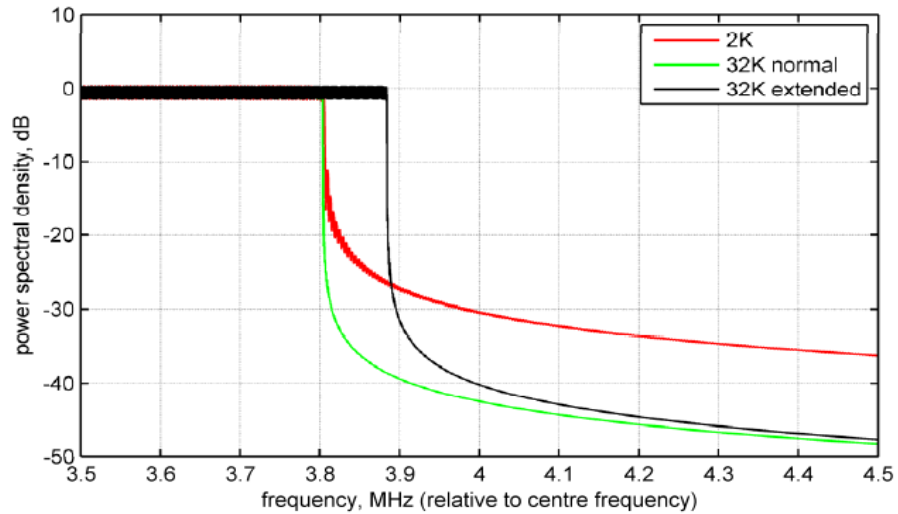


Figure 54(b): Detail of theoretical DVB-T2 spectrum for guard interval fraction 1/8 (for 8 MHz channels)

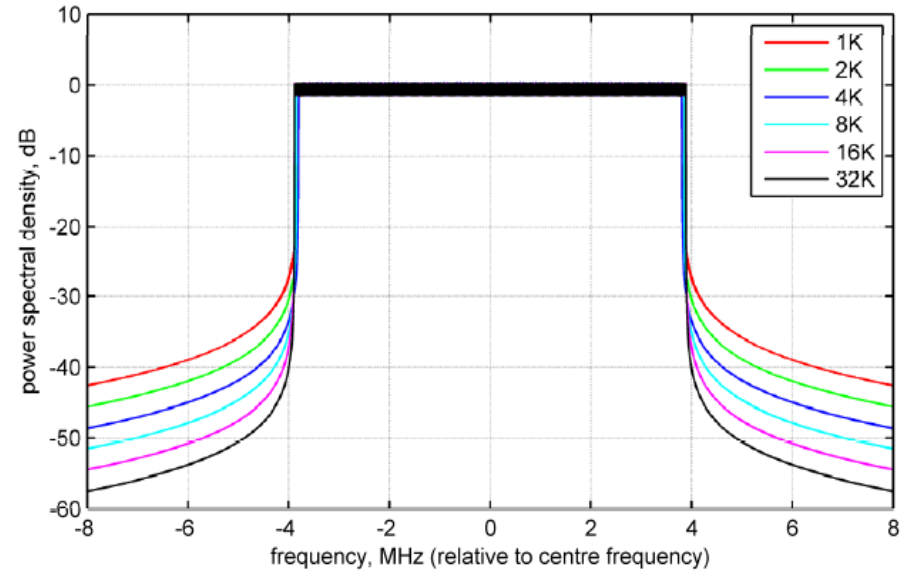


Figure 54(a): Theoretical DVB-T2 signal spectrum for guard interval fraction 1/8 (for 8 MHz channels and with extended carrier mode for 8K, 16K and 32K)

Considerações Finais

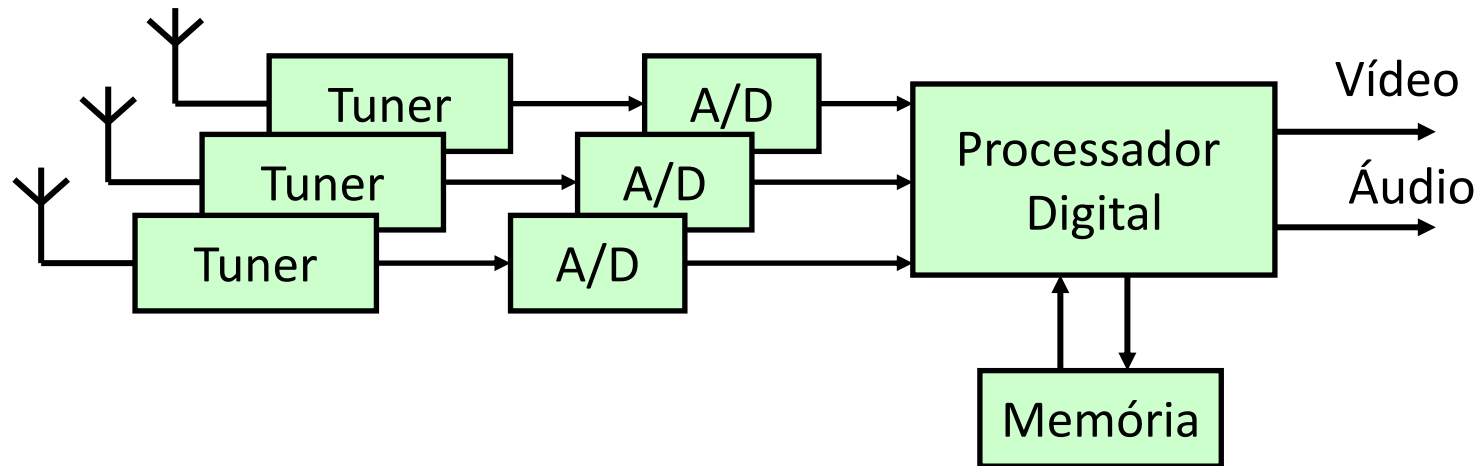
- Etapa de Radiofrequência:
 - Programação do PLL do Oscilador Local para o canal escolhido
 - C.A.G. não-coerente ajusta nível aproximado do sinal
 - Circuito de Autocorrelação detecta o Intervalo de Guarda
 - PLL ajusta frequência de amostragem

- Sincronização:
 - Detecta o Modo de transmissão
 - Posiciona janela da FFT
 - Ajuste grosso do CAF da portadora
 - Ajuste grosso do CAF da taxa de amostragem
 - Ajustes finos dos CAF's
 - Demodulador BPSK extrai informação da TMCC
 - Inicia a decodificação do Código Convolutioal
 - Inicia a decodificação do Código Reed-Solomon
 - Pacotes de Transporte são extraídos

- Transporte MPEG:
 - Aguarda Pacote com PID = 0, e obtém PID do pacote que contém o Mapa de Programa (MAP_PID)
 - Aguarda Pacote com PID = MAP_PID e obtém os PID's dos fluxos elementares do programa (Vídeo, Áudio, etc.)
 - Identifica Pacotes com PID's especificados e encaminha-os aos Decodificadores correspondentes (Áudio, Vídeo, Dados)

- Decodificação de Vídeo MPEG:
 - Aguarda Cabeça de Sequência e configura parâmetros de exibição
 - Aguarda Cabeça de Grupo (GOP)
 - Aguarda imagens tipo I e P de referência
 - Inicia decodificação e apresentação da imagem.

- Processamento Digital de Sinais pode implementar qualquer sistema de modulação, transporte e codificação
- Diversidade Espacial melhora recepção com multi-percurso e permite recepção em banda larga



- Modulação OFDM com constelação 4096-QAM (12 bits/símbolo)
- Diversidade de Polarização (H / V) em canal de 6 MHz
- Compressão H.265

