

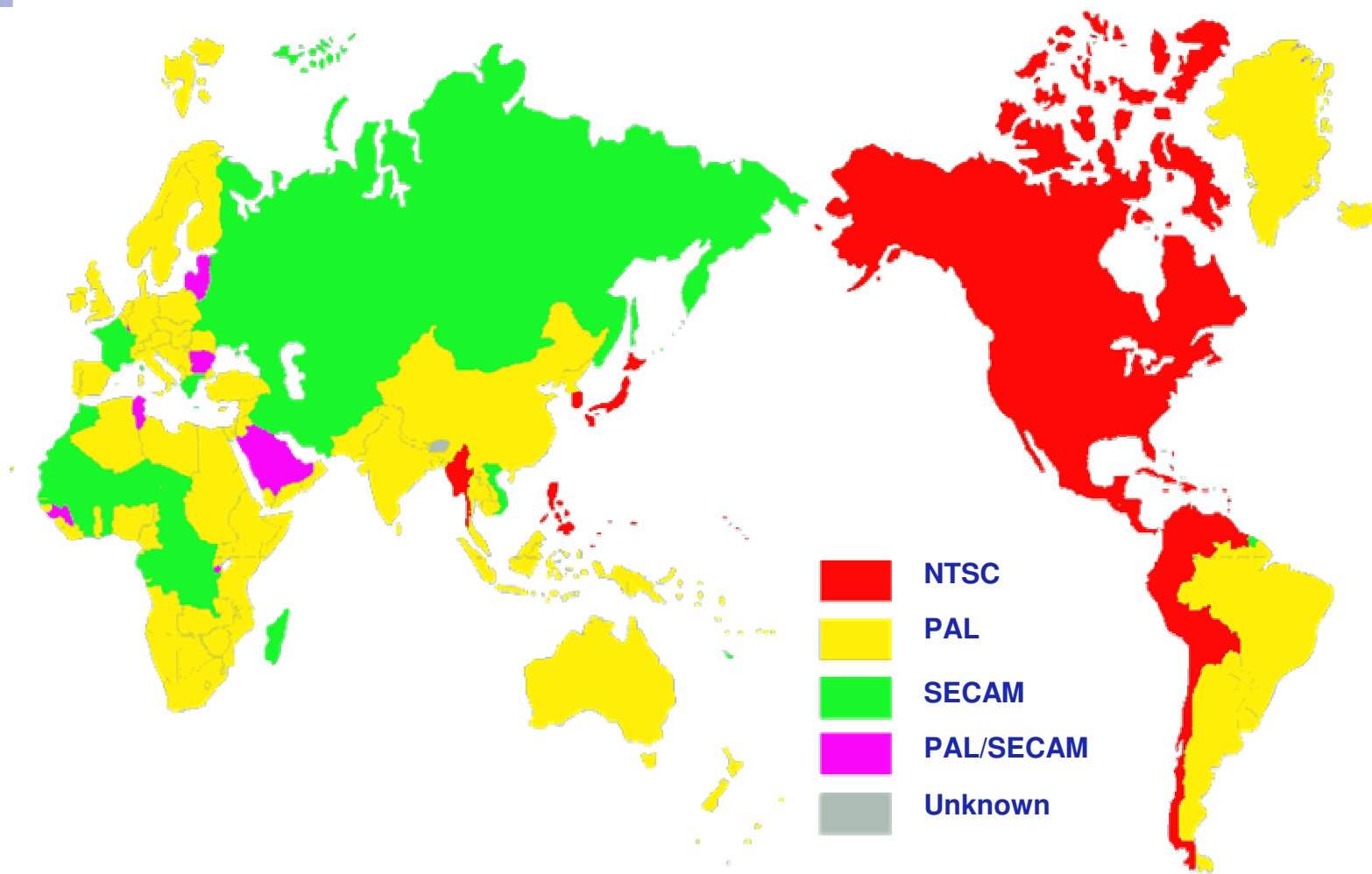
TELEVISÃO DIGITAL



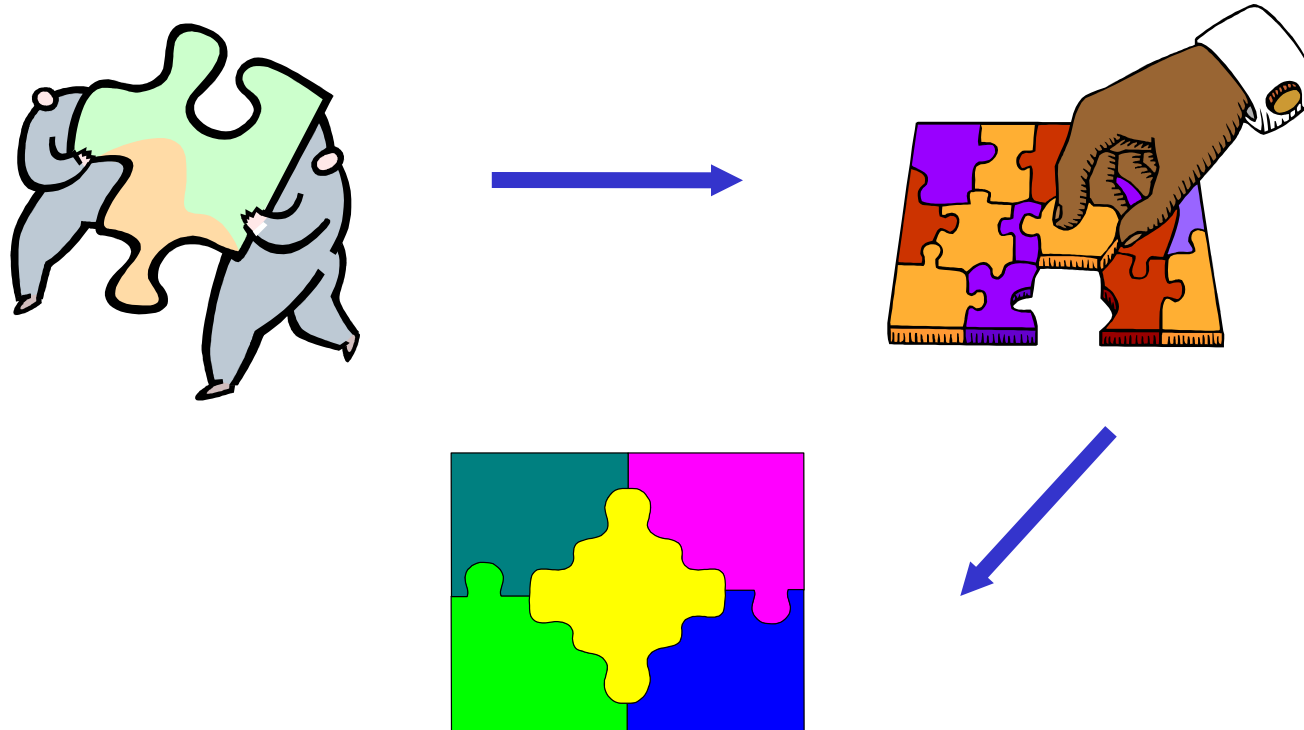
Fernando Pereira
Instituto Superior Técnico



O Mundo da TV Analógica

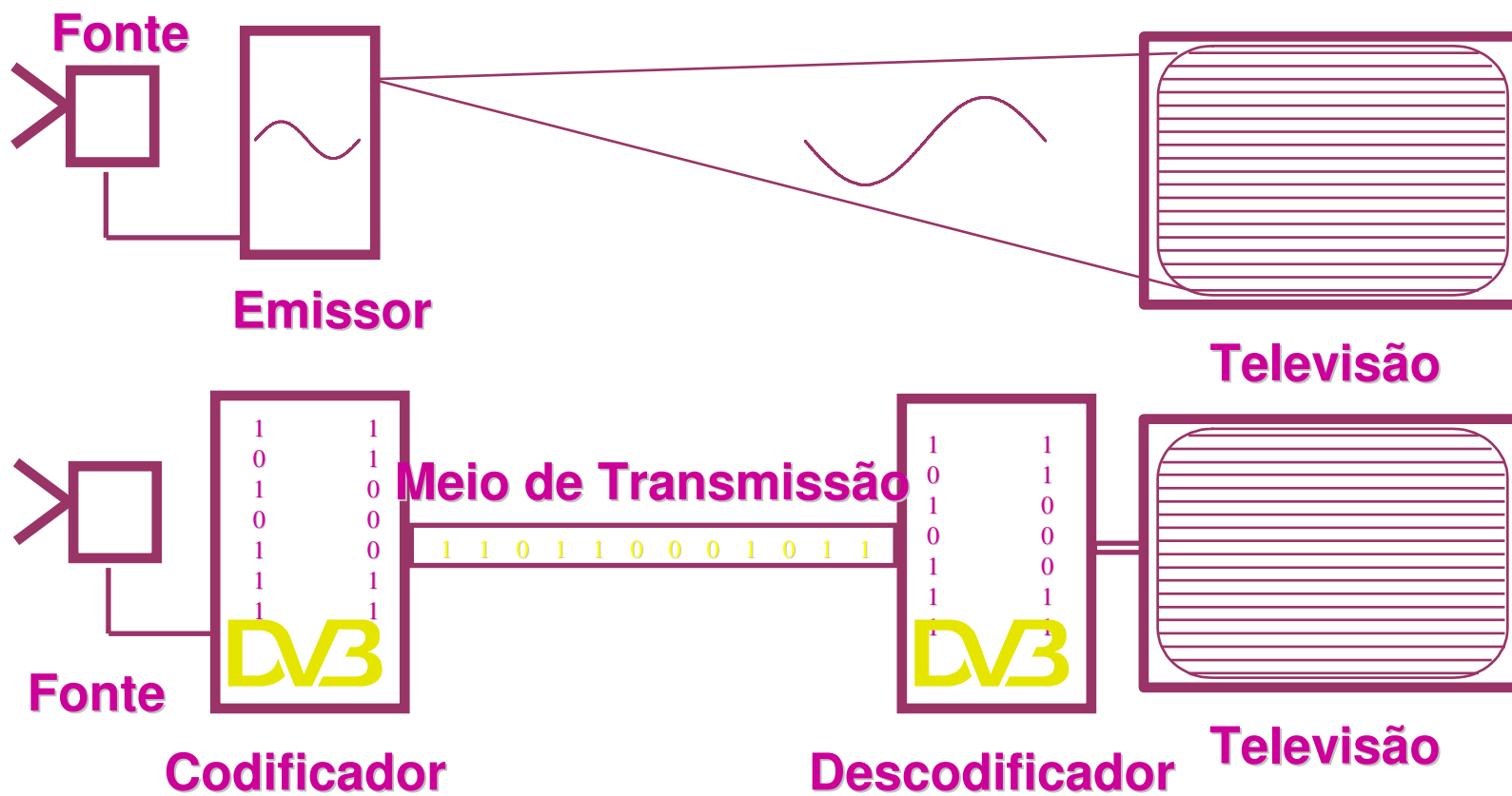


TV Digital: Afinal o que é ?



Toda a informação que chega a nossa casa - vídeo, áudio, dados - surge como uma sequência discreta de símbolos (pré-definidos) ao longo do tempo !

Analógico versus Digital

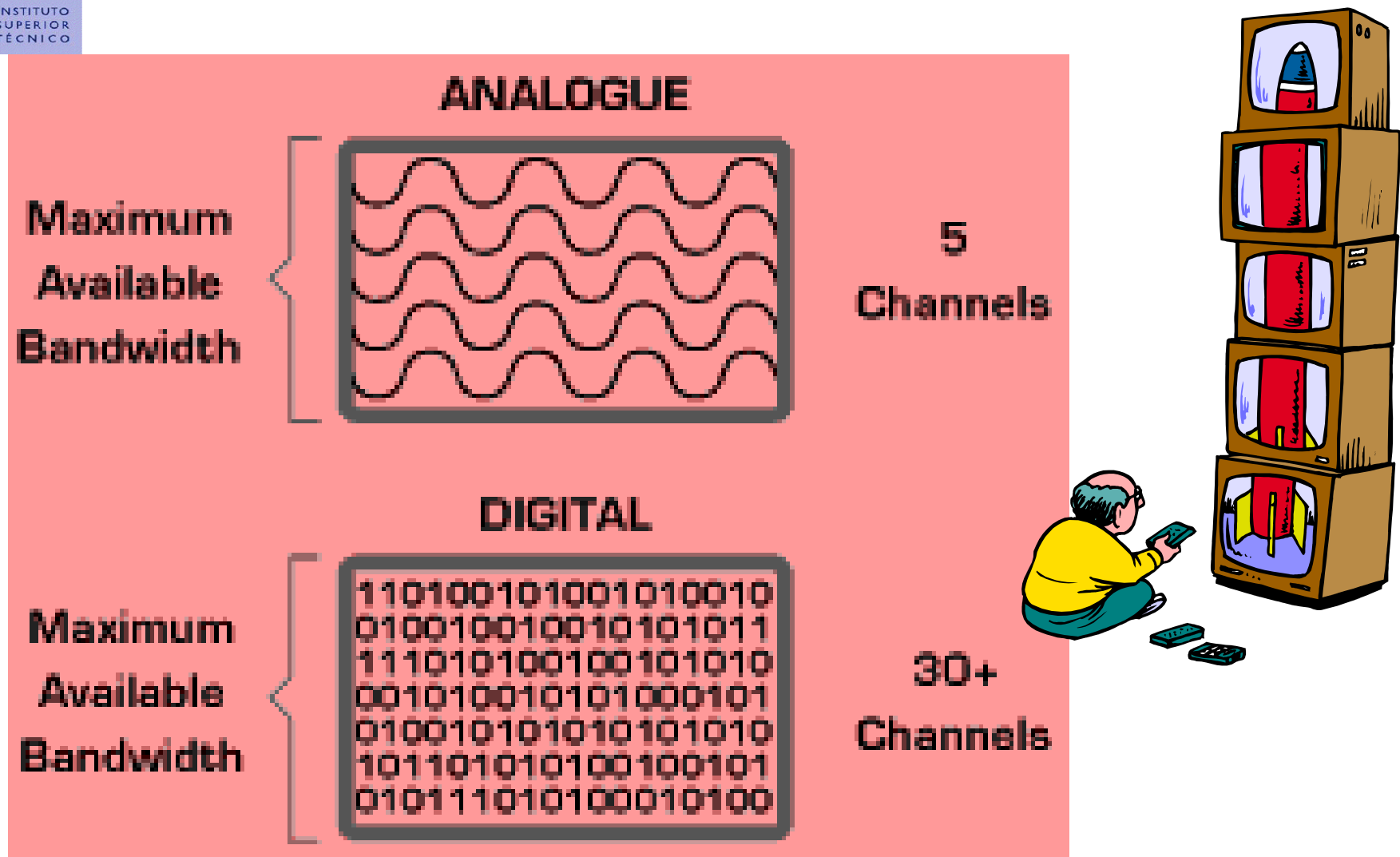




Porquê TV Digital ?

- **Uso mais eficiente do espectro**
- **Mais canais e serviços**
- **Interactividade**
- **Personalização**
- **Robustez a erros**
- **Qualidade da imagem e som**
- **Fácil processamento**
- **Mais próximo do computador**
- **Fácil multiplexagem e encriptação**
- **Possibilidade de regeneração**

Televisão Digital: Só Mais do Mesmo ?

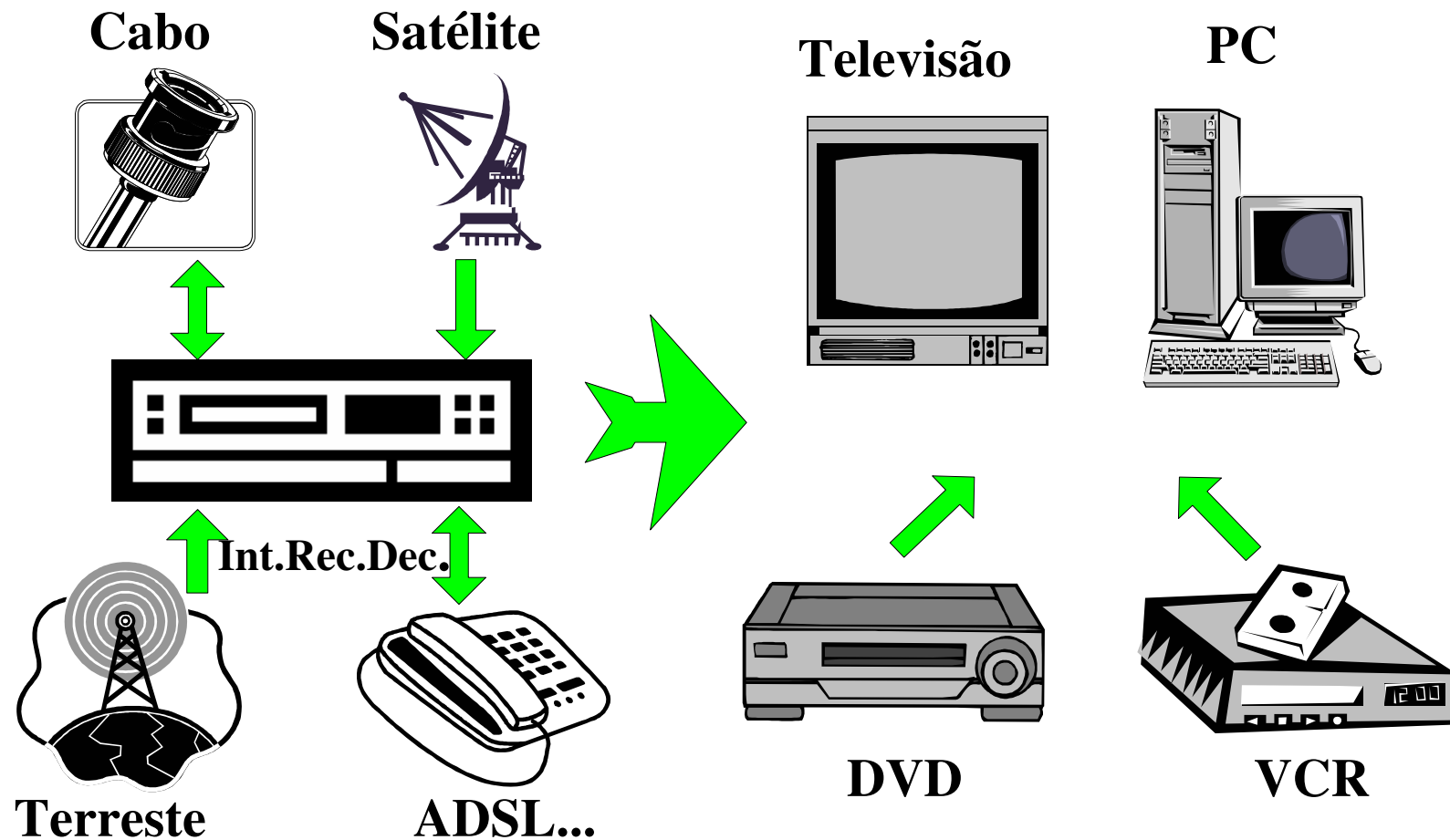


A TV do Futuro ?

- *Set top box* + TV analógica
- TV digital
- *PC Card*
- Qualquer tipo de aparelho digital



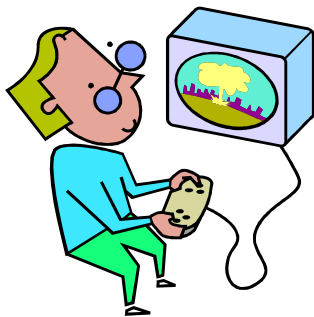
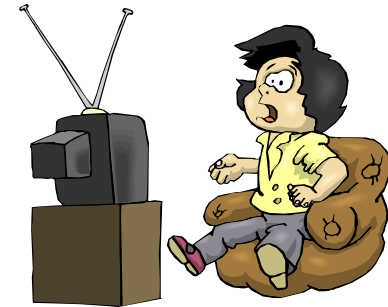
O Cenário Doméstico Digital



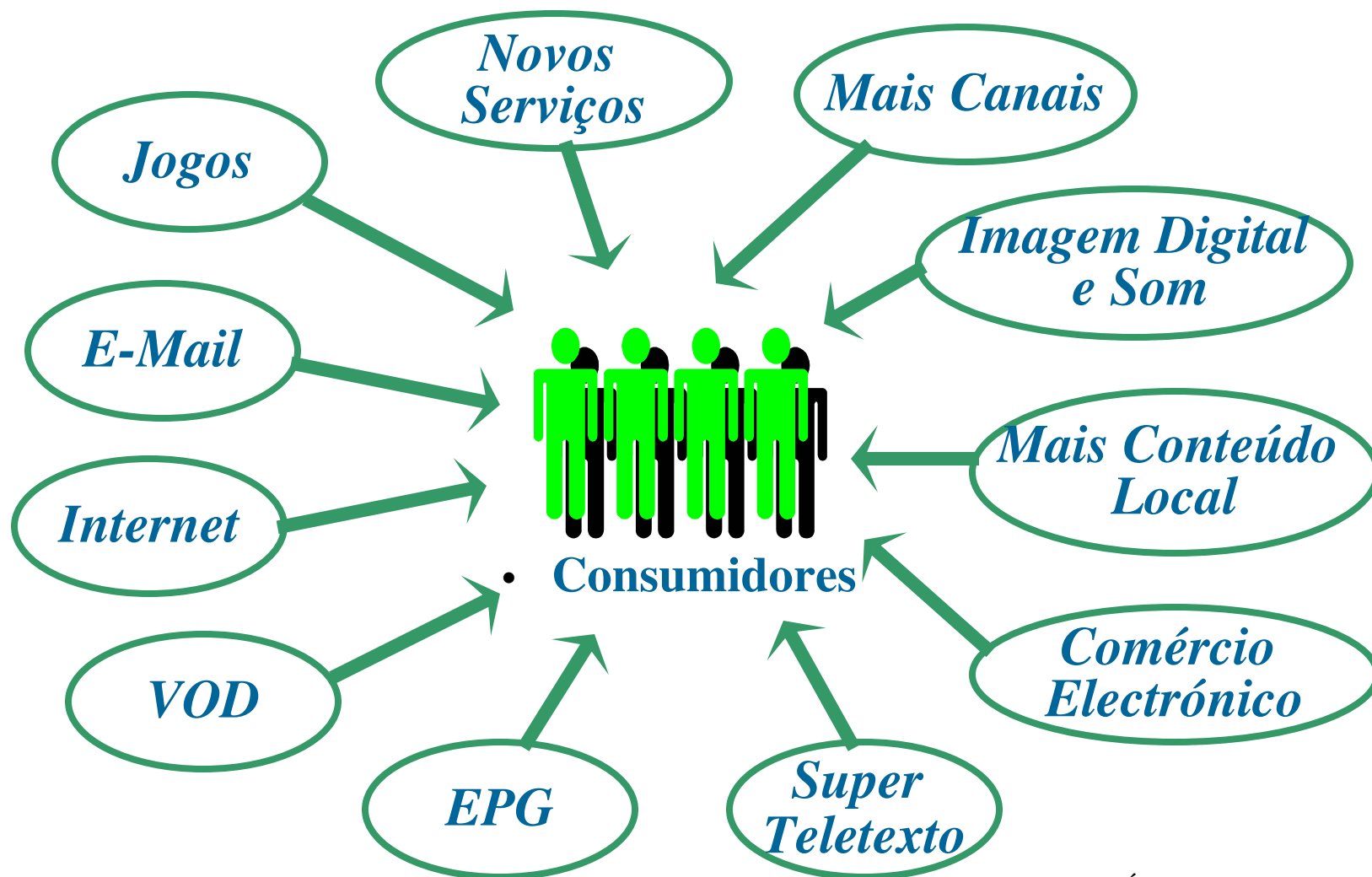
Televisão: Afinal Para que Nos Pode Servir ?



- Informação
- Entretenimento
- Jogos
- Divulgação
- Educação
- Compras
- ...



TV Digital: Conteúdo ou Terminal ?





Que Argumentos Convencem os Utentes ?

- **Satisfação de necessidades / valor acrescentado / funcionalidades**
- **Interoperabilidade ao nível de aplicação- *não lhes interessa a solução técnica***
- **Qualidade e fiabilidade aceitáveis**
- **Facilidade de uso**
- **Baixo custo do uso e do equipamento**
- **Variedade e qualidade do conteúdo**

A Interactividade

A representação digital da informação facilita enormemente a explosão das capacidades interactivas (*capacidade do utente escolher ou alterar algo, personalizando a experiência televisiva*) associadas à televisão e logo à capacidade de cada utente:

- **Aceder a informação temática**
- **Obter informação complementar**
- **Controlar a sequência da visualização**
- **Exprimir opiniões, votações**
- **Escolher o ângulo de visualização**
- **Usar vários serviços, e.g. *tele-shopping, tele-banking***





Quem Ganha com a Televisão Interactiva ?

1- TELESPECTADORES

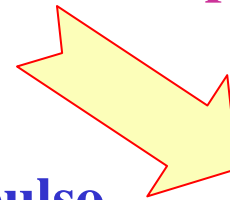
- Maior oferta de informação
- Mais serviços
- Possibilidade de interacção
- Personalização

3- ANUNCIANTES

- Vantagens inerentes à compra por impulso
- Maior abrangência da mensagem publicitária
- Maior facilidade na compra *on-line*

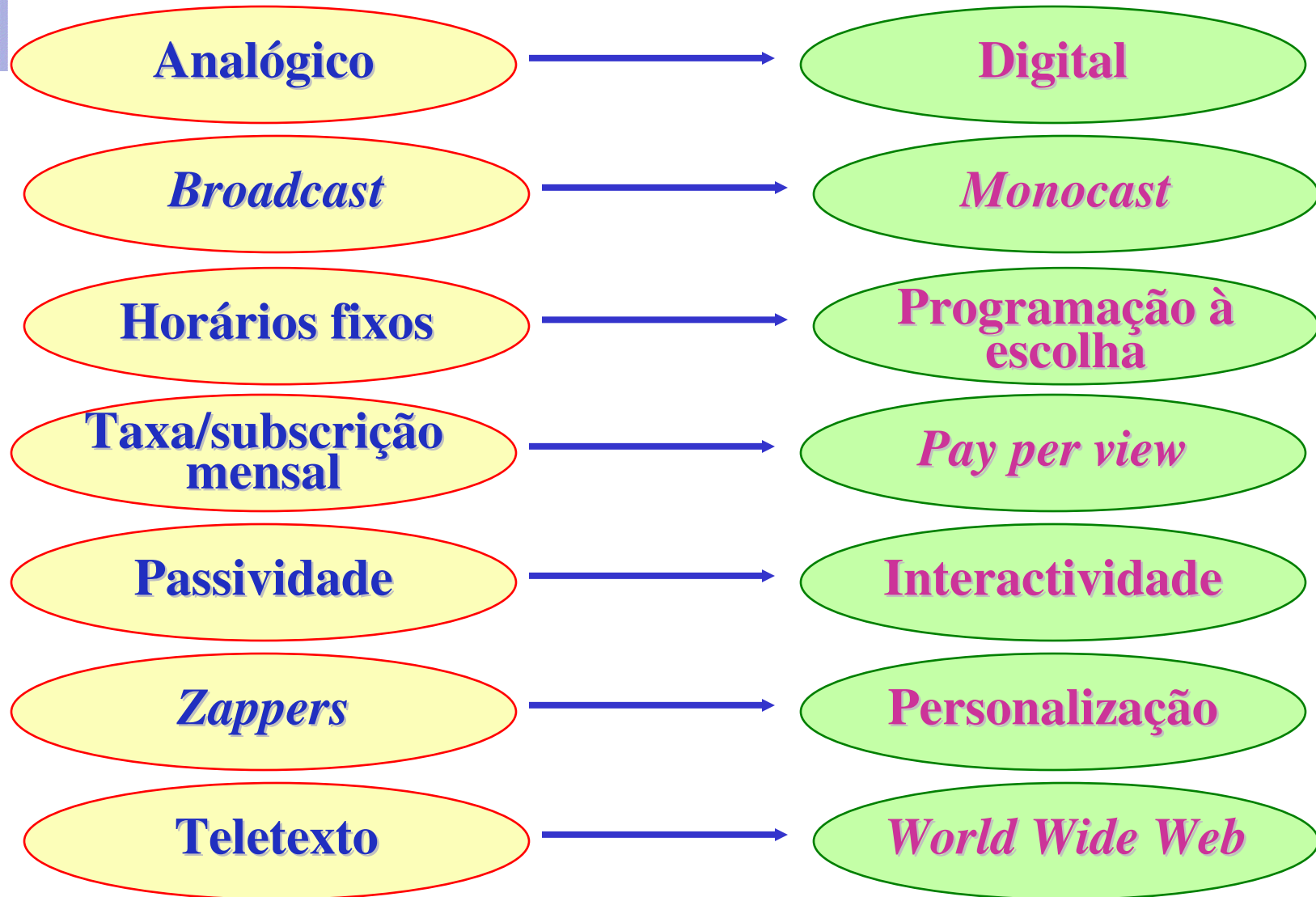
2- PRODUTORES

- Complemento da emissão com funcionalidades interactivas (maior valor acrescentado ao cliente)
- Maior relação com anunciantes/patrocinador



Maior Fidelização
Mais Audiências
Mais Vendas

Televisão: Afinal como está a Mudar ?





Principais Sistemas de TV Digital

Depois do satélite e do cabo, a possibilidade de libertar banda levou a que a televisão digital tenha também sido adoptada para a difusão terrestre (hertziana). Principais soluções de TV digital actualmente existentes são:

- ***Digital Video Broadcasting (DVB) - Patrocínio Europeu***
- ***Advanced Television Systems Committee (ATSC) - Patrocínio EUA***
- ***Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB) - Patrocínio Japonês (muito semelhante ao DVB; melhor em termos de mobilidade)***
- ***China (Audio Video coding Standard, AVS) e Brasil tentam a ‘rebelião’ ...***

DVB

Digital Video Broadcasting



O que é o DVB ?

- **Consórcio com 220 membros de 30 países (no início essencialmente Europeias), formado em Setembro de 1993:**
 - Produtores de conteúdo
 - Fabricantes de equipamento
 - Operadores de telecomunicações
 - Organismos de regulamentação
- **com o objectivo de definir normas para a difusão digital de televisão em vários meios de transmissão**
- ***Joint Technical Committee* do ETSI / CENELEC / EBU**



DVB: Objectivos Iniciais

- **Difusão digital de vídeo de alta qualidade (até HDTV)**
- **Difusão com boa qualidade de programas através de canais de banda estreita e/ou aumentar o número de programas nos canais actuais**
- **Recepção em terminais de bolso equipados com pequenas antenas de recepção (recepção portátil)**
- **Recepção móvel de programas de televisão com boa qualidade**
- **Possibilidade de transmissão simples através de várias redes de telecomunicações e integração com o mundo dos PCs**



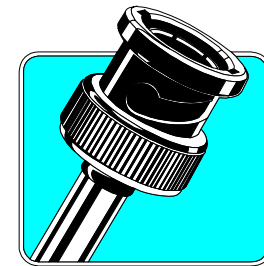
A Nova Visão DVB: Combinando Mundos ...

DVB's vision is to build a content environment that combines the stability and interoperability of the world of broadcast with the vigor, innovation, and multiplicity of services of the world of the Internet."

DVB, 2000

Os Cenários/Normas de Transmissão DVB

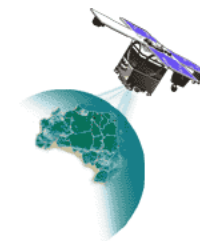
- **Satélite: DVB-S, DVB-S2**
- **Cabo: DVB-C**
- **Terrestre: DVB-T**
- **DVB-MHP (*Multimedia Home Platform*)** – ferramentas (*middleware*) que permitem usar uma única *set-top box* para todos os serviços e aplicações
- **Portátil: DVB-H**



A Convergência DVB

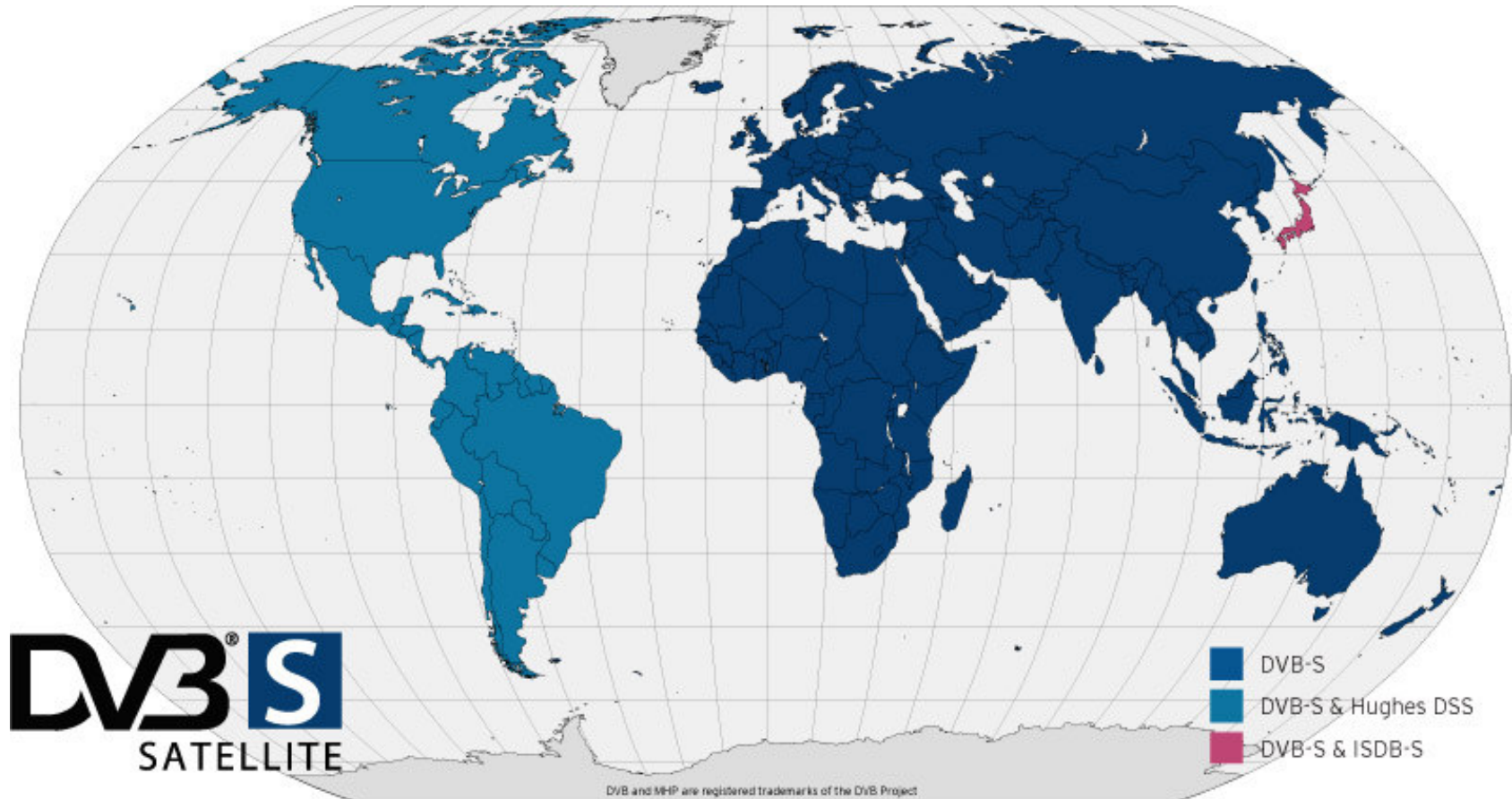


Comparação entre as 3 Soluções de TV Digital

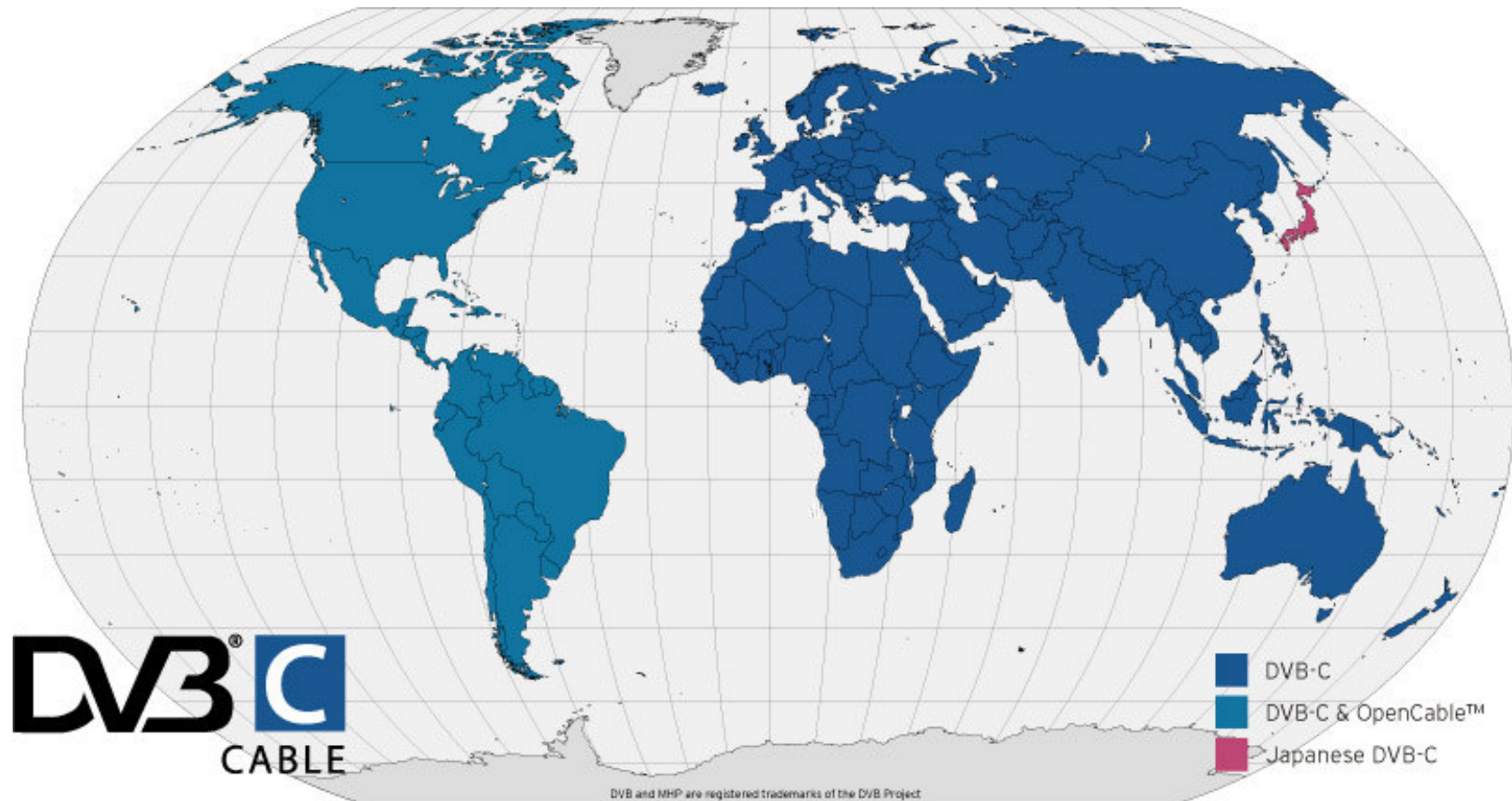


	ATSC	ISDB	DVB
Terrestre	Sim	DVB-T (V1.05)	Sim
Satélite	Não	DVB-DSNG (V1.05)	Sim
Cabo	Sim	DVB-C (V1.05)	Sim
MMDS (< 10 GHz)	Não	Não	Sim
MMDS (> 10 GHz)	Não	Não	Sim
SMATV	Não	Não	Sim
Informação de sistema	Sim	DVB-SI (V1)	Sim
Interactividade	Não	Não	Sim
Acesso condicionado	Sim	Não	Sim
Interfaces prof.	DVB-SSI	Não	Sim

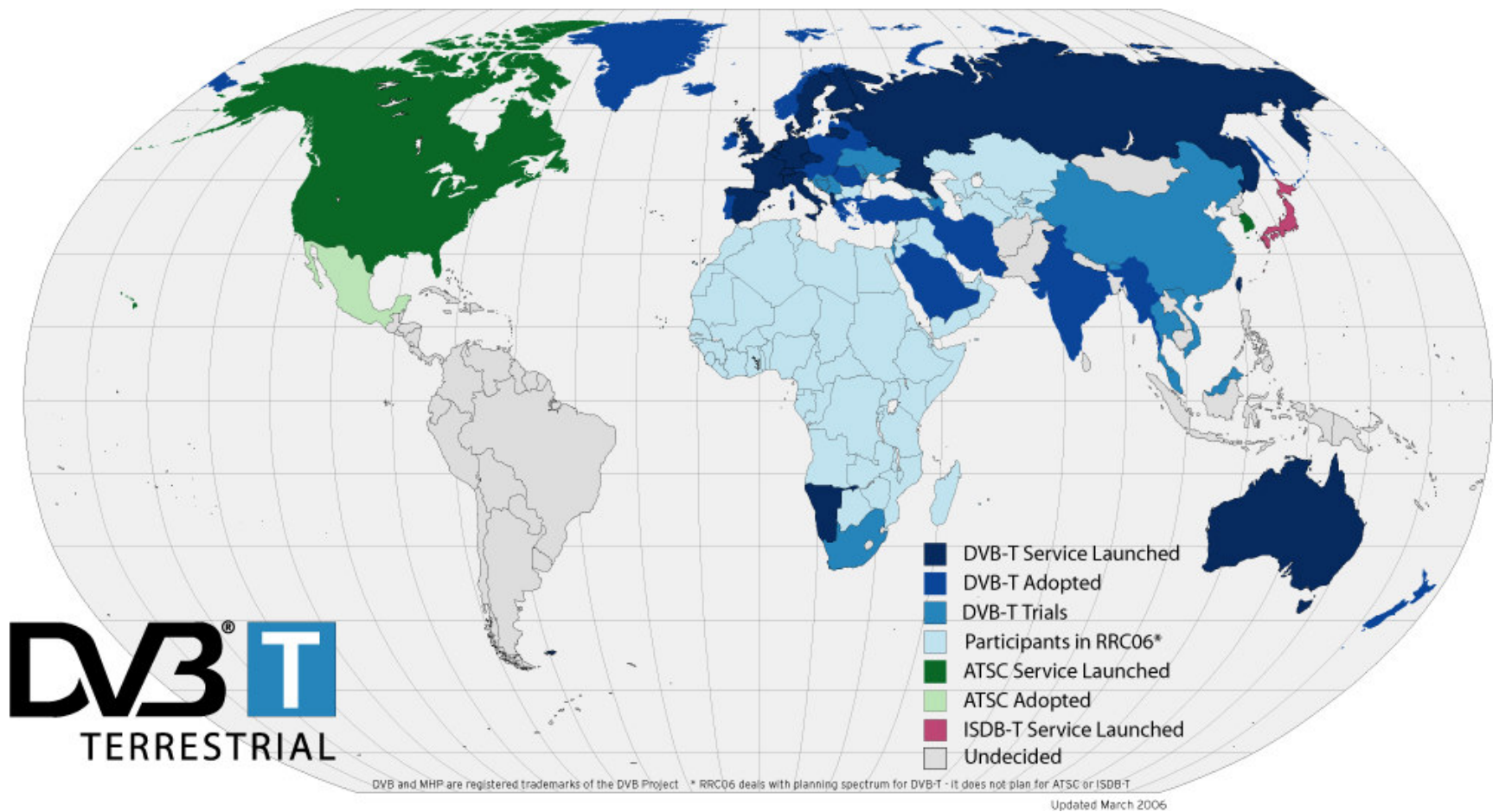
DVB-S: Situação Actual ...



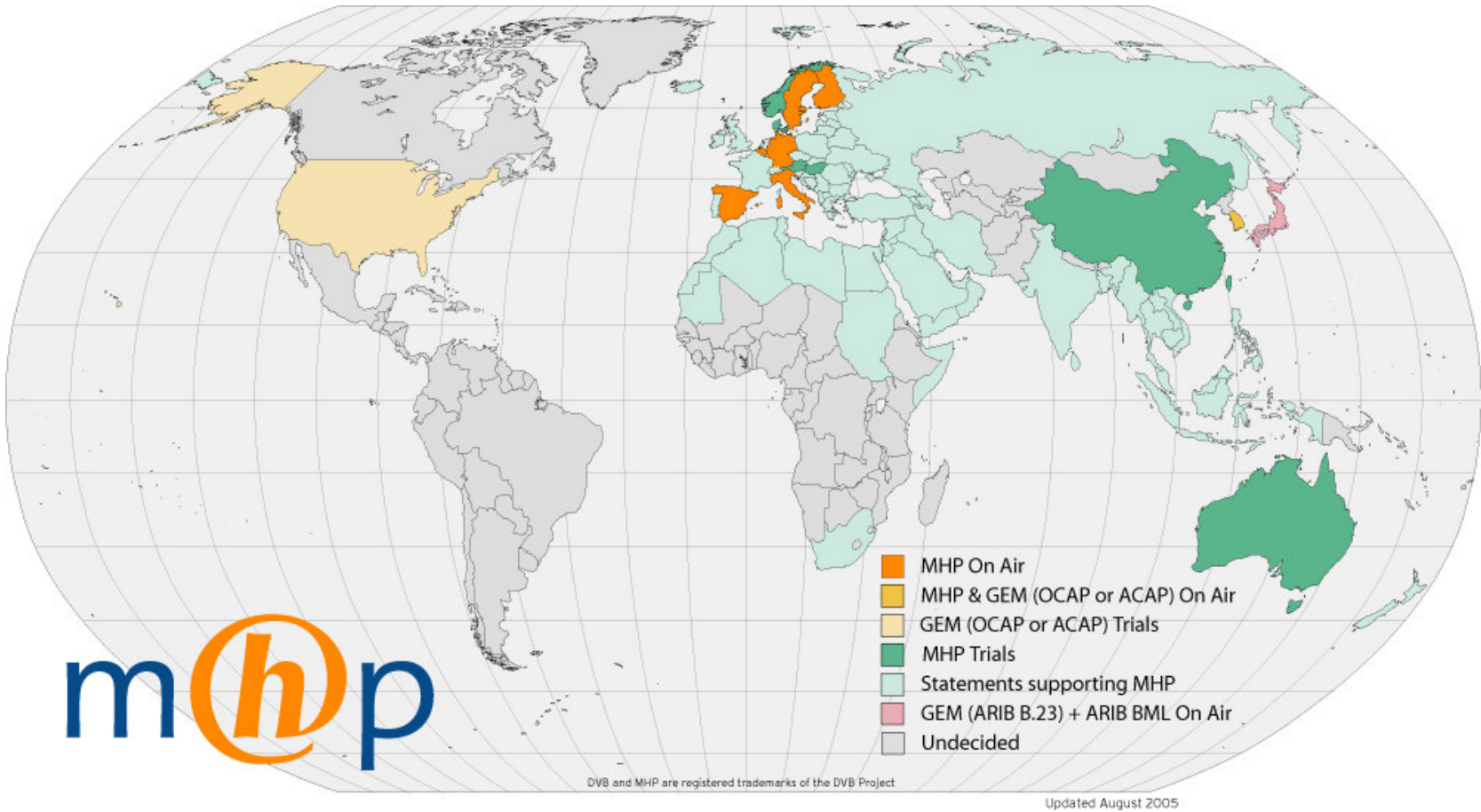
DVB-C: Situação Actual ...



DVB-T: Situação Actual ...



DVB-MHP: Situação Actual ...



Experiências DVB-T em Portugal

Testes de campo e estudos de implementação para diferentes configurações e transmissão simultânea analógica/digital

Demonstrações com êxito de recepção de TV fixa e portátil e testes de campo de recepção móvel na área de Lisboa com velocidades até 100 km/h e boa recepção

Cerca de 25% da população nacional está num raio de 20 km em redor de Monsanto !



TV Digital Terrestre em Portugal



- Licença concedida à Plataforma de Televisão Digital Terrestre em Outubro de 2001
- Exploração comercial da Plataforma de Televisão Digital Terrestre deve ter início até 31 de Agosto de 2002
- Cobertura de 95% do território e 99% da população em 3 anos
- **Licença retirada em Março de 2003 !**
- ...



Tecnologias DVB

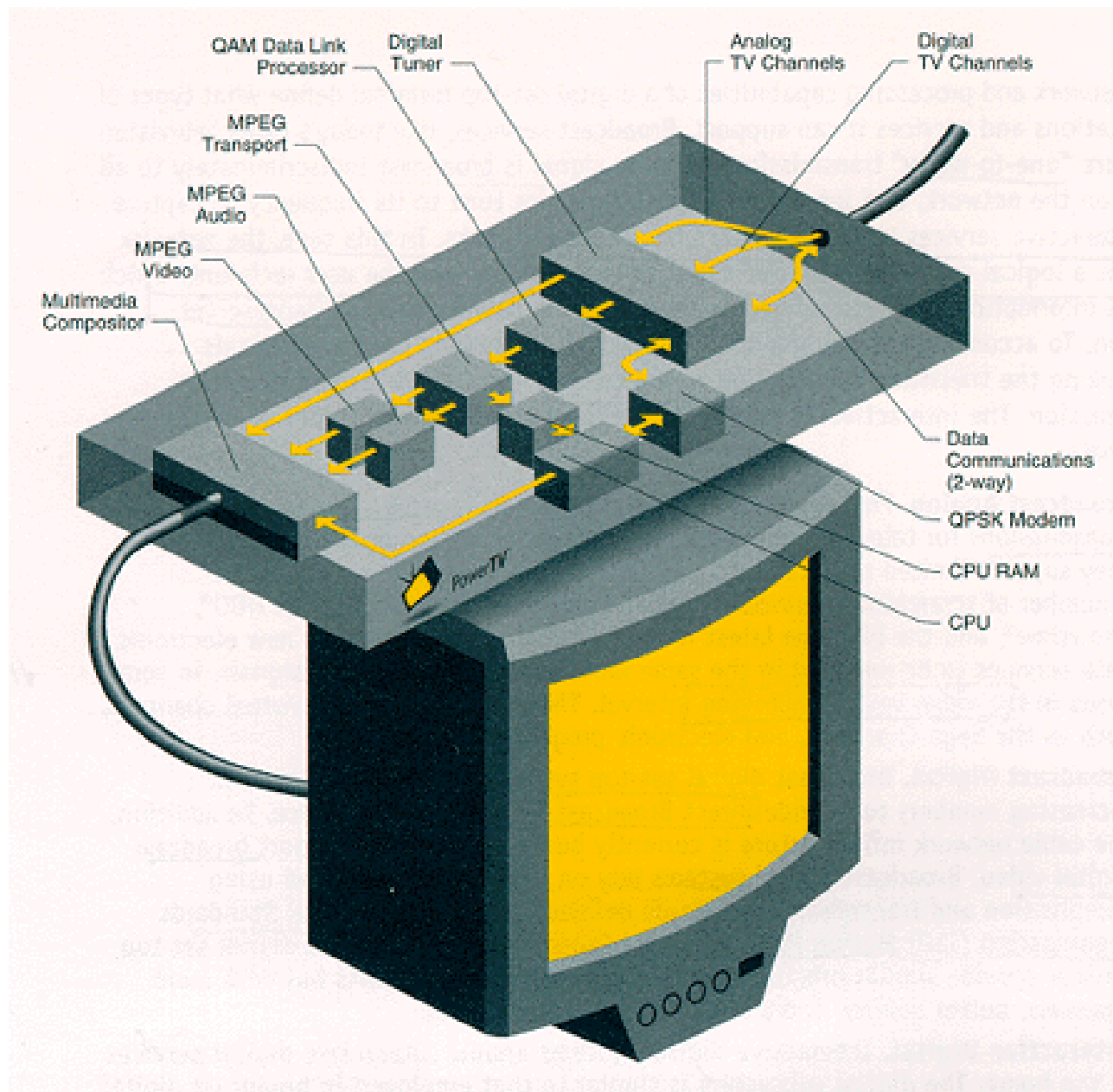




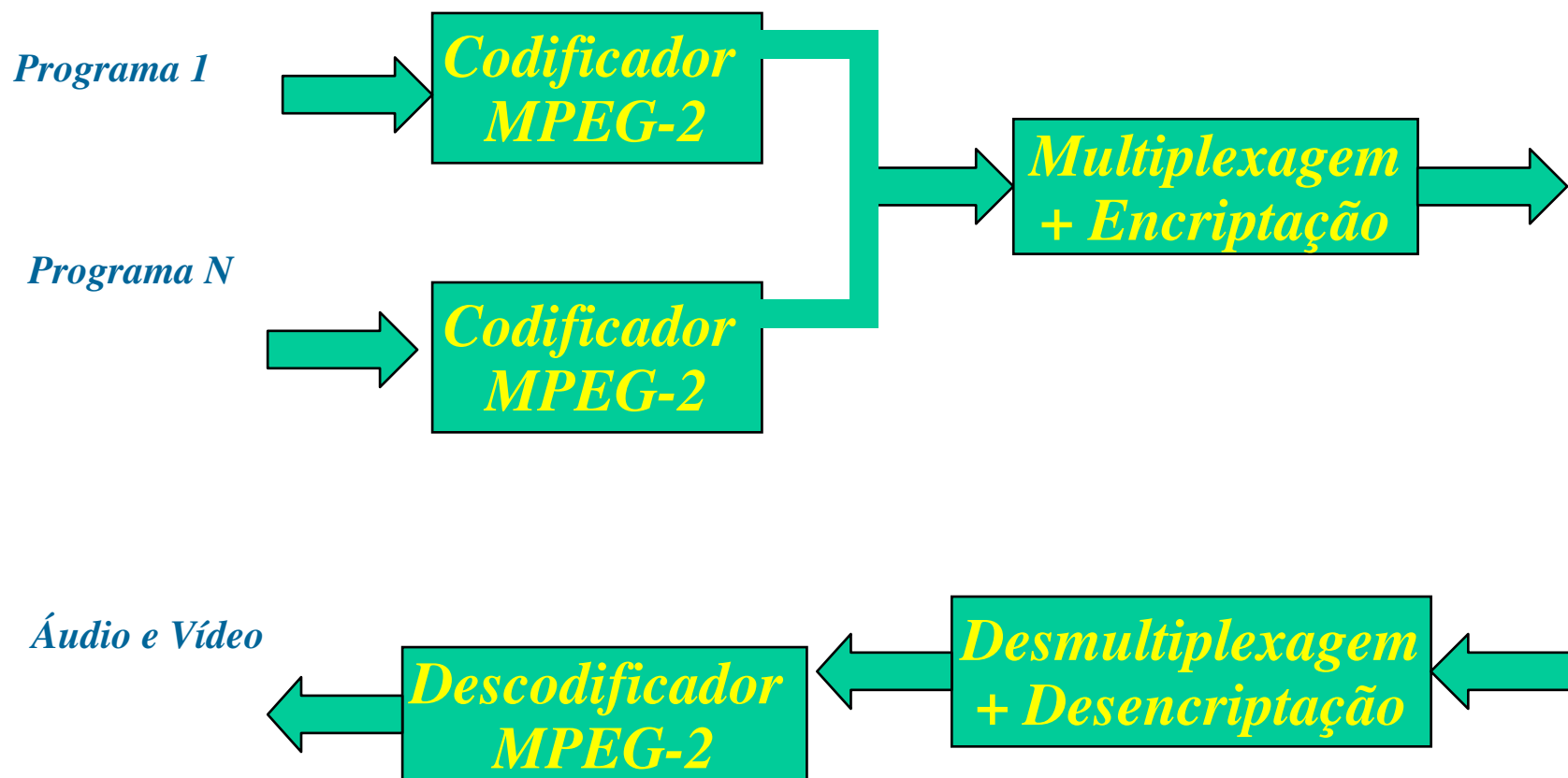
As Especificações DVB

As especificações DVB (também normas ETSI) especificam todos os módulos da cadeia de difusão que precisam de uma definição normativa, quer usando normas desenvolvidas por outros organismos de normalização, quer desenvolvendo especificações próprias.

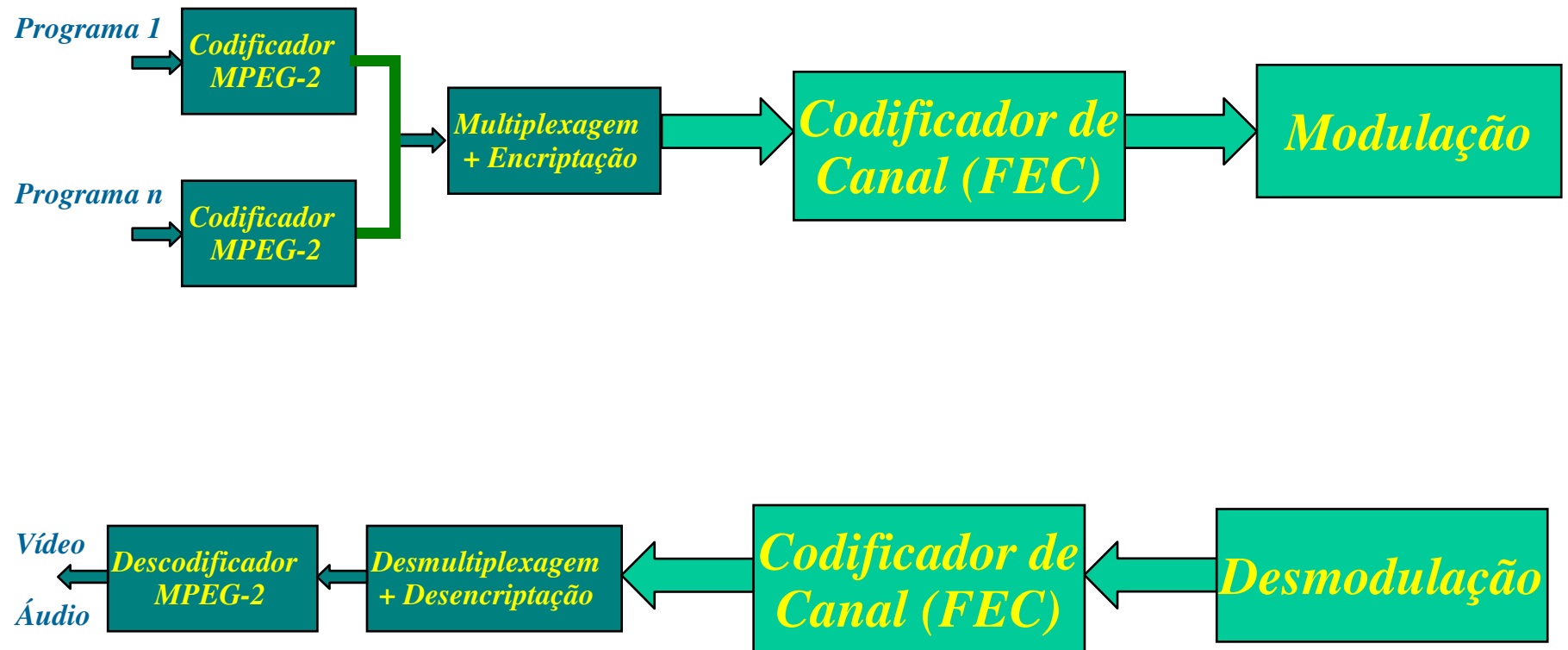
- **Os principais módulos especificados são:**
- **Codificação de áudio e vídeo - MPEG-2 Áudio e MPEG-2 Vídeo**
- **Sincronização e multiplexagem - MPEG-2 Sistema**
- **Codificação de canal**
- **Modulação**
- **Acesso condicionado**



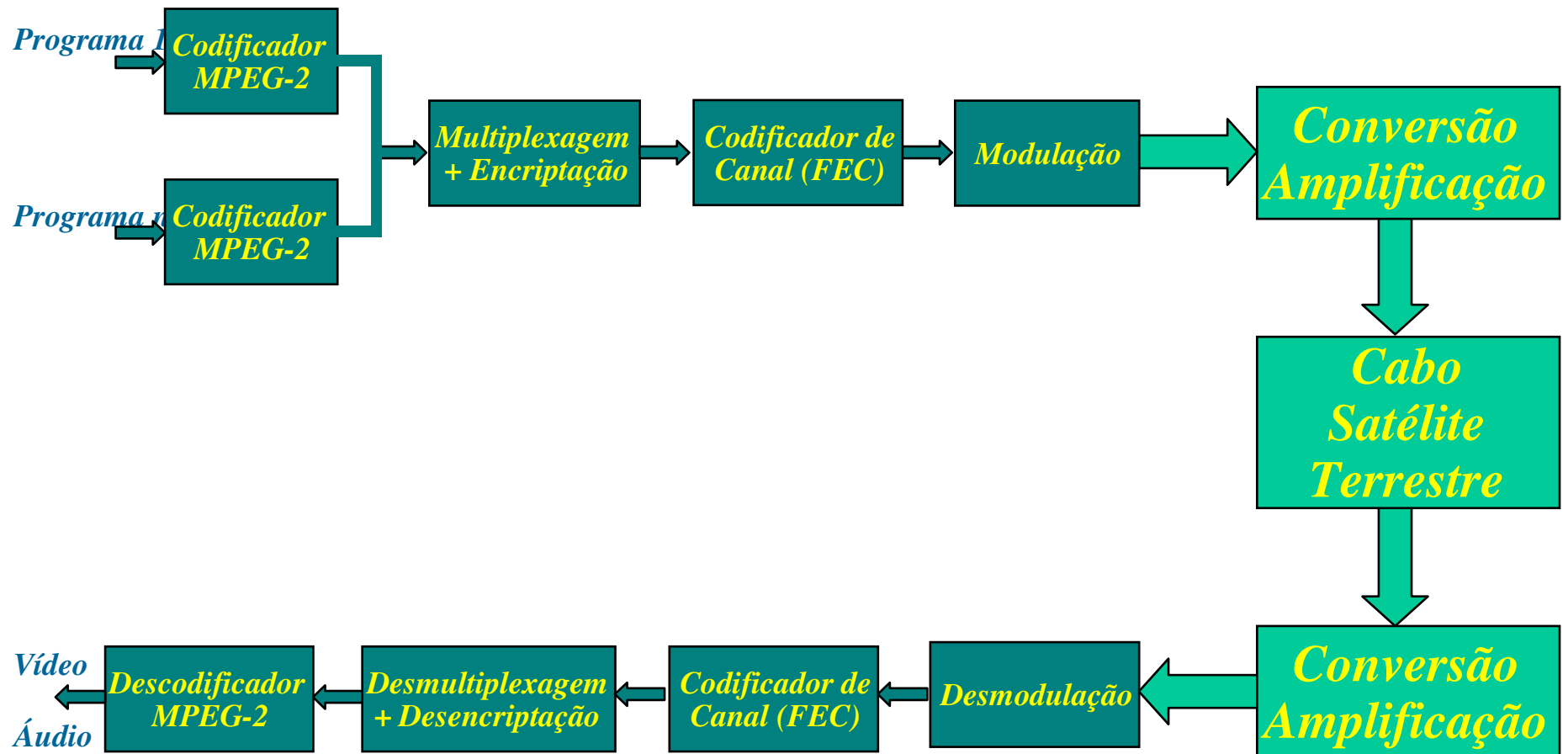
Processamento de Fonte: Normas MPEG-2



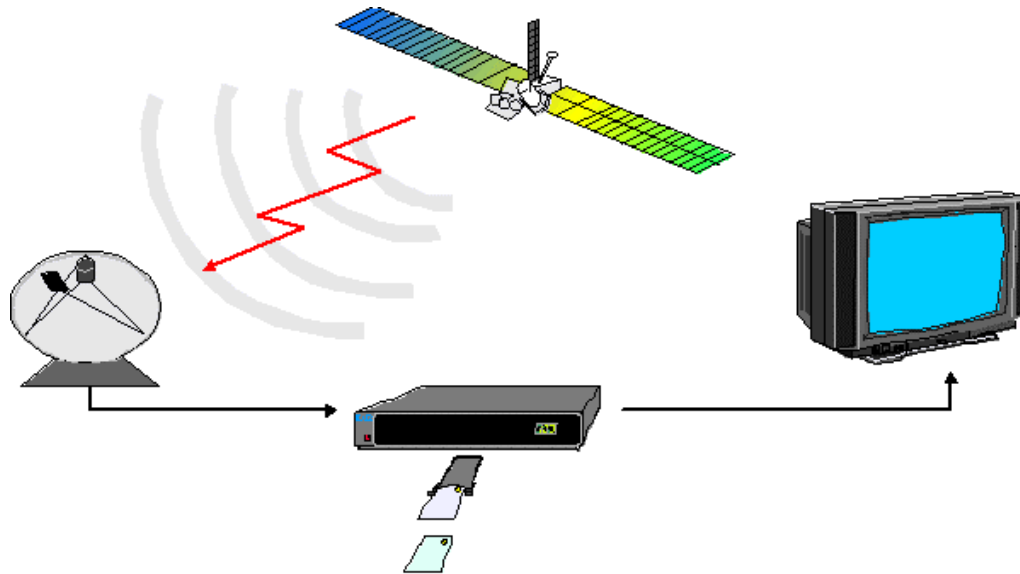
Processamento de Canal



O Canal !



Norma MPEG-2





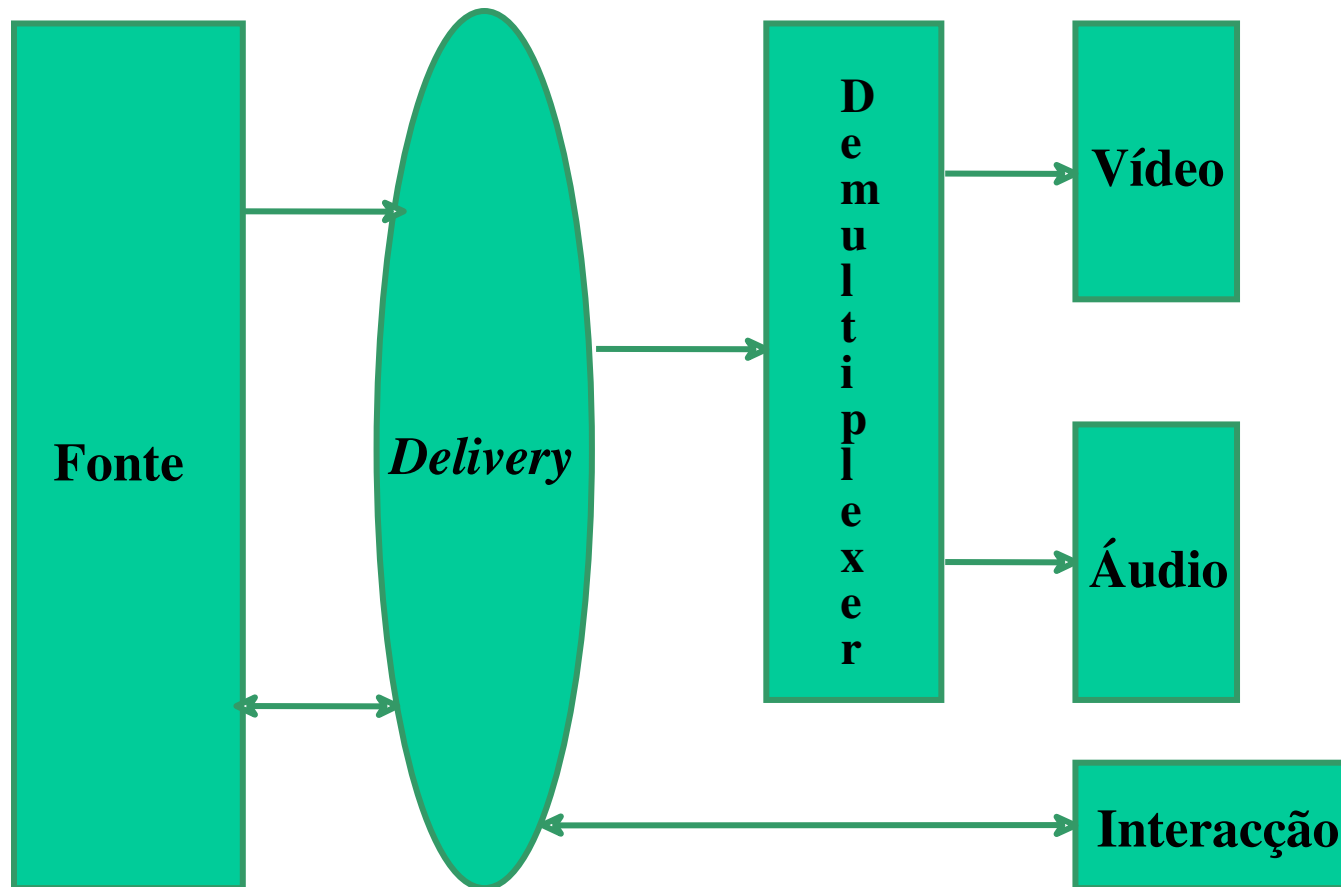
MPEG-2: Objectivos

Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio

Codificação de sinais áudio e vídeo com alta qualidade para transmissão e gravação, p.e. de televisão de média e alta definição.

- **A norma ISO MPEG-2 Vídeo é uma norma conjunta com a ITU-T onde é designada por Recomendação H.262.**
- **A norma MPEG-2 devia inicialmente cobrir a codificação audiovisual até 10 Mbit/s, ficando a norma MPEG-3 com os débitos mais elevados para alta definição. Posteriormente, a norma MPEG-2 veio a cobrir também a alta definição, ficando sem limite superior de débito e não surgindo, por isso, a norma MPEG-3.**

MPEG-2: O Modelo de Serviço





Norma MPEG-2: Organização

- **Parte 1 - SISTEMA** - Multiplexagem, sincronização e protecção dos fluxos elementares (áudio, vídeo e dados) codificados.
- **Parte 2 - VÍDEO** - Representação codificada de sinais de vídeo.
- **Parte 3 - ÁUDIO** - Representação codificada de sinais de áudio.
- **Parte 4 - CONFORMIDADE** - Testes de conformidade da implementação da norma.
- **Parte 5 - PROGRAMAS DE SIMULAÇÃO** - Conjunto de programas de simulação e teste que implementam aspectos fundamentais (núcleo) da decodificação.
- **Parte 6 - DSM-CC (Digital Storage Media – Command Control)** - Protocolos de gestão e controlo do sistema por parte do utente; constituem uma extensão da norma de Sistema.



MPEG-2: Aplicações

- Mais canais devido à maior eficiência no uso da banda disponível (*não esquecer a modulação*)
- TV digital por cabo, satélite ou terrestre
- HDTV, TV estereoscópica
- *Pay per view, Video on demand, Tele-shopping*
- Jogos
- Gravação, p.e. DVD
- Comunicações pessoais de alta qualidade





MPEG-2: Que Vantagens ?

- **Oferecer mais canais, p.e. canais temáticos, canais regionais, etc.**
- **Oferecer vários ângulos de visão na transmissão de um espectáculo musical ou desportivo**
- **Introdução de sistemas de televisão de alta definição**
- **Introdução da televisão estereoscópica**
- **Oferecer uma grande variedade de serviços derivados da televisão**
- **Libertar banda do serviço de televisão, nomeadamente para as redes móveis cuja expansão é hoje um facto inevitável**



Norma MPEG-2

Parte 1: Sistemas

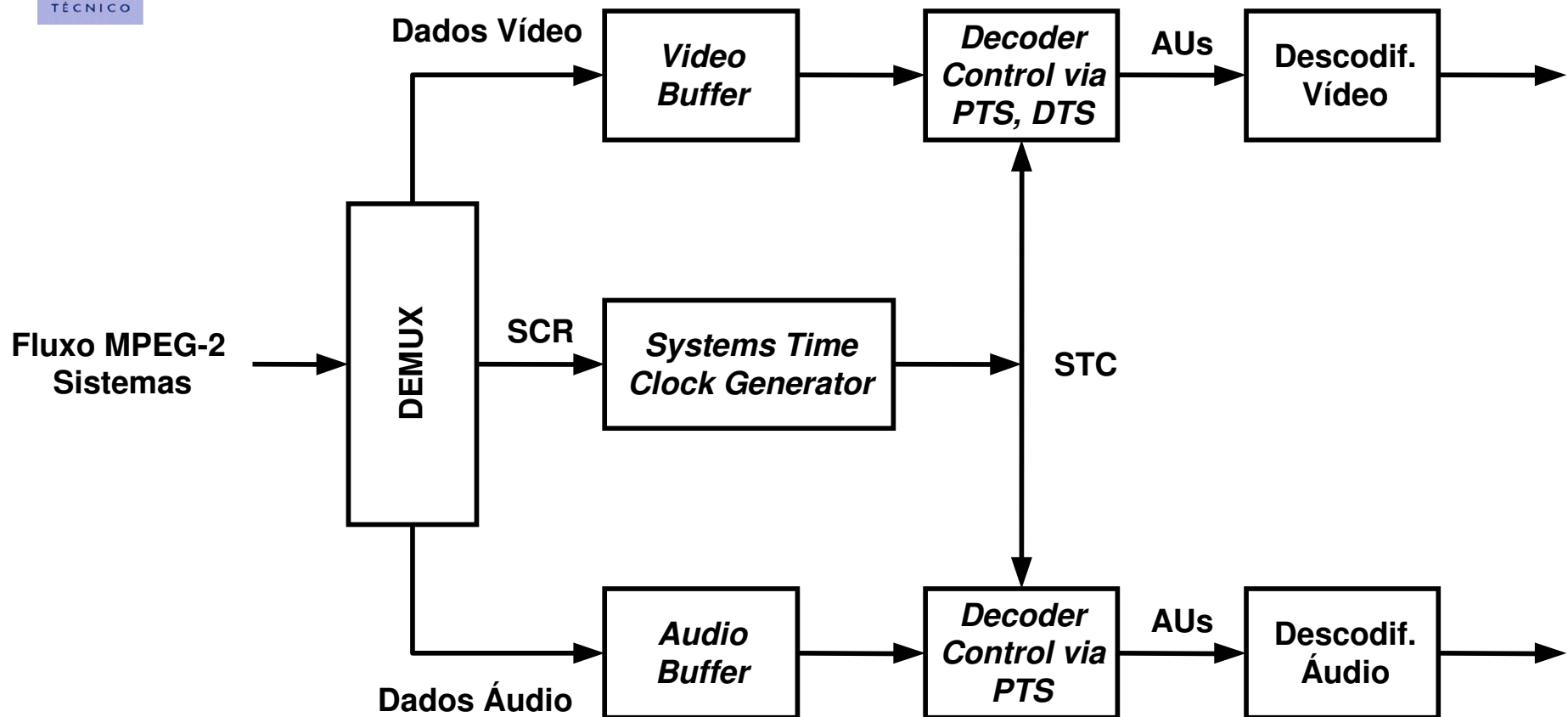


MPEG-2 Sistemas: Objectivo

O nível MPEG-2 Sistemas tem o objectivo básico de combinar um ou mais fluxos de áudio e vídeo codificados num único fluxo binário multiplexado.

- **Os principais objectivos desta norma são a especificação da**
- **Multiplexagem entre vários fluxos, p.e. áudio e vídeo de um programa ou vários programas em conjunto**
- **Sincronização entre fluxos, p.e. áudio e vídeo de um programa ou vários programas**

Sincronização



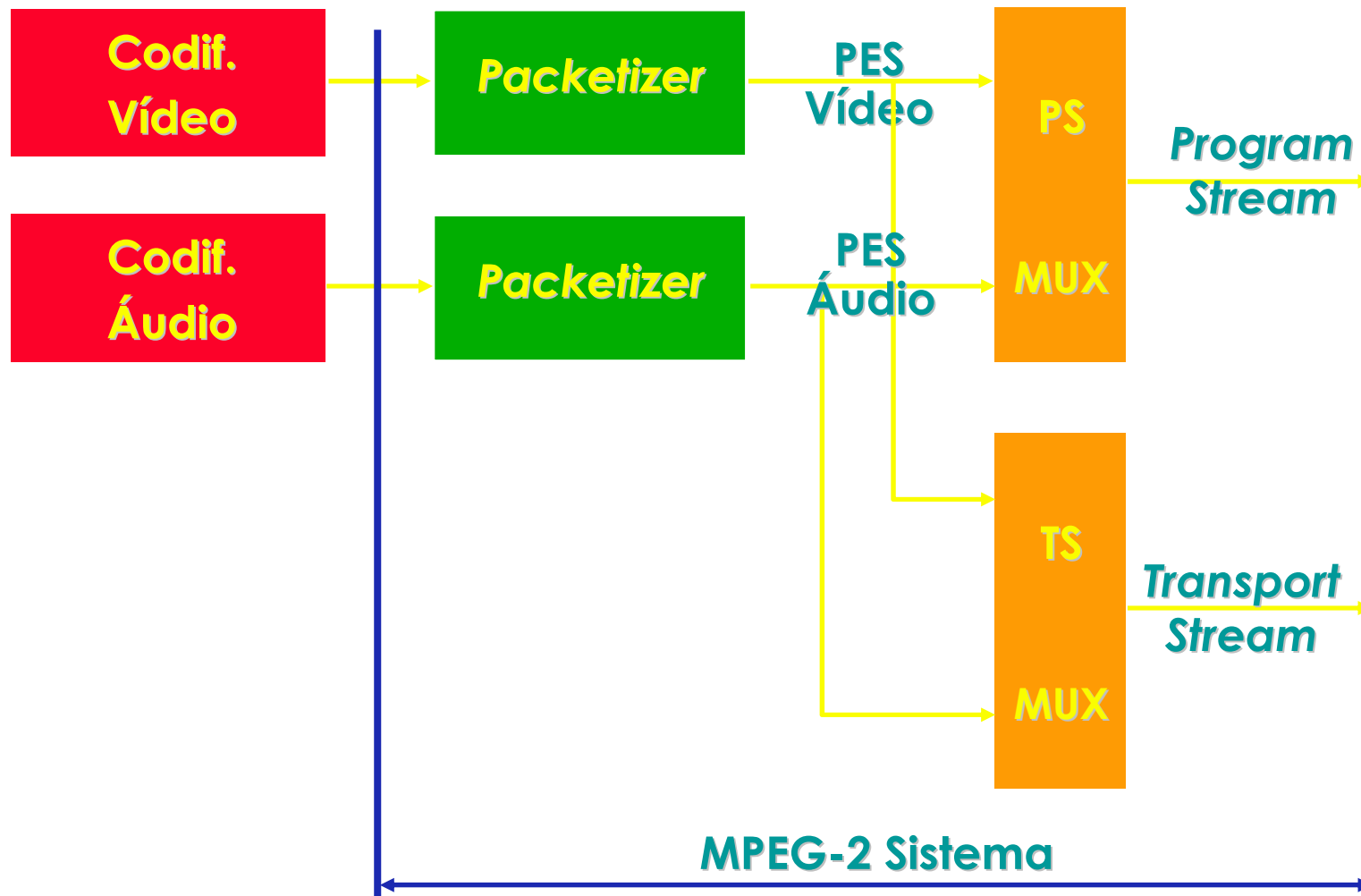
DTS - Decoding Time Stamp

SCR - System Clock Reference (SCR)

PTS - Presentation Time Stamp

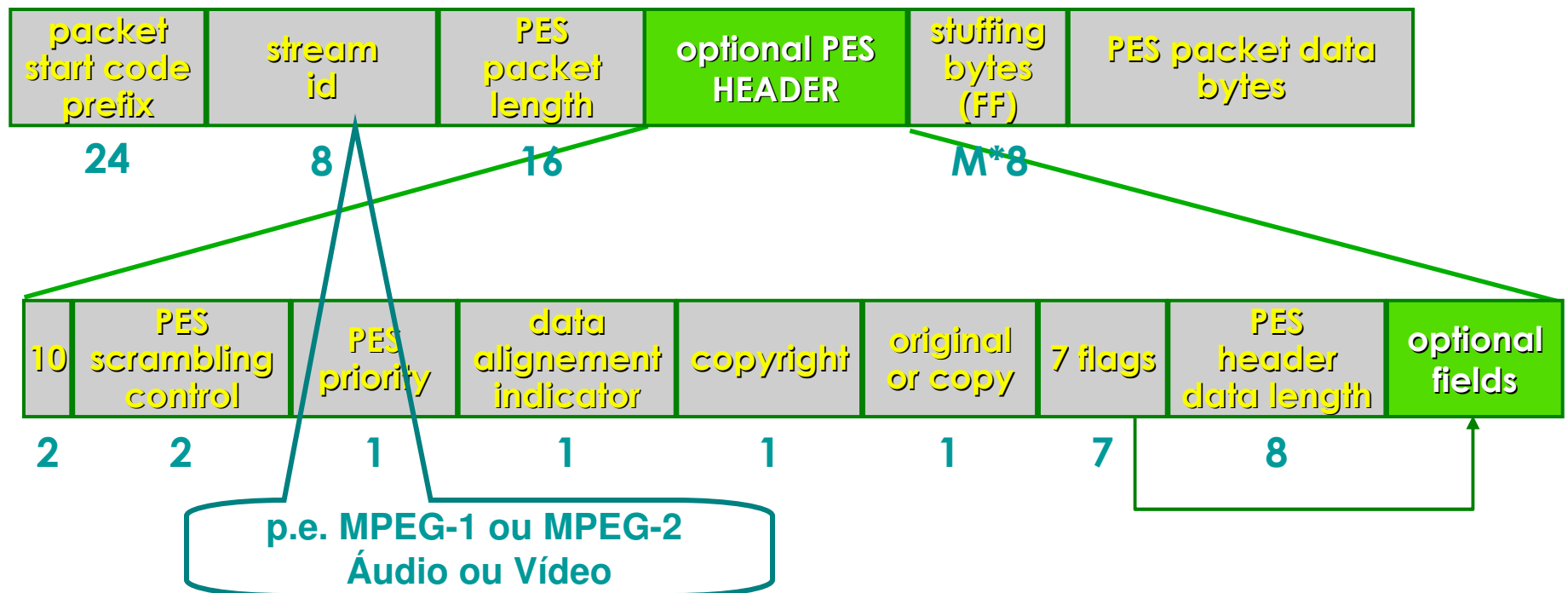
STC - System Time Clock

MPEG-2 Sistema: Esquema Básico



Packetized Elementary Streams (PESs)

Os fluxos elementares áudio e vídeo são divididos em pacotes de comprimento variável (*packets*) dando origem aos denominados *Packetized Elementary Streams (PESs)*, tal como em MPEG-1 Sistema.





Program Stream e Transport Stream

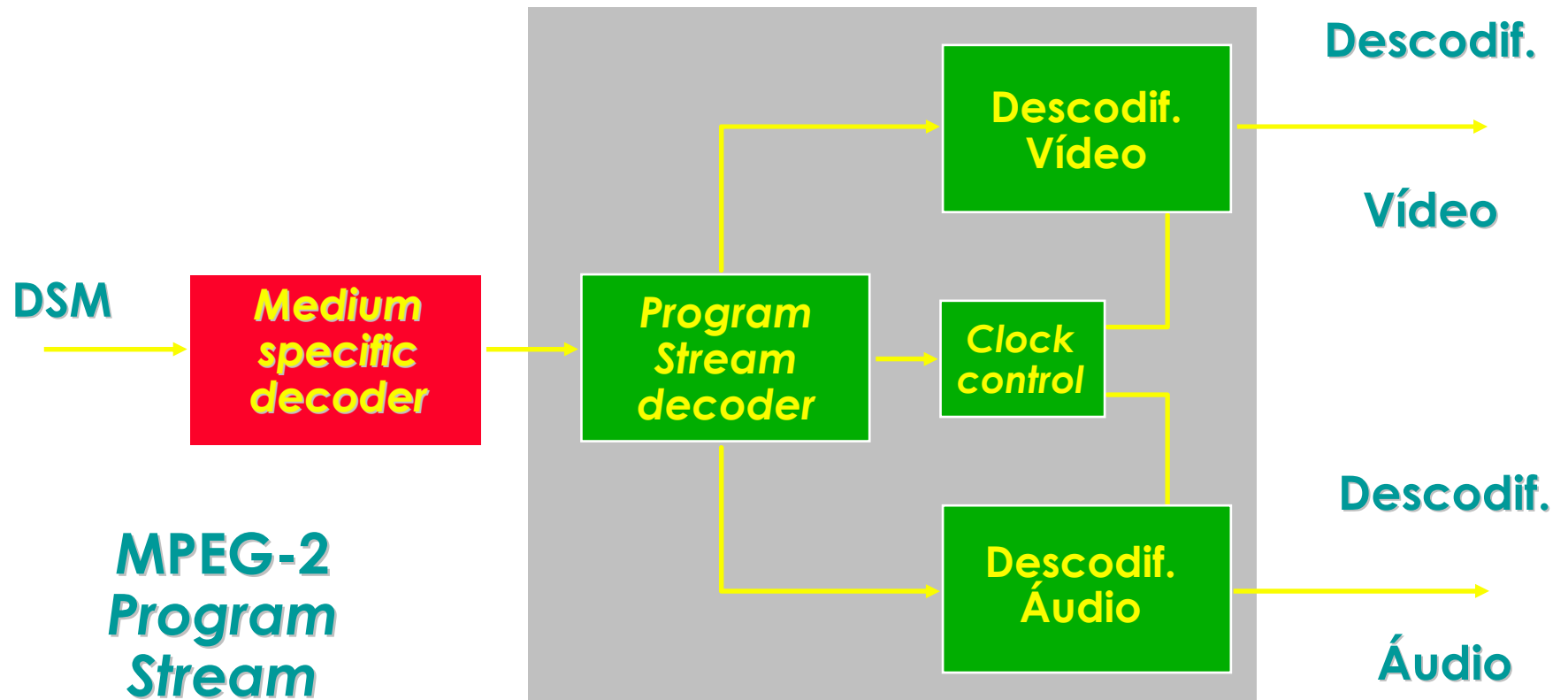
- *Program Stream:*

- Fluxo com apenas uma base de tempo para todos os fluxos multiplexados
- Adequado para transmissão/armazenamento em canais (virtualmente) sem erros ($BER < 10^{-10}$), p.e. CD-ROM, DVD, discos rígidos
- Pacotes com comprimento variável semelhantes ao MPEG-1 Sistema

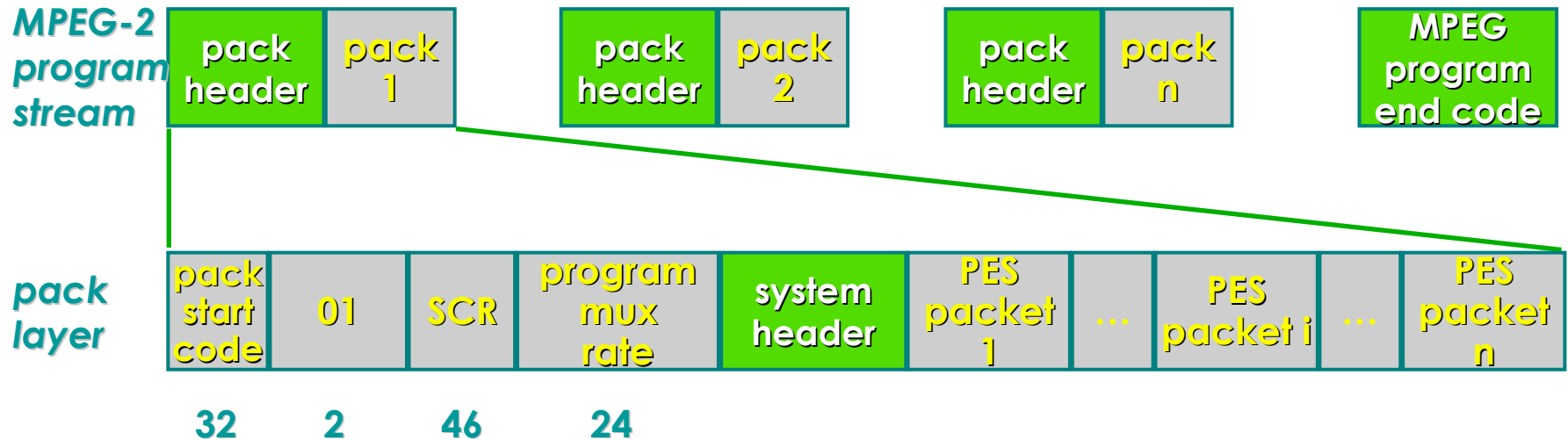
- *Transport Stream:*

- Fluxo pode incluir várias bases de tempo ou seja permite combinar programas com diferentes bases de tempo (mas cada PES só pode ter uma base de tempo)
- Adequado para transmissão em canais ruidosos ($BER > 10^{-4}$), p.e. *broadcasting*
- Pacotes com comprimento fixo de 188 byte

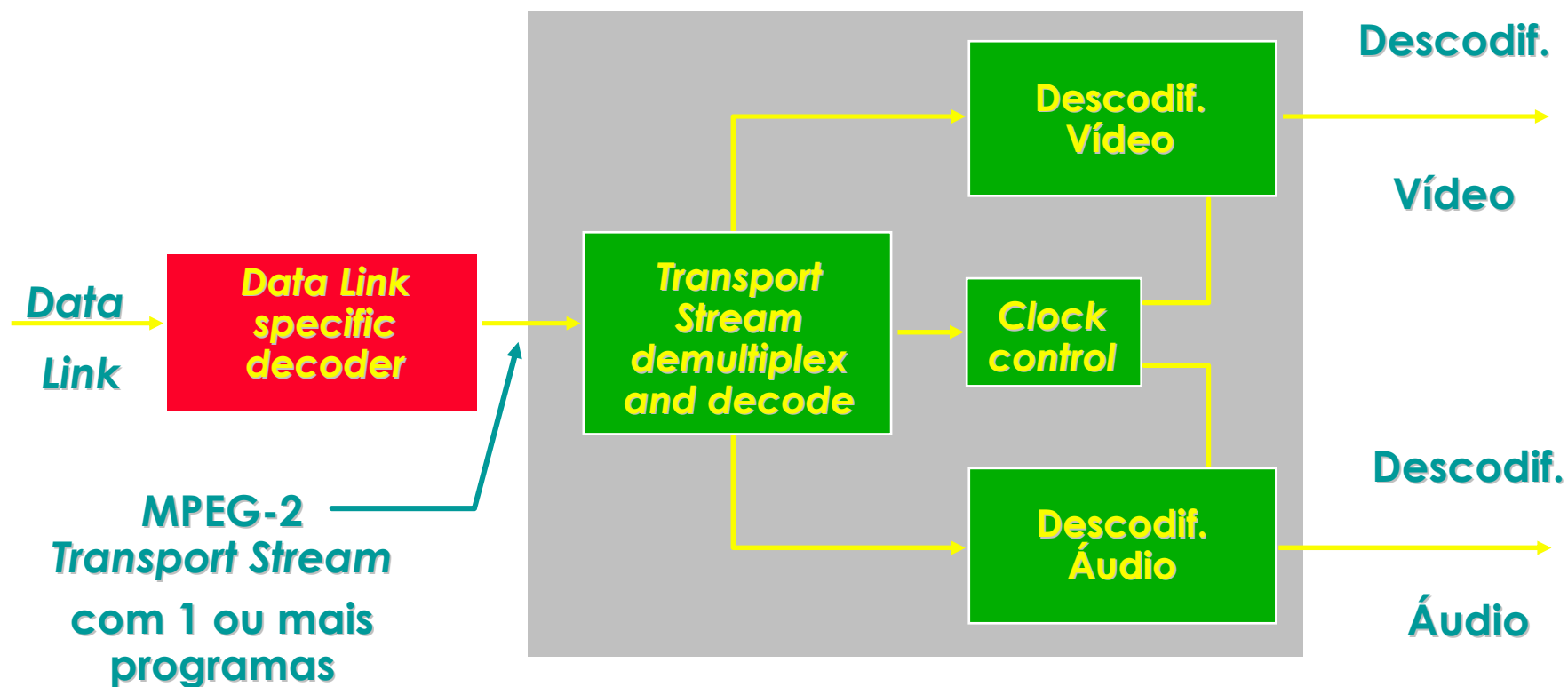
Descodificação de *Program Streams*



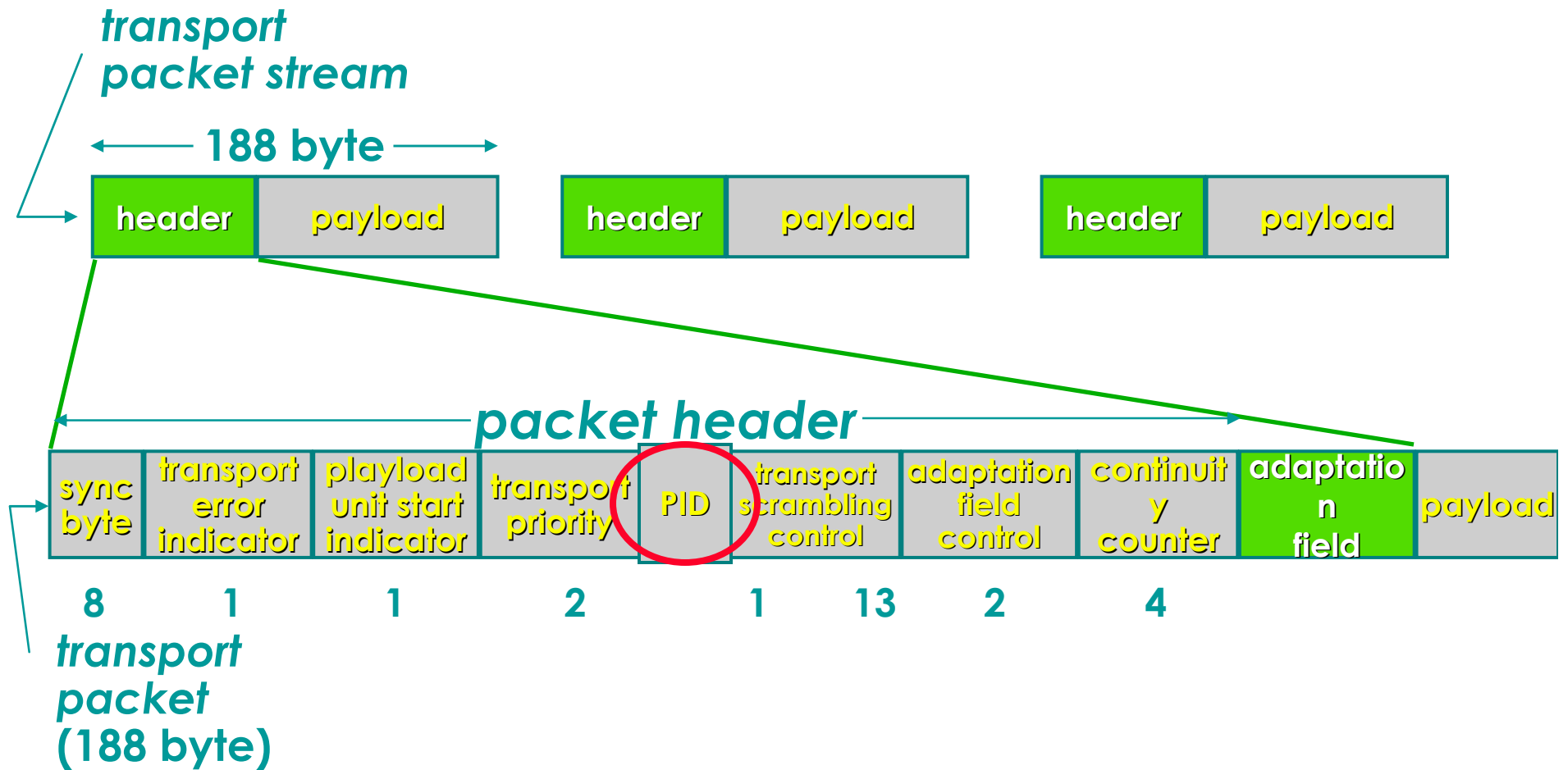
Sintaxe do *Program Stream*



Decodificação de *Transport Streams*



Sintaxe do *Transport Stream*





Tabelas para *Transport Stream*

Program Specific Information (PSI) é enviada no *transport stream* através de 4 tabelas (que mostram o caminho no labirinto !). Cada tabela é repetida muitas vezes (10-50/s) e corresponde a um PID diferente.

- ***Program Association Table (PAT)*** corresponde ao PID 0x00 e é obrigatória - Tabela de conteúdos indicando os PIDs das PMTs correspondentes a cada programa neste *transport stream*; indica também o PID da NIT.
- ***Program Map Table (PMT)*** - Cada PMT indica os PIDs correspondentes aos fluxos elementares de cada programa; sempre em *clear* mesmo se os programas estão encriptados.
- ***Conditional Access Table (CAT)*** corresponde ao PID 0x01 - Inclui os PIDs correspondentes às tabelas DVB com as chaves de acesso aos programas encriptados.
- ***Network Information Table (NIT)*** - Informação acerca da rede, p.e. as frequências para cada canal RF (apenas a sintaxe é definida no MPEG-2).



Program Association Table (PAT)

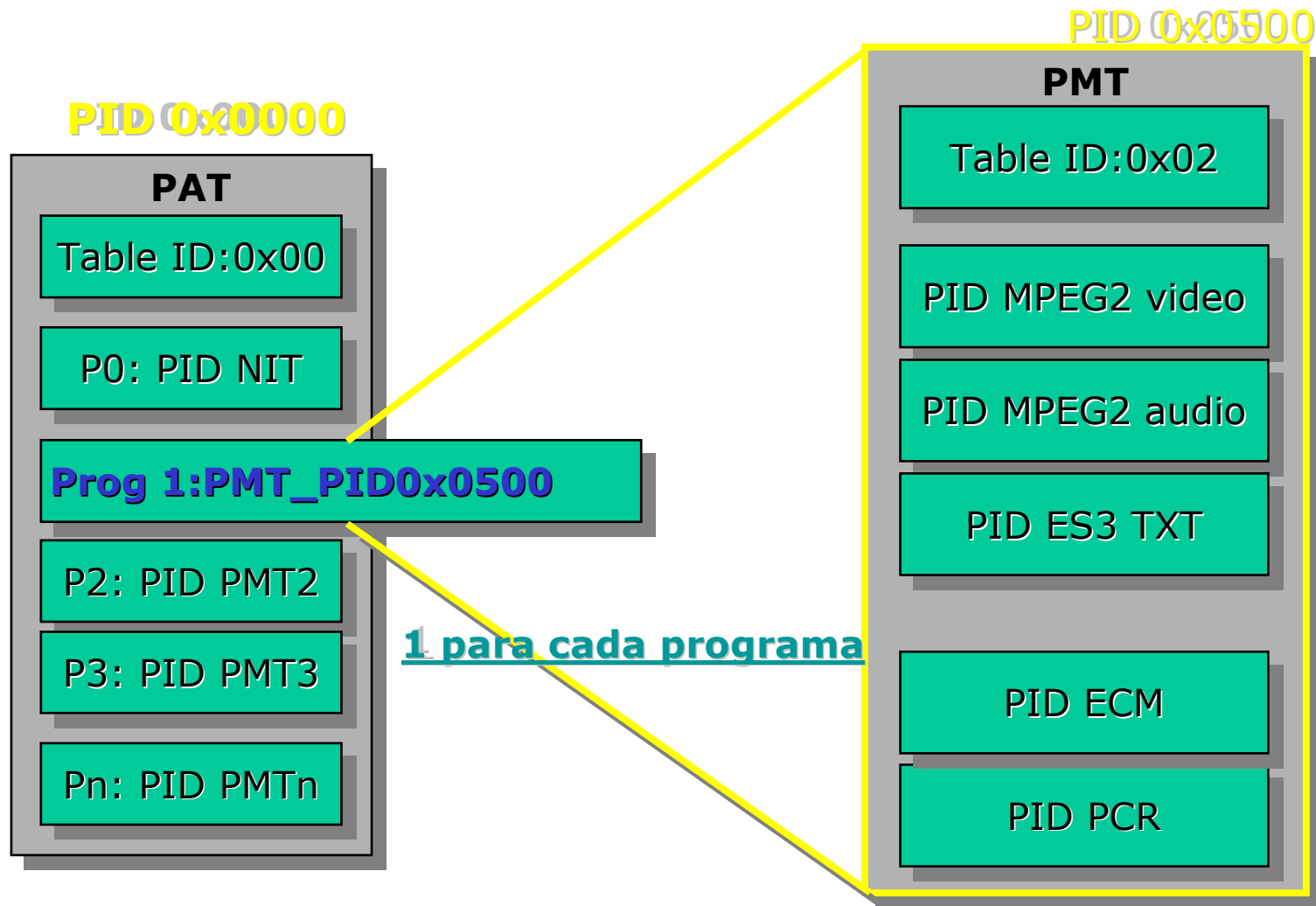
- **Tabela obrigatória em cada *transport stream***
- **Enviada através dos pacotes com PID = 0**
- **Indica, para todos os programas presentes no *transport stream*, a relação entre o número de programa (0 - 65535) e o PID dos pacotes que transportam o mapa desse programa (*Program Map Table*)**
- **A PAT é sempre enviada sem protecção, mesmo que todos os programas do *transport stream* estejam protegidos**



Program Map Table (PMT)

- **Fornece informação detalhada sobre o programa respectivo**
- **Identificação dos pacotes (PIDs) que transportam os *elementary streams* de áudio e vídeo associados ao programa**
- **Indicação do PID dos pacotes que transportam as referências temporais associadas ao relógio do programa (PCRs)**
- **Pode ser enriquecida com um conjunto de descritores (normalizados e/ou especificados pelo utilizador), e.g.**
 - **Parâmetros de codificação de vídeo**
 - **Parâmetros de codificação de áudio**
 - **Identificação da linguagem**
 - **Informação sobre acesso condicional**

Relação entre PAT e PMT





Network Information Table (NIT)

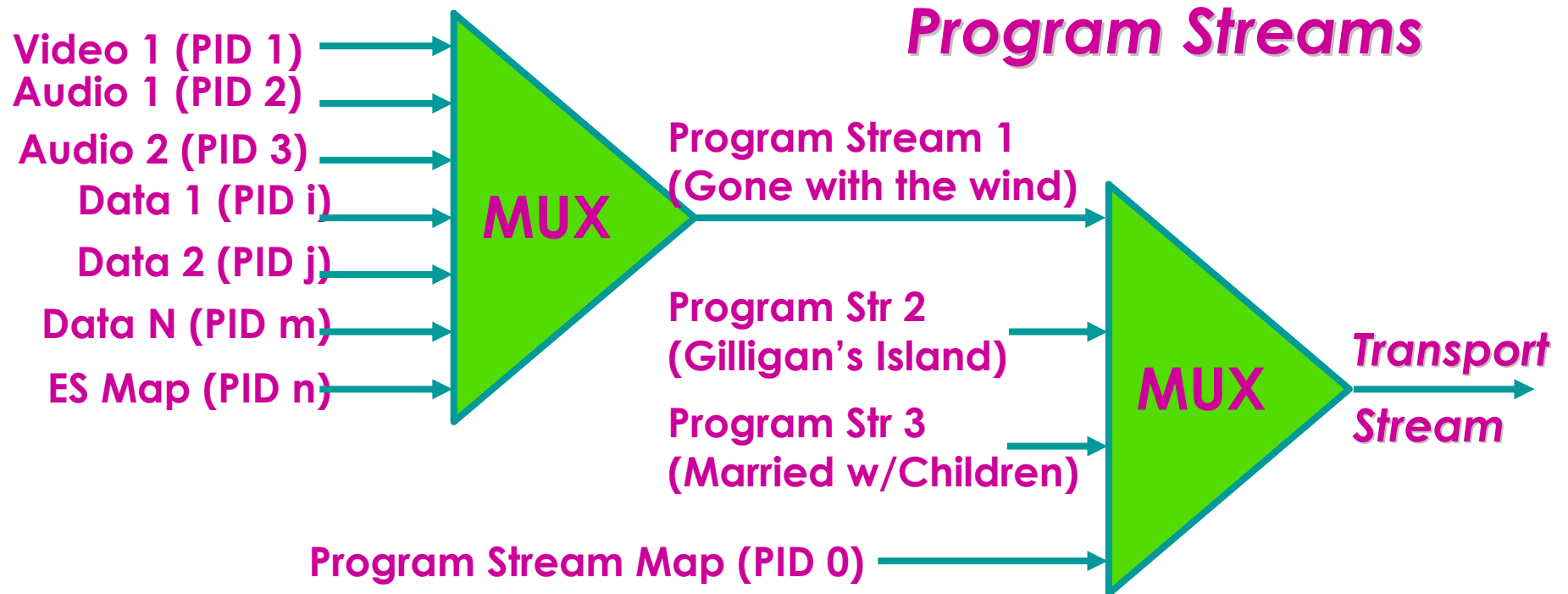
- **Tabela opcional de conteúdo privado, i.e. o seu conteúdo é definido pelo utilizador e não está normalizado pelo MPEG**
- **Tem como objectivo fornecer informação sobre a rede física, e.g.**
 - **Frequências dos canais**
 - **Detalhes sobre o satélite**
 - **Características de modulação**
 - **Fornecedor do serviço**
 - **Redes alternativas disponíveis**
- **Quando presente, o PID da NIT encontra-se no programa zero da PAT**



Conditional Access Table (CAT)

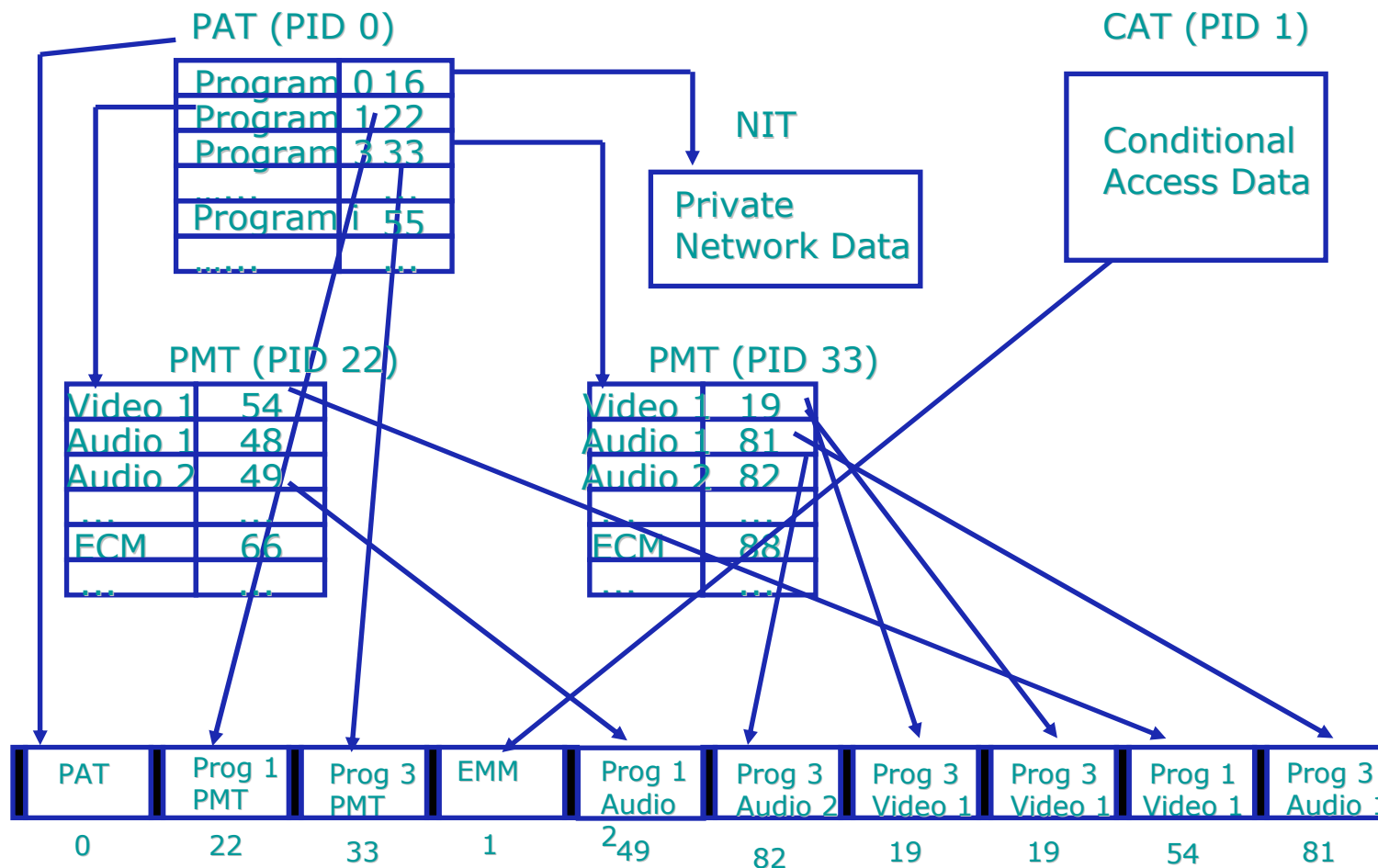
- **Obrigatória sempre que pelo menos um *elementary stream* num determinado *transport stream* estiver protegido**
- **Fornece informação sobre o sistema de protecção (*scrambling*) usado**
- **Indica os PIDs dos pacotes que transportam a informação de gestão do acesso condicional e de autorização**
- **O seu formato não é especificado pela norma MPEG-2 pois depende do mecanismo de protecção usado**

Fluxos Elementares



PID 0 (Program Association Table) =>
PID (Program Map Table) => PIDs dos elementary streams

Relação Entre Tabelas PSI





Tabelas DVB *Service Information* (SI)

O DVB especifica tabelas adicionais que entre outras coisas permitem ao receptor configurar-se automaticamente e ao utente navegar usando um guia electrónico de programação.

- ***Service Description Table (SDT)*** - Inclui os nomes e parâmetros dos serviços no fluxo multiplexado.
- ***Event Information Table (EIT)*** - Inclui informação referente a eventos (actuais ou futuros) no próprio fluxo ou em outros fluxos multiplexados.
- ***Time and Date Table (TDT)*** - Permite actualizar o relógio interno da *set-top box*.
- ***Bouquet Association Table (BAT)*** - Permite agrupar serviços em *bouquets*; um programa pode fazer parte de mais de um *bouquet*.
- ***Running Status Table (RST)*** - Serve para actualizar situação de alguns eventos.
- ***Stuffing Table (ST)*** - Serve para substituir tabelas que se tornaram inválidas.



Navegando num TS MPEG-2

- **Após a sintonização do canal de rádio e sincronização com o TS**
 - Filtrar os pacotes com $PID = 0$ e adquirir as várias secções da PAT
 - Construir a PAT a partir dos dados obtidos
 - Apresentar as escolhas possíveis ao utilizador
- **Após o utilizador ter efectuado a sua escolha**
 - Filtrar os pacotes com o PID correspondente à PMT do programa escolhido
 - Construir a PMT a partir das secções relevantes (ESs)
 - Filtrar os pacotes com o PID indicado na PMT que contêm os PCRs
 - Sincronização do relógio do decodificador
 - Apresentar ao utilizador as escolhas possíveis se existirem mais do que um vídeo ES ou áudio ES disponíveis
- **Após o utilizador ter efectuado a sua escolha**
 - Filtrar os pacotes com o PID correspondente à escolha
- **Inicializar a decodificação de áudio e vídeo**



Norma MPEG-2

Parte 2: Vídeo



MPEG-2 Vídeo: Objectivos

- Foram inicialmente estabelecidos os seguintes objectivos em termos de qualidade:
- **Distribuição Secundária** - Para aplicações do tipo televisão por radiodifusão, a qualidade do sinal codificado com 3 a 5 Mbit/s deve ser melhor ou, pelo menos, comparável à dos sistemas analógicos em uso (PAL/SECAM/NTSC).
- **Distribuição Primária** - Para sistemas de contribuição (qualidade para transmissão entre estúdios de televisão), os objectivos referem uma qualidade próxima daquela oferecida pela norma ITU-R 601 (PCM) para sinais codificados com ritmos binários na gama de 8 a 10 Mbit/s.



MPEG-2 Vídeo: a Qualidade

Os requisitos de qualidade dependem da aplicação considerada e relacionam-se fortemente com

- **a resolução (espaço e tempo) dos sinais vídeo e áudio**
- **o ritmo binário de codificação (factor de compressão)**

Outros requisitos importantes relacionados com a qualidade:

- **Robustez do algoritmo de codificação relativamente a mudanças bruscas da estatística do sinal (p.e. mudanças de cena).**
- **Manutenção de uma boa qualidade dos sinais após uma sucessão de processos de codificação e decodificação em cascata.**



MPEG-2 Vídeo: Requisitos

- **Vasta gama de resoluções espaciais e temporais, em formato progressivo e entrelaçado**
- **Vários formatos de subamostragem da cromaância, e.g. 4:4:4, 4:2:2 e 4:2:0**
- **Flexibilidade em termos de débito binário, constante ou variável**
- **Modos especiais, p.e. acesso condicionado, leituras rápidas, acesso aleatório (edição e *channel hopping*), fácil transcodificação para MPEG-1 Vídeo, H.261 e JPEG**
- **Flexibilidade de adaptação aos meios de transmissão e armazenamento, p.e. em termos de sincronização e resistência a erros**



MPEG-2 Vídeo: a Compatibilidade

A compatibilidade entre normas permite oferecer continuidade em relação às normas de codificação já existentes (H.261, JPEG, MPEG-1), garantindo a interoperabilidade entre várias aplicações.

- **Podem distinguir-se dois tipos de compatibilidade relevantes:**
- ***Forward* - Um decodificador MPEG-2 é capaz de decodificar um fluxo binário comprimido por um codificador que esteja em conformidade com uma norma anterior.**
- ***Backward* - Um decodificador em conformidade com uma norma pré-existente é capaz de decodificar total ou parcialmente (mas de forma útil) um fluxo binário produzido por um codificador MPEG-2.**

A norma MPEG-2 prevê mecanismos de compatibilidade com as normas MPEG-1 (intrínseca à sintaxe MPEG-2 Vídeo) e H.261 (por escalabilidade espacial).



MPEG-2 Vídeo: a Complexidade

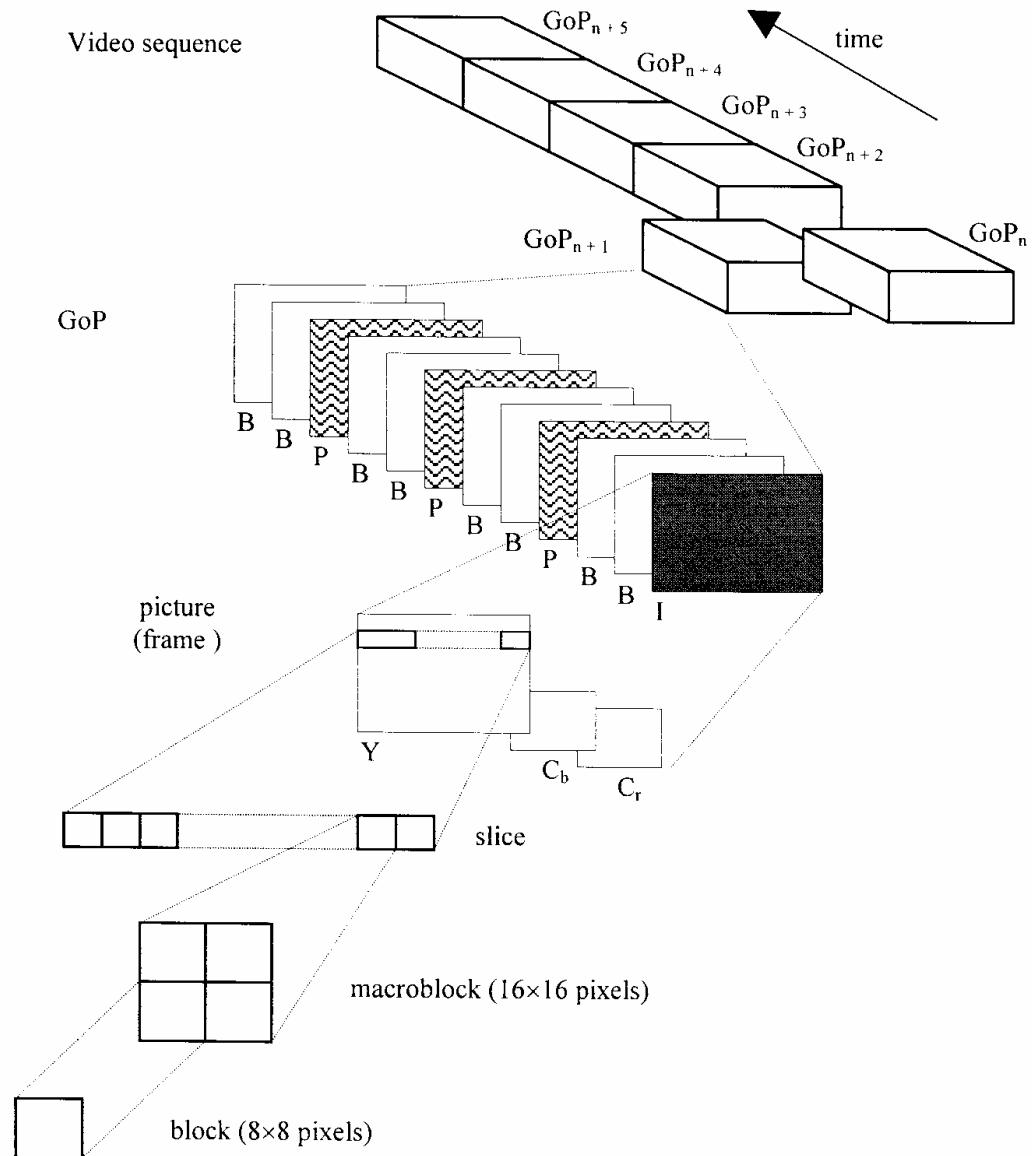
A avaliação da complexidade dos sistemas de codificação e decodificação é essencial para a adaptação a vínculos tecnológicos e de mercado.

- **APLICAÇÕES ASSIMÉTRICAS** - Para aplicações do tipo “um codificador muitos decodificadores”, é possível a construção de codificadores de muito boa qualidade ainda que com maior complexidade, uma vez que o custo total do sistema incide sobretudo nos decodificadores que deverão manter uma complexidade de implementação reduzida.
- **APLICAÇÕES SIMÉTRICAS** - Para aplicações do tipo “conversa face a face”, tanto os codificadores como os decodificadores devem manter uma reduzida complexidade de implementação.
- **A complexidade de um codec é avaliada com base em parâmetros tais como:**
 - Dimensão das memórias utilizadas para conter as imagens de referência no mecanismo de predição, velocidade de acesso às memórias requerida (estáticas e dinâmicas), número de adições e multiplicações por segundo, dimensão de tabelas e número de endereçamentos por segundo.

Estrutura do Víde

Especialmente a sequência de vídeo está organizada segundo uma estrutura hierárquica com 5 níveis:

- Sequência
- *Group of Pictures* (GOP)
- Imagem (*Picture*)
- *Slice*
- Macrobloco (MB)
- Bloco



Macrobloco nos Formatos 4:4:4, 4:2:2 e 4:2:0

0	1
2	3

4	8
6	10

5	9
7	11

Macroblo
4:4:4

0	1
2	3

4
6

5
7

Macroblo
4:2:2

0	1
2	3

4

5

Macroblo
4:2:0

Y

Cb

Cr



MPEG-2 Vídeo: Técnicas de Codificação

Sem perdas :-)

- **Redundância Temporal**

Codificação preditiva: transmissão das diferenças e compensação de movimento (uni e bidireccional; meio pixel)

- **Redundância Espacial**

Codificação de transformada (DCT)

- **Redundância Estatística**

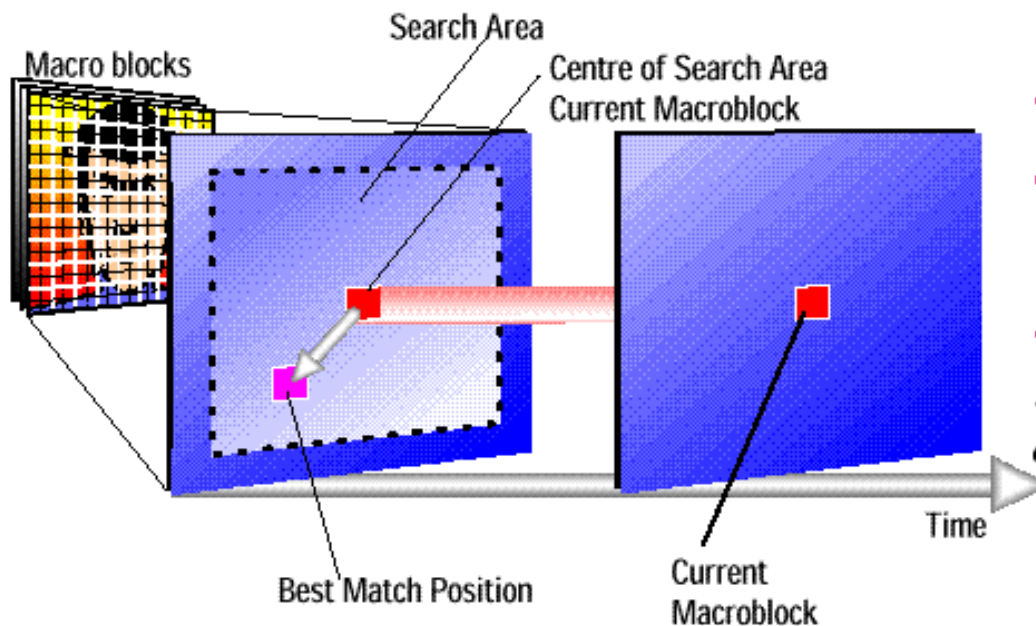
Codificação entrópica de Huffman

- **Irrelevância**

Perdas :-)

Quantificação dos coeficientes DCT

Usando as Ferramentas MB a MB ...



- If adjacent frame macroblocks same, don't retransmit block.
- Search to see if same block exists somewhere else: if it does, just transmit its coordinates (motion vectors).
- Only Intra-code macroblocks which are completely new.

This process really drops the overall bit rate



MPEG-2 Vídeo versus MPEG-1 Vídeo

- **As grandes diferenças entre as normas de codificação de vídeo MPEG-1 e MPEG-2 têm a ver com:**
- **Codificação de conteúdos entrelaçados na norma MPEG-2**
- **Criação de fluxos escaláveis na norma MPEG-2**



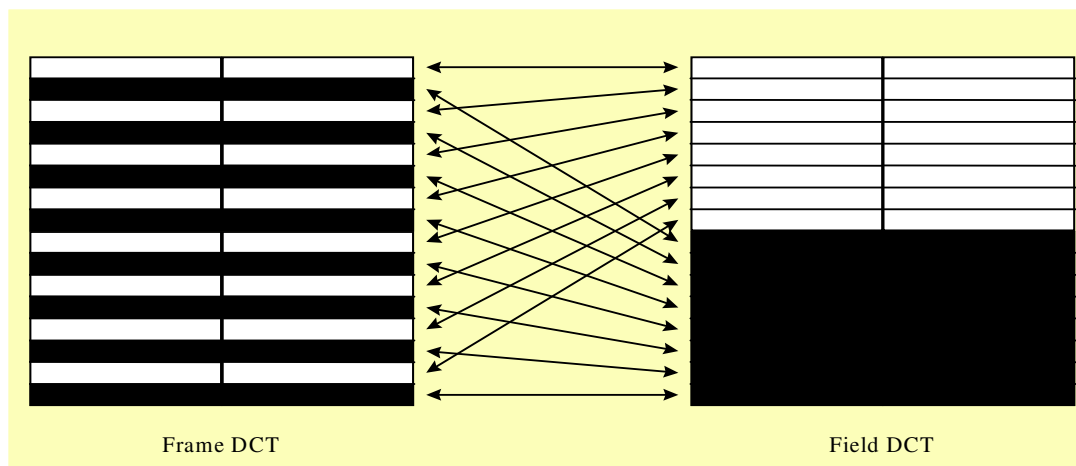
MPEG-2 Vídeo

Entrelaçamento

Codificação de Conteúdos Entrelaçados

Para codificar de forma mais eficiente material entrelaçado, a norma MPEG-2 Vídeo classifica cada imagem como:

- **Imagem-Trama** - Os MBs a codificar são definidos na trama resultante da combinação dos 2 campos (par e ímpar)
- **Imagem-Campo** - Os MBs a codificar são definidos em cada um dos campos (par ou ímpar) que são processados independentemente

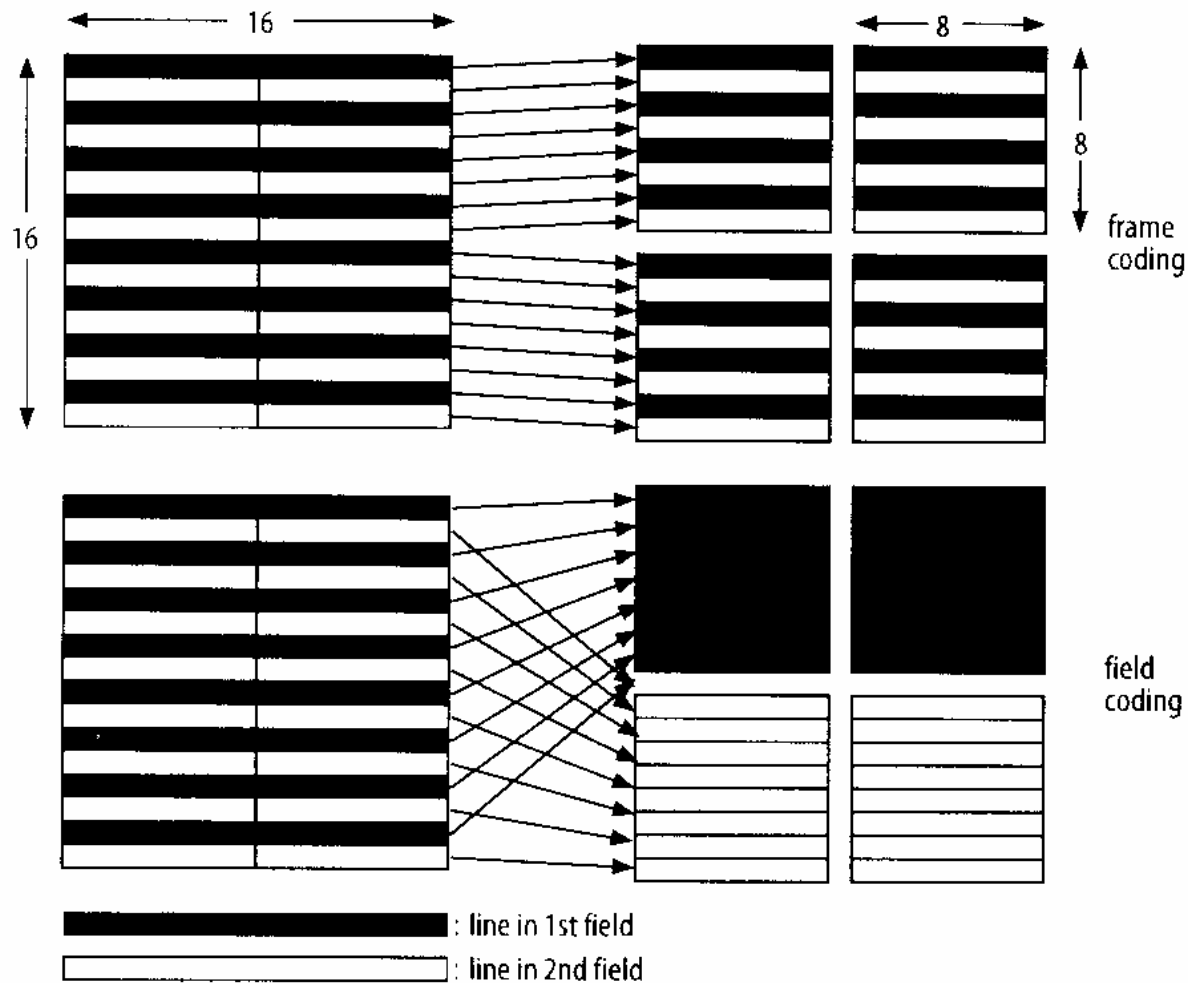




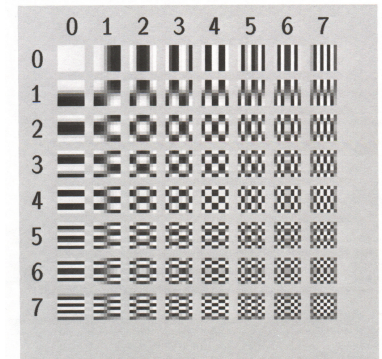
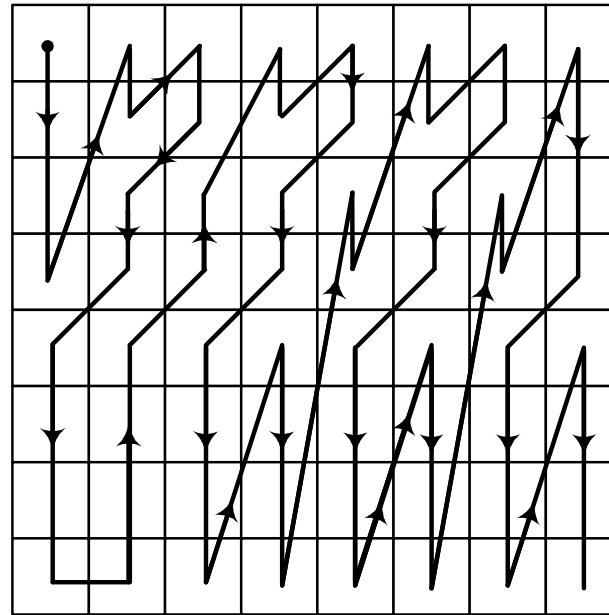
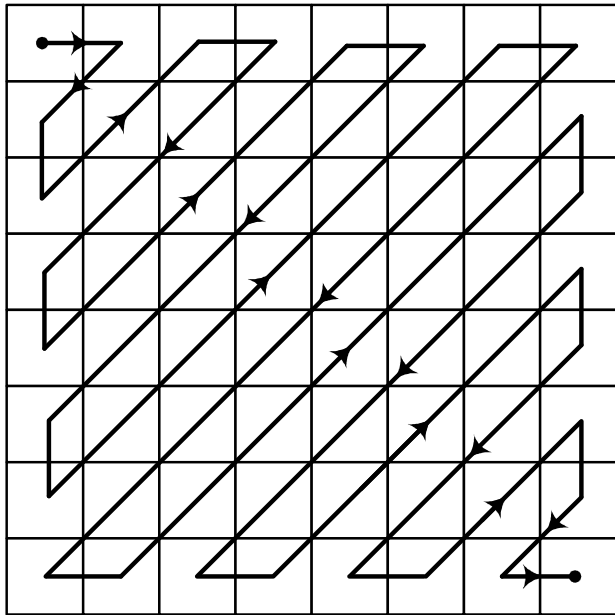
Principais Modos de Predição

- **Modo Trama para Imagens-Trama** - Semelhante ao MPEG-1 Vídeo; as tramas são codificadas como I, P ou Bs; dá bons resultados para conteúdos com movimento fraco ou moderado ou *pannings* sobre fundo detalhado.
- **Modo Campo para Imagens-Campo** - Conceptualmente semelhante ao modo anterior mas com os MBs definidos dentro de cada campo e as predições também dentro de um único campo, par ou ímpar (não necessariamente ambos da mesma paridade).
- **Modo Campo para Imagens-Trama** - Cada MB na imagem-trama é dividido nos pixels correspondentes aos campos par e ímpar, fazendo-se a predição de matrizes 16×8 a partir de um dos campos das imagens predição.
- **Blocos 16×8 para Imagens-Campo** - Atribui-se um vector de movimento a cada uma das metades de cada MB num dado campo.

Modo Trama e Modo Campo para Imagens- Trama



Ordem de Varrimento



Para as imagens-trama, a correlação vertical é reduzida para imagens com mais movimento. Assim pode-se usar a designada ordem de varrimento **ALTERNADA** onde os coeficientes DCT correspondentes a transições verticais são privilegiados em termos de ordem de codificação.



MPEG-2 Vídeo

Escalabilidade



Escalabilidade (1)

O conceito de escalabilidade refere-se à possibilidade de obter uma reprodução útil do sinal de vídeo comprimido, descodificando apenas algumas partes da informação comprimida.

- **ESCALABILIDADE ESPACIAL - Codificação do sinal de vídeo original em vários níveis com resolução espacial crescente.**
- **ESCALABILIDADE DE QUALIDADE (SNR) - Caso particular da escalabilidade espacial onde a resolução espacial se mantém igual entre níveis (base e melhorados); o nível melhorado contém a informação produzida pela "requantificação" do sinal de resíduos entre o sinal original e a réplica obtida no nível de base.**



Escalabilidade (2)

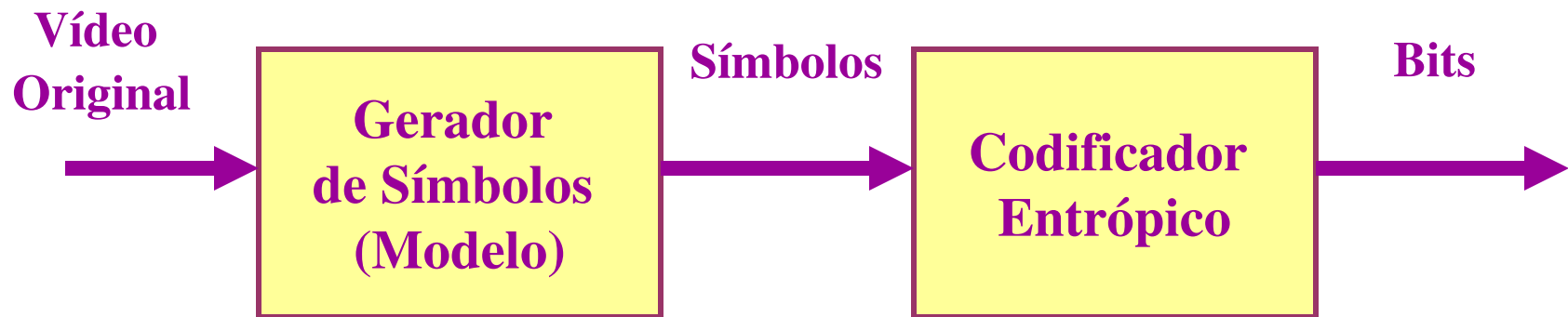
- **ESCALABILIDADE TEMPORAL** – Codificação do sinal de vídeo original em dois ou mais níveis, aumentando sucessivamente a resolução temporal; um exemplo desta técnica, é a codificação em dois níveis do sinal de vídeo entrelaçado onde o primeiro nível codifica os campos TOP e o segundo nível os campos BOT.
- **ESCALABILIDADE NA FREQUÊNCIA** (designada por *data partitioning* no MPEG-2 Vídeo) - A informação codificada é estruturada em níveis correspondentes a subconjuntos dos coeficientes DCT (frequência crescente); no caso específico da norma MPEG-2 Vídeo, a partição é feita em dois níveis.

A escalabilidade híbrida combina dois tipos de escalabilidade diferentes em três ou mais níveis de fluxos codificados.



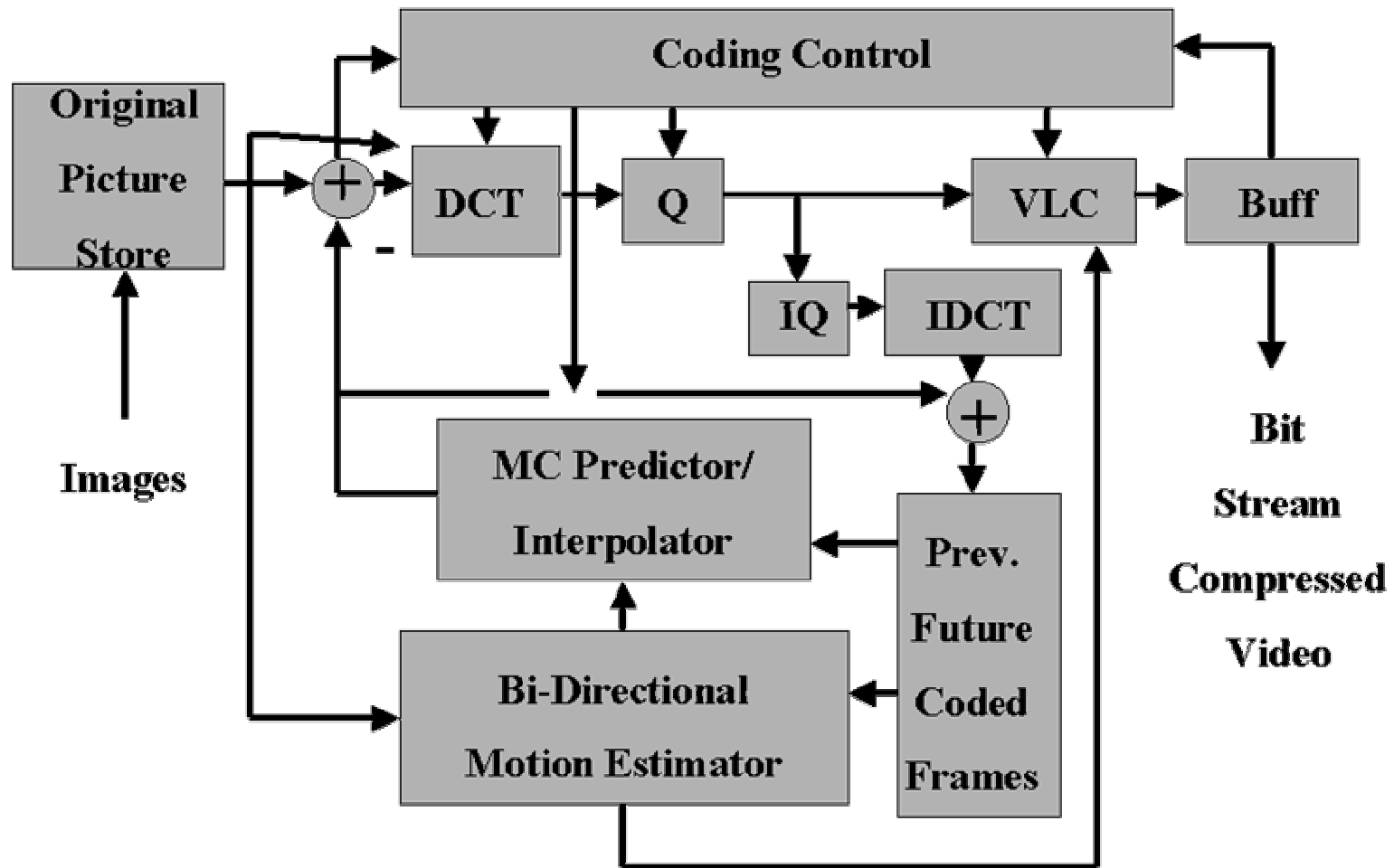
Combinando as Ferramentas ...

O Modelo Simbólico MPEG-2 Vídeo

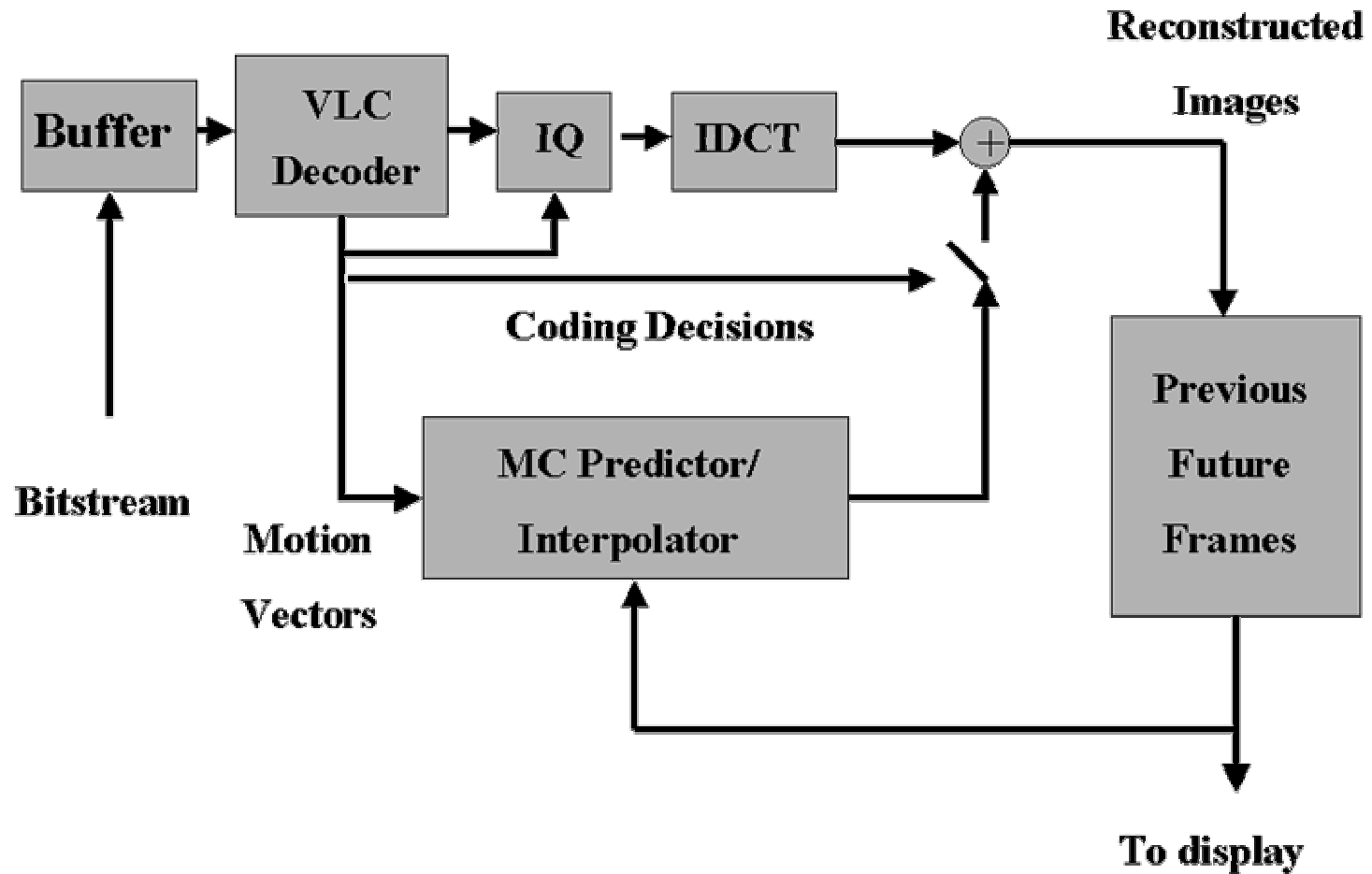


Uma sequência de vídeo é representada, de forma escalável ou não, como uma sucessão de GOPs incluindo imagens codificadas como tramas ou campos e classificadas como I, P ou B, estruturadas em macroblocos, sendo cada um deles representado usando vectores de movimento e/ou coeficientes DCT respeitando as limitações impostas pela classificação de imagem.

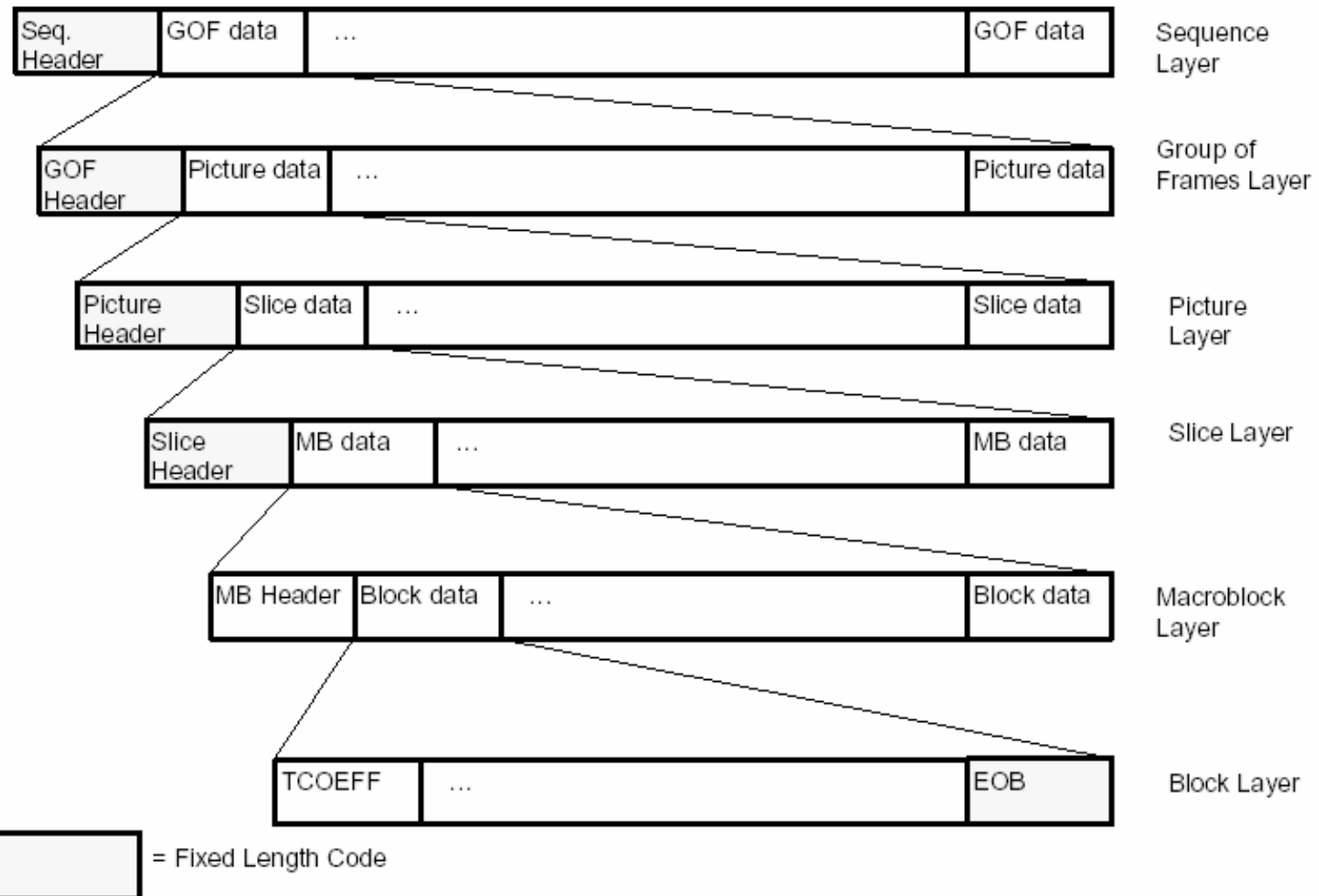
MPEG-2 Vídeo: Codificador



MPEG-2 Vídeo: Descodificador



Sintaxe MPEG-2 Vídeo





MPEG-2 Vídeo

Perfis e Níveis



Perfis e Níveis: Porquê ?

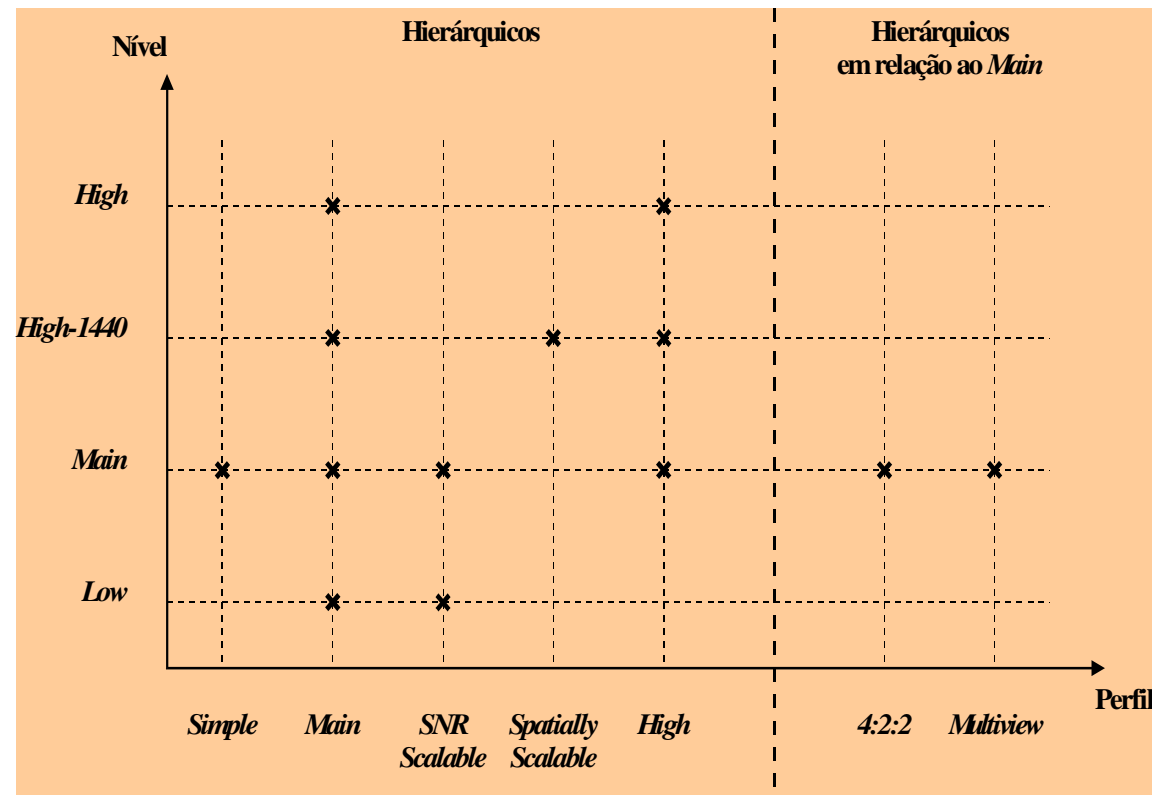
Os conceitos de Perfil e Nível, adoptados pela primeira vez na norma MPEG-2 Vídeo, constituem um compromisso entre:

- **Complexidade da implementação para uma dada classe de aplicações**
- **Interoperabilidade entre aplicações e serviços**

garantindo eficiência de compressão e a qualidade requeridas por uma classe de aplicações e limitando a complexidade e os custos associados aos codificadores e decodificadores.

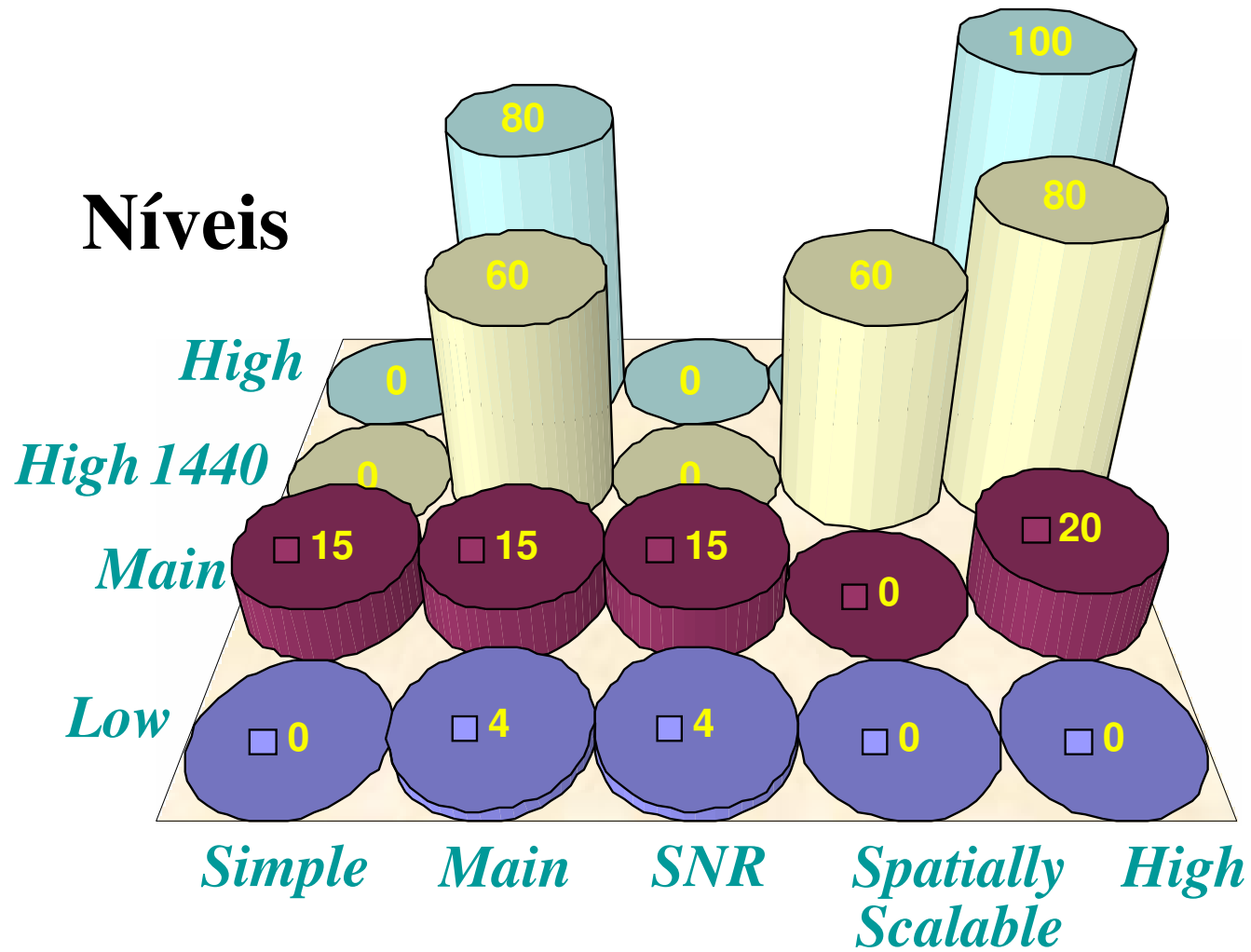
- **PERFIL – Subconjunto de ferramentas de descodificação que respondem aos requisitos de uma classe de aplicações.**
- **NÍVEL - Estabelece, para cada perfil, vínculos sobre os valores que certos parâmetros de codificação podem tomar, e.g. débito binário**

MPEG-2 Vídeo: as Hierarquias



Alguns perfis relacionam-se entre si de forma hierárquica (sintacticamente). Para um dado perfil, os elementos sintáticos não variam em função do nível adoptado.

Também os níveis se relacionam hierarquicamente, isto é a gama de variabilidade para os parâmetros associados à codificação cresce com o nível.



Perfis

Perfis e Níveis

high level		1920×1152 pixels 80 Mbit/s			1920×1152 pixels (960×576) 100(80.25) Mbit/s
high-1440 level		1440×1152 pixels 60 Mbit/s		1440×1152 pixels (720×576) 60(40.15) Mbit/s	1440×1152 pixels (720×576) 80(60.20) Mbit/s
main level	720×576 pixels 15 Mbit/s	720×576 pixels 15 Mbit/s	720×576 pixels 15(10) Mbit/s		720×576 pixels (352×288) 20(15.4) Mbit/s
low level		352×288 pixels 4 Mbit/s	352×288 pixels 4(3) Mbit/s		
levels profiles	simple profile	main profile	SNR scalable profile	spatial scalable profile	high profile

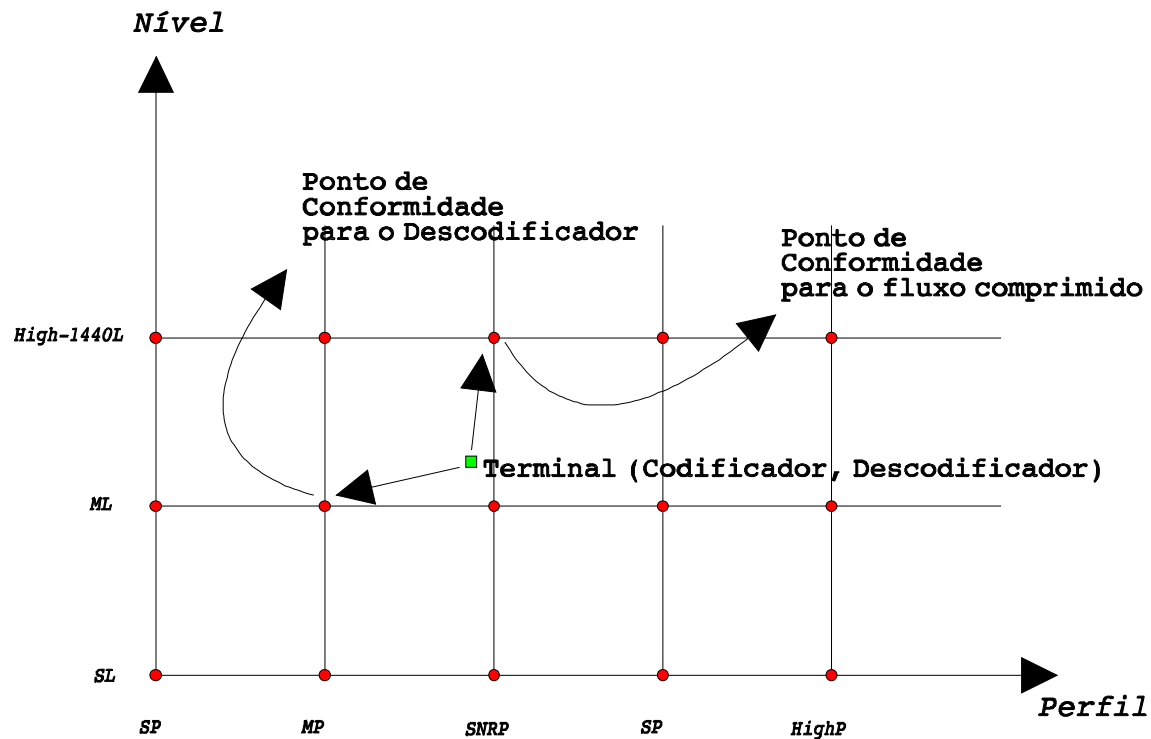
(main profile,
without B-pictures)

(4 : 2 : 0,
no scalability)

(main profile,
+ SNR scalability)

(SNR profile,
+ spat. scalability)

(spatial profile,
+ 4 : 2 : 2 coding)



Atribuição de Perfis e Níveis

- Se um codificador produz um fluxo binário que supera, ainda que por pouco, os limites pré-definidos para um determinado perfil e/ou nível é-lhe atribuído o perfil e/ou nível imediatamente superior.
- Se a capacidade do decodificador está aquém, ainda que por pouco, daquela pré-definida para um determinado perfil e/ou nível é classificado com o perfil e/ou nível imediatamente inferior.

Esta classificação é essencial para a homologação de equipamento e conteúdo MPEG-2, consequência da generalidade e flexibilidade da norma.



MPEG-2 Vídeo in DVB

- ***Standard Definition TV (SDTV) utiliza MP@ML***
 - **Frequência temporal - 25 ou 30 Hz**
 - **Factor de forma - 4:3, 16:9 ou 2.21:1**
 - **Resolução espacial - $(720, 576, 480) \times 576$ ou $352 \times (576, 288)$ ou $(720, 640, 544, 480, 352) \times 480$ ou 352×540**
 - **Subamostragem da crominância - 4:2:2 ou 4:2:0**
- **HDTV utiliza MP@HL**
 - **Frequência temporal - 25, 50 ou 30 e 60 Hz**
 - **Factor de forma - 16:9 ou 2.21:1**
 - **Resolução espacial - 1152 linhas por trama no máximo e 1920 amostras de luminância por linha no máximo**
 - **Complexidade: 62 688 800 amostras de luminância por segundo no máximo**



Norma MPEG-2

Parte 3: Áudio



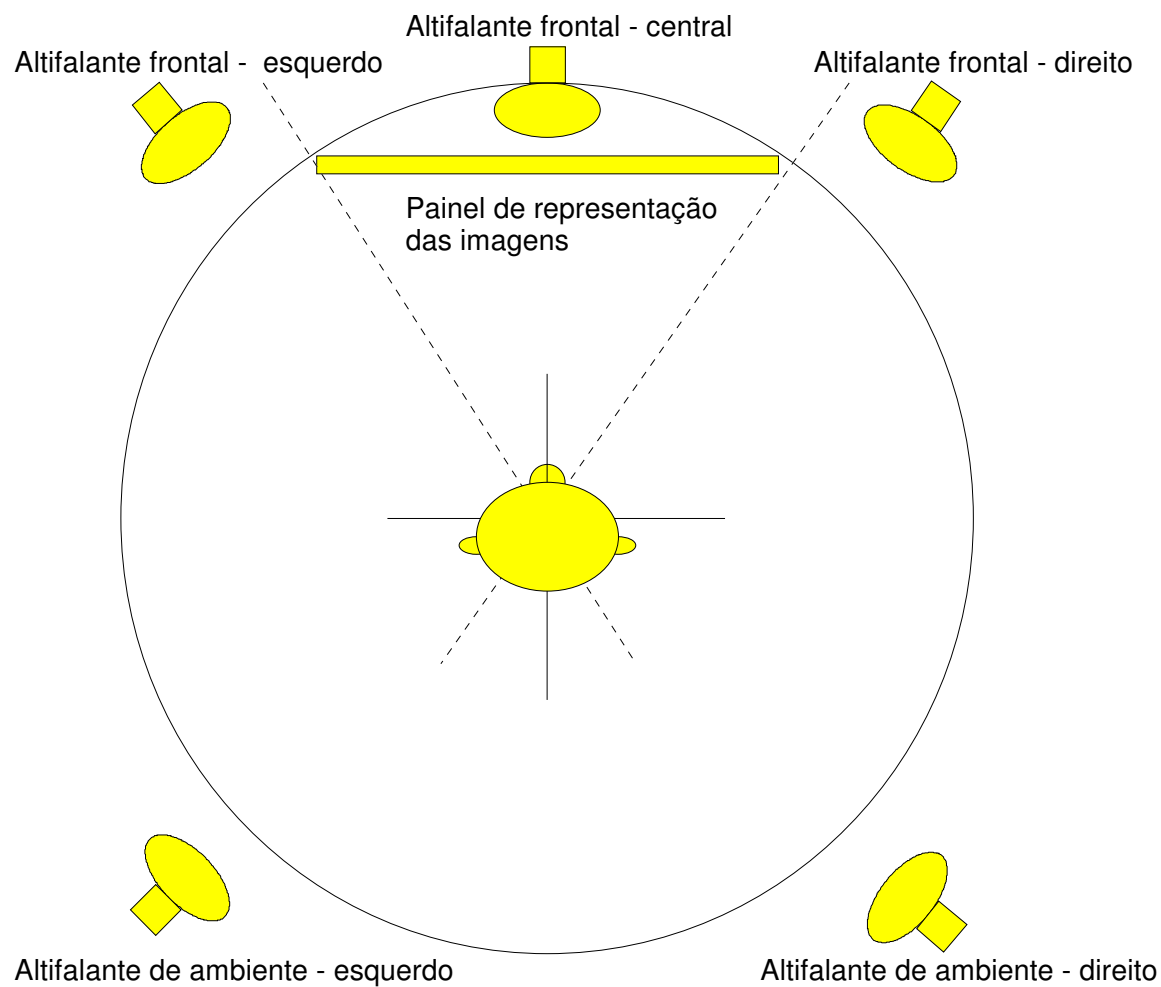
MPEG-2 Áudio: Objectivo

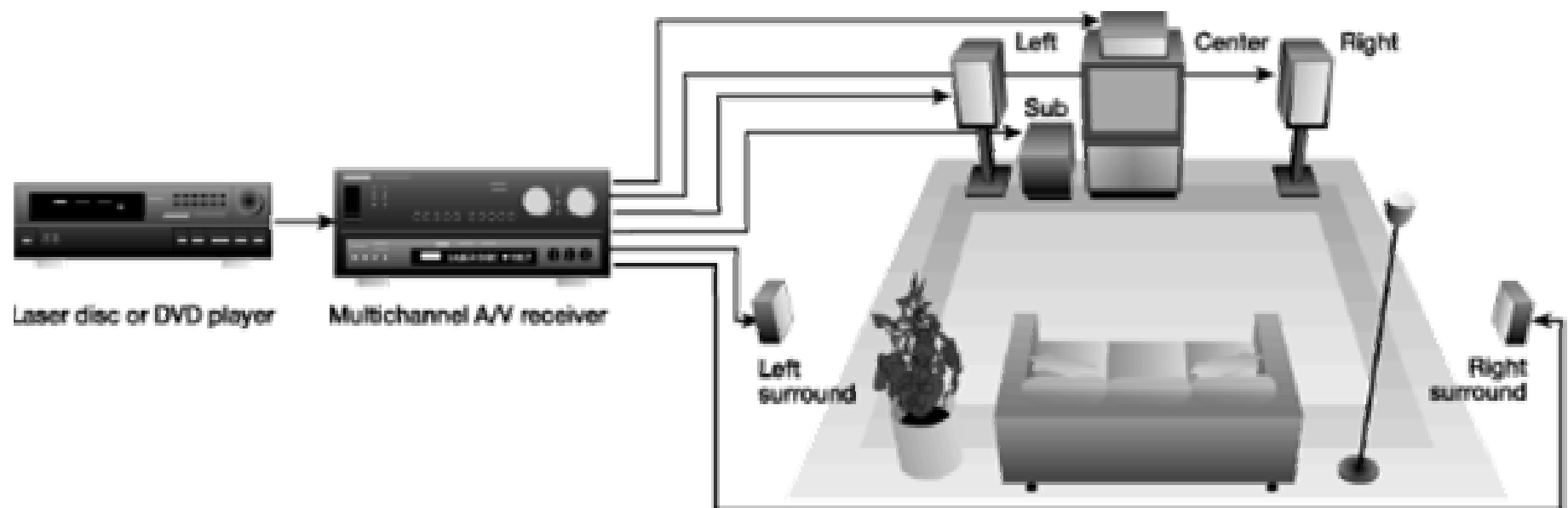
Codificação eficiente de áudio com alta qualidade visando a difusão e armazenamento de sinais de televisão.

Existem 2 normas MPEG-2 Áudio:

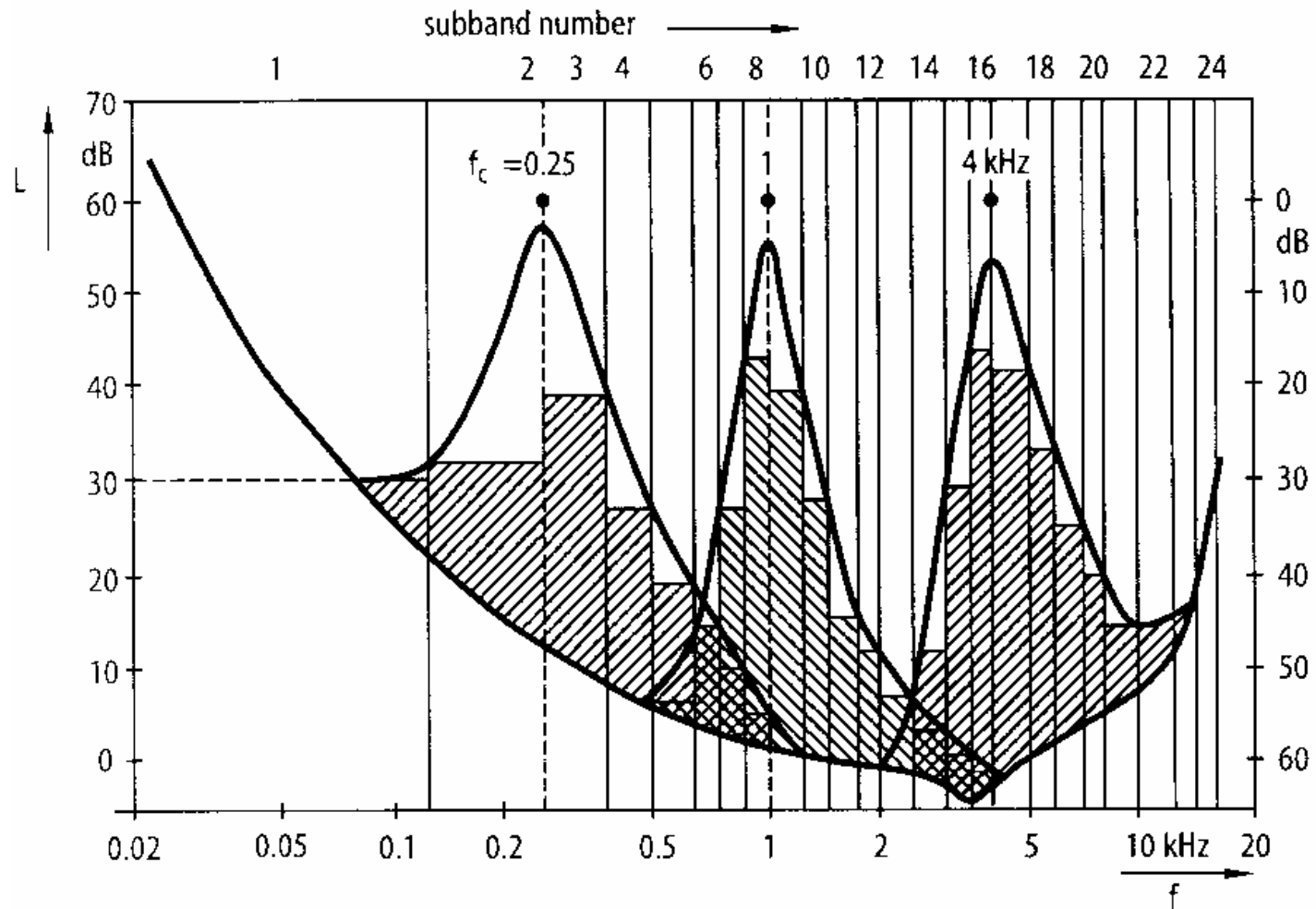
- **Áudio (Parte 2)** – Codifica até 5 canais + 1 canal de baixa frequência (*sistema 3+2 de hiper-estereofonia ou multi-língua*), com alta qualidade, a 384 kbit/s ou menos por canal, usando adicionalmente as frequências de amostragem de 16, 22.05 e 24 kHz; oferece compatibilidade *backward* e *forward* com a norma MPEG-1 Áudio designando-se por isso *MPEG-2 Audio Backward Compatible* (BC).
- **Advanced Audio Coding (Parte 7)** – Prescinde de qualquer compatibilidade com a norma MPEG-1 Áudio obtendo maior qualidade para o mesmo débito binário (1 a 48 canais, 8 a 96 kHz), designando-se inicialmente *MPEG-2 Audio Non-Backward Compatible* (NBC).

MPEG-2 Áudio: Configuração Espacial





MPEG-2 Áudio: o Segredo !





Áudio DVB

- Todos os decodificadores de áudio DVB usam o MPEG-1 camadas 1 e 2 ou MPEG-2 Áudio Parte 2 (BC) camadas 1 e 2.
- Para o MPEG-1 Áudio, é recomendada a utilização da camada 2.
- Devido à compatibilidade *backward*, é possível a recuperação de um par estéreo com um decodificador MPEG-1 Áudio a partir de um sinal MPEG-2 Áudio (BC) multi-canal (*downmixing*).
- Frequências de amostragem: 32, 44.1 e 48 kHz.

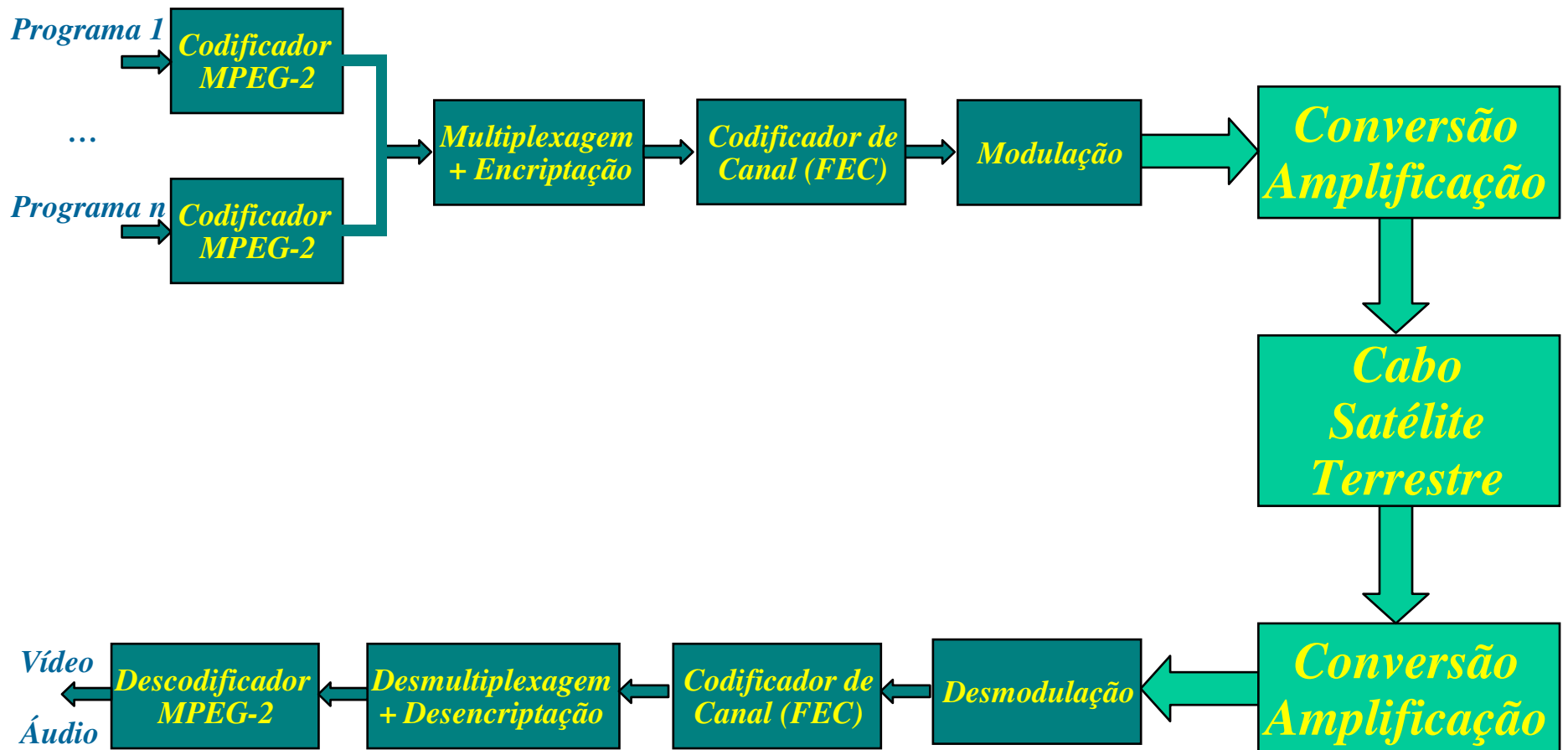


Tecnologias Desenvolvidas pelo DVB



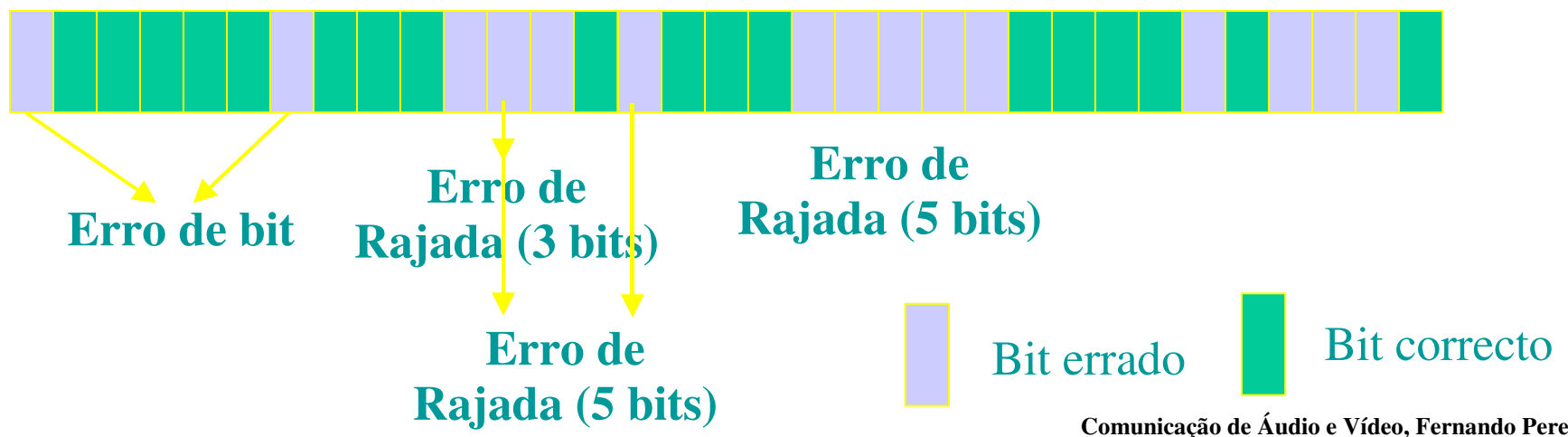
Codificação de Canal

O Canal !

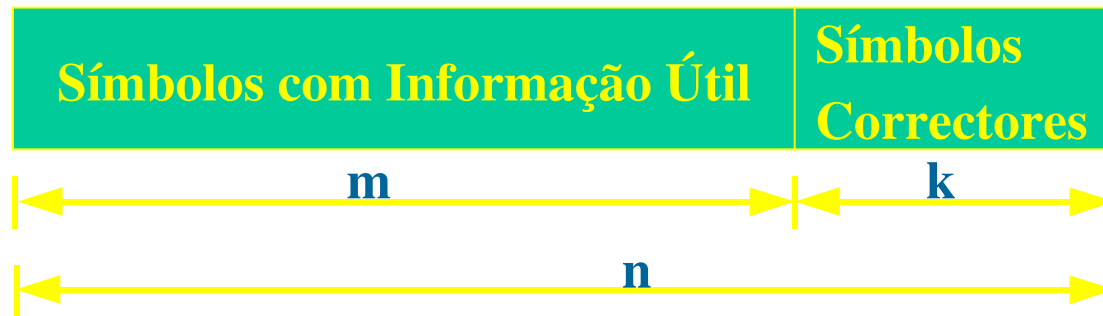


Codificação de Canal

- No emissor é adicionada redundância ao sinal digital comprimido de forma a permitir ao decodificador de canal a detecção e correcção de erros.
- A introdução de redundância resulta num aumento do volume de dados a transmitir. A escolha da codificação de canal deve ter em conta o tipo de canal e de modulação.
- O sinal codificado requiere um canal com poucos erros, p.e. BER de 10^{-10} - 10^{-12} ou seja 0.1-1 bits errados por hora para um débito de transmissão de 30 Mbit/s.

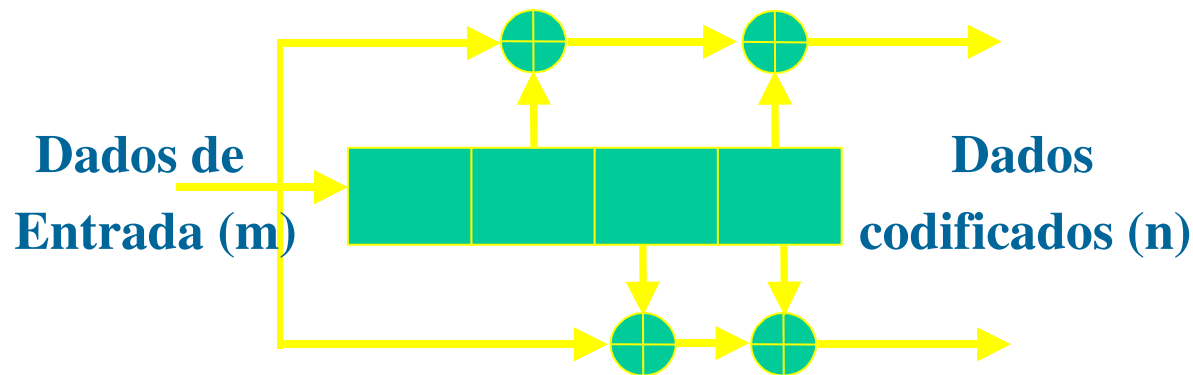


Técnicas de Codificação de Canal no DVB



$$R = m/n = 1 - k/n$$

Códigos de Bloco

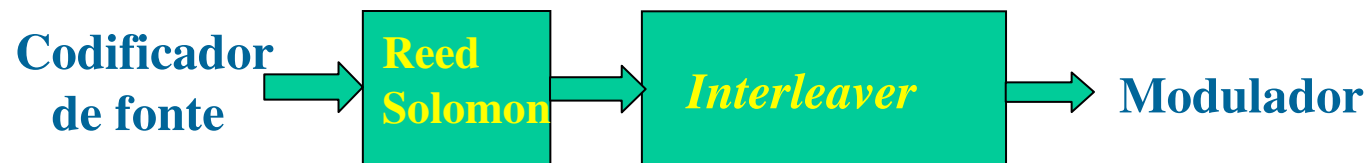


$$R = m/n - \text{Taxa de codificação}$$

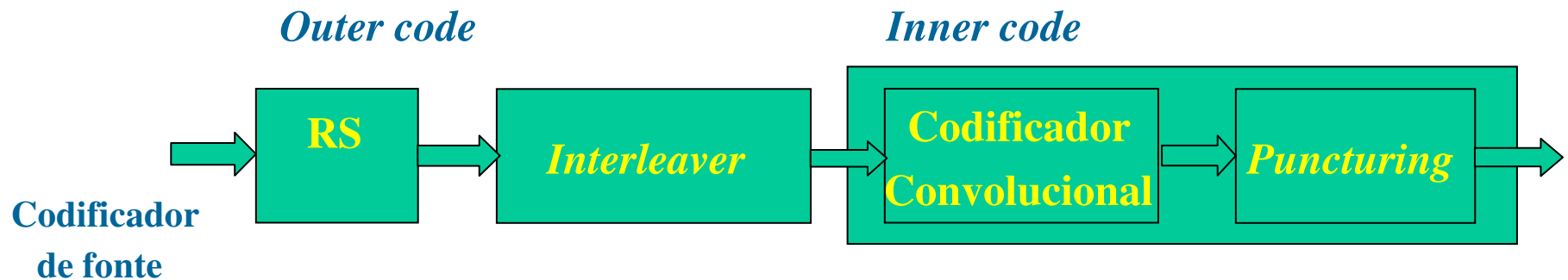
Códigos Convolucionais

Correcção de Erros no DVB

Correcção de Erros no DVB C



Correcção de Erros DVB S & DVB-T



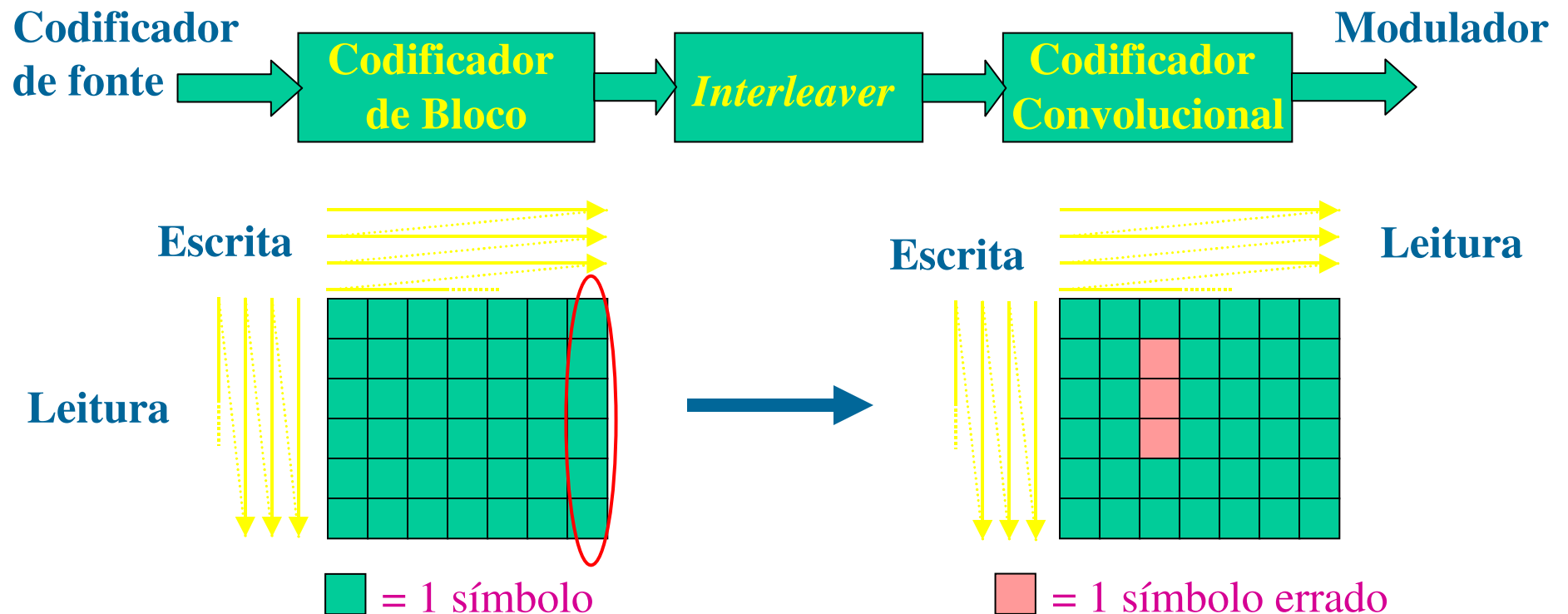


Código Reed-Solomon

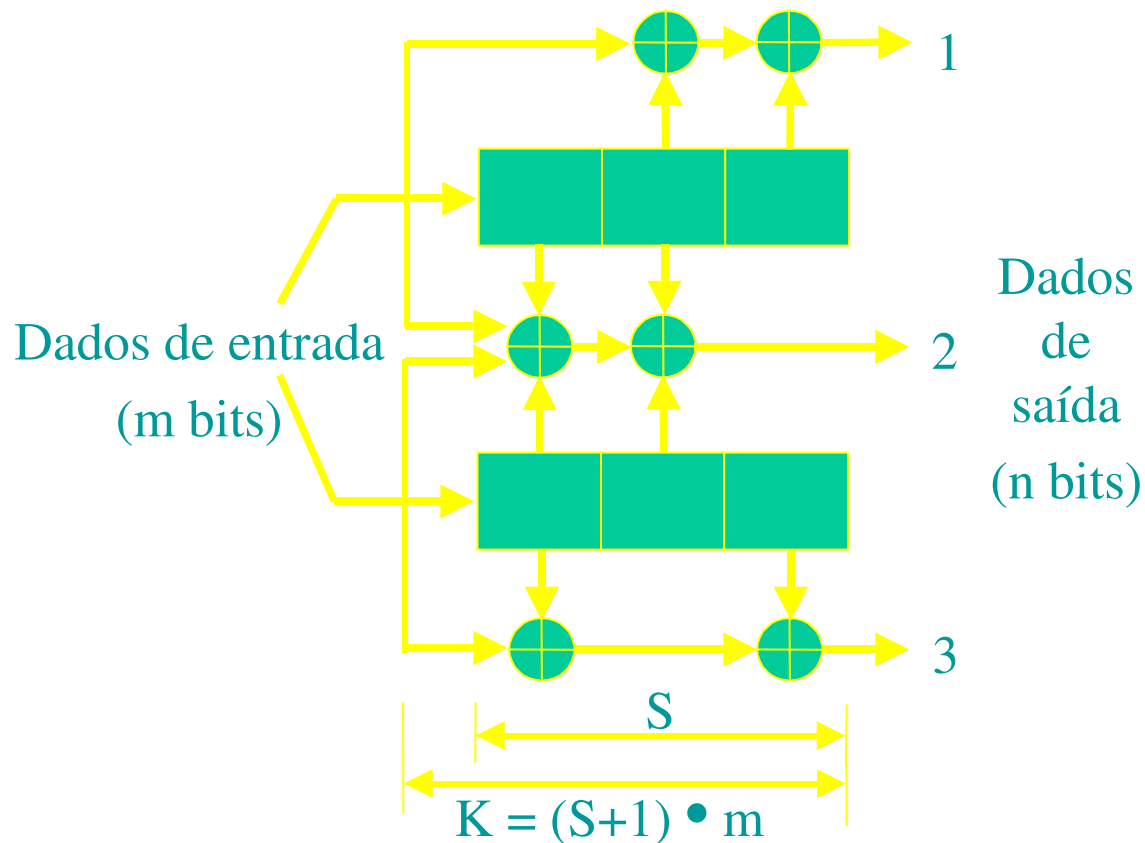
- **O código de Reed-Solomon (RS) é um código de blocos:**
 - Permite a detecção dos símbolos que estão errados
 - Permite a correcção de símbolos errados
- **Bom desempenho para erros de rajada (em combinação com o *interleaver*).**
- **O código RS usado no DVB é RS(204,188); implica um *overhead* de $16/188 = 8\%$.**
- **Tem a capacidade de corrigir 8 bits em cada bloco; se houver mais do que 8 bits errados no bloco, é dada a indicação da impossibilidade de corrigir os erros.**

Interleaving

O *interleaver* não proporciona correcção de erros adicional apenas ordena os símbolos de forma a corrigir erros de rajada e de bit de uma forma eficiente.



Codif. Convolutacional e *Puncturing*



- Codif. convolutacional é um complemento da codificação RS.
- Por cada m bits à entrada há n bits à saída, tipicamente com uma taxa de codificação de $m/n = 1/2$ o que significa que apenas metade do débito de saída é útil.
- Para melhorar a taxa de codificação, usa-se *puncturing* ou seja não se transmitem alguns dos bits de saída do codificador convolutacional.



Exemplo de *Puncturing*

Informação:

• 1 0 1 1 0 0 0

Dados codificados, taxa de codificação (de canal) de $\frac{1}{2}$:

• 11 10 00 01 01 11 00

***Puncturing* com taxa $\frac{3}{4}$ (em relação à entrada do cod. de canal; $\frac{3}{4} = \frac{1}{2} \times \frac{3}{2}$); no *puncturing* 4 bits em cada 6 são transmitidos com um padrão SSNSSN:**

• 11 (1)0 0(0) 01 (0)1 1(1) 00

Dados transmitidos:

• 11 00 01 11 00

Reconstrução para a decodificação:

• 11 X0 0X 01 X1 1X 00



DVB-S2: Codificação de Canal

- DVB-S2 usa uma codificação de canal mais complexa e mais eficaz.
- O *outer code* (Reed- Solomon) do DVB-S é substituído por um código BCH (*Bose, Ray-Chaudhuri, Hocquenghem*) com capacidade de correcção de 8 a 12 bits.
- O *inner code* convolucional do DVB-S é substituído por um código LDPC (*low density parity check*).
- O tamanho total do bloco BCH&LDPC é de 64800 bits, para aplicações sem problemas críticos de atraso, e de 16200 bits, no caso contrário.
- Podem usar-se taxas de codificação de $1/4$, $1/3$, $2/5$, $1/2$, $3/5$, $2/3$, $3/4$, $4/5$, $5/6$, $8/9$ e $9/10$, dependendo das necessidades.



Modulação

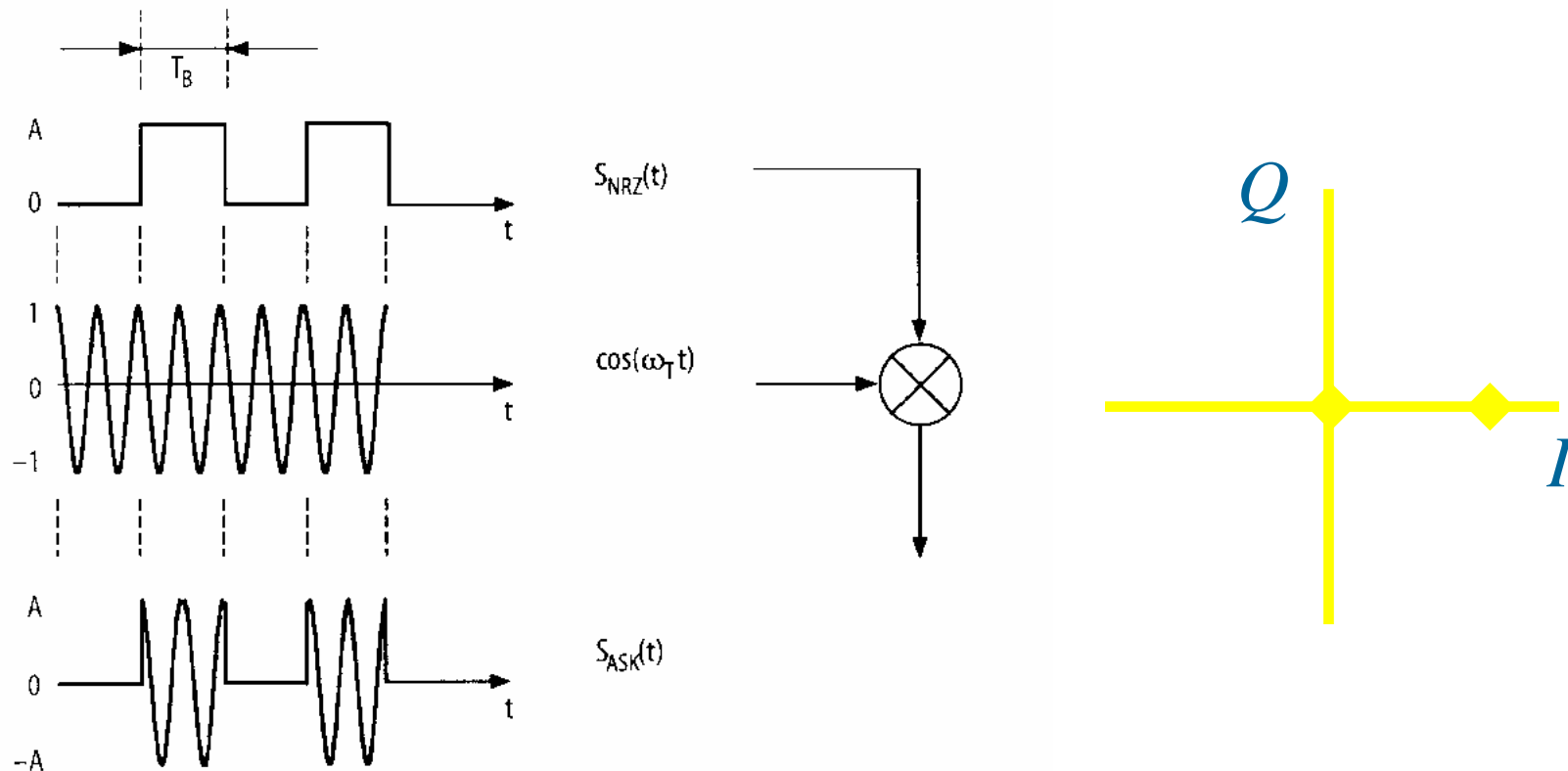


A Modulação

- **Factores a ponderar na escolha de uma modulação:**
 - **Características do canal**
 - **Eficiência do espectro**
 - **Resistência a distorções no canal**
 - **Tolerância nas imperfeições do transmissor e receptor**
 - **Minimização dos requisitos da protecção de interferências**
- **Técnicas básicas de modulação digital:**
 - **Modulação em amplitude (ASK)**
 - **Modulação em frequência (FSK)**
 - **Modulação em fase (PSK)**
 - **Mistura de amplitude e fase (QAM)**

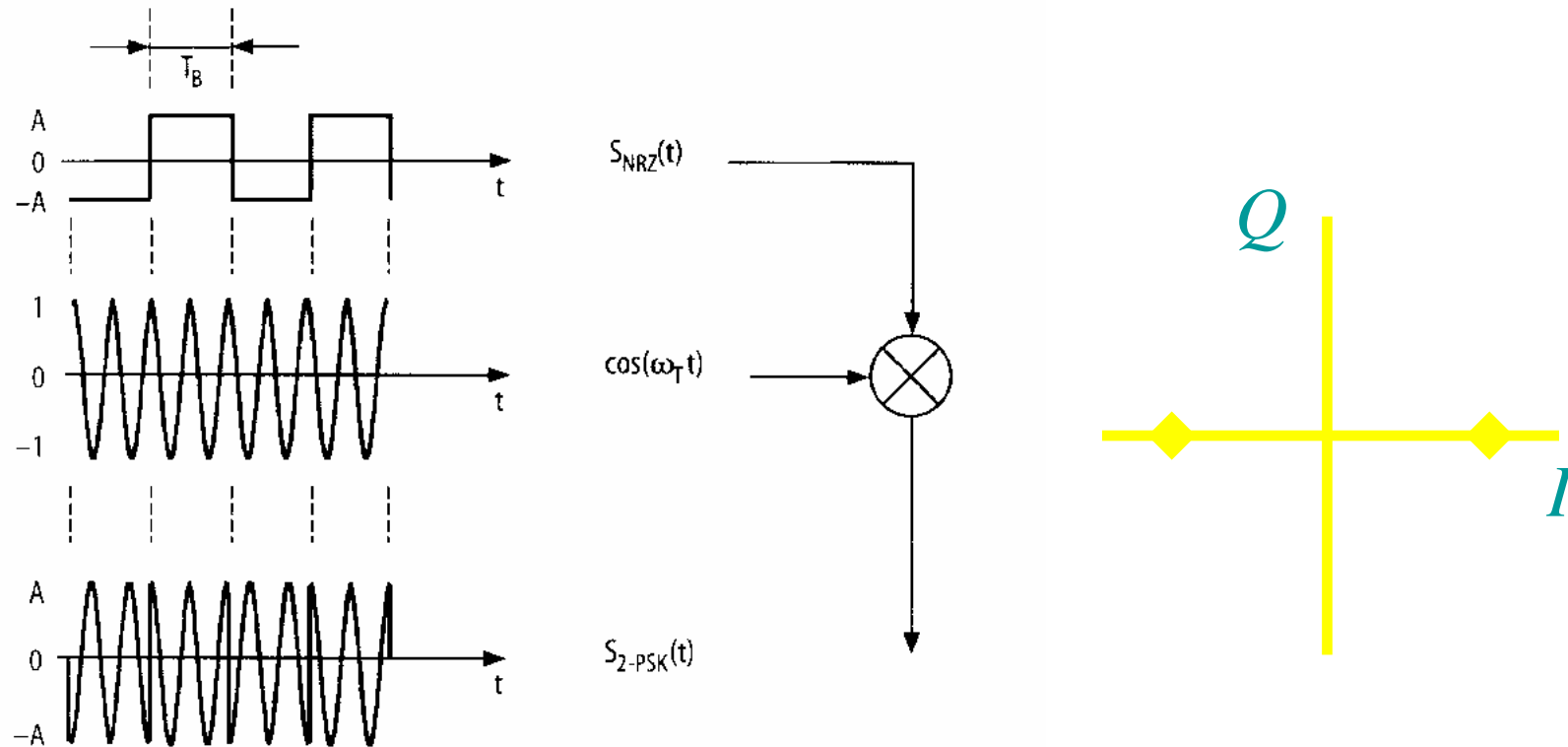
Modulação de Amplitude: ASK

A informação transmitida está contida na envolvente do sinal.



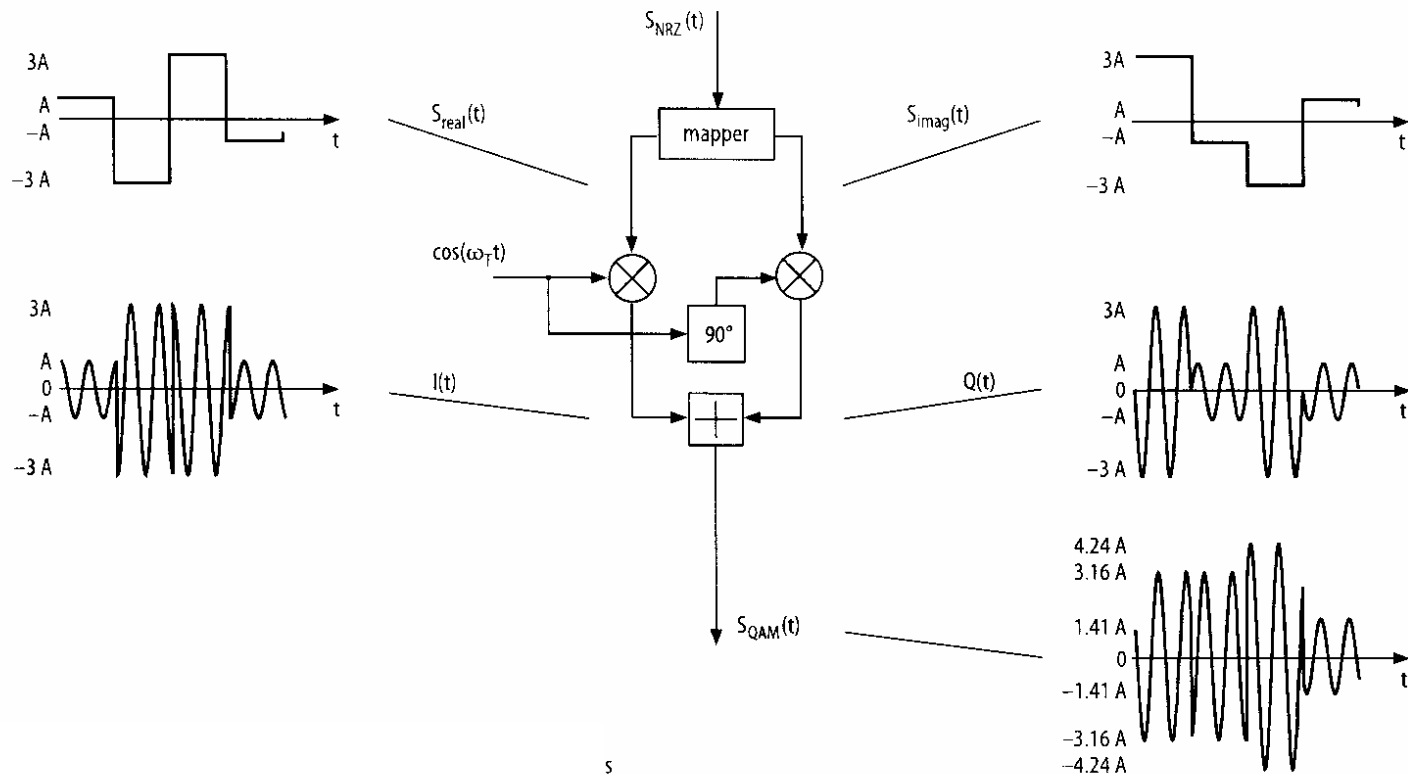
Modulação de Fase: PSK

A informação transmitida está contida na fase do sinal.

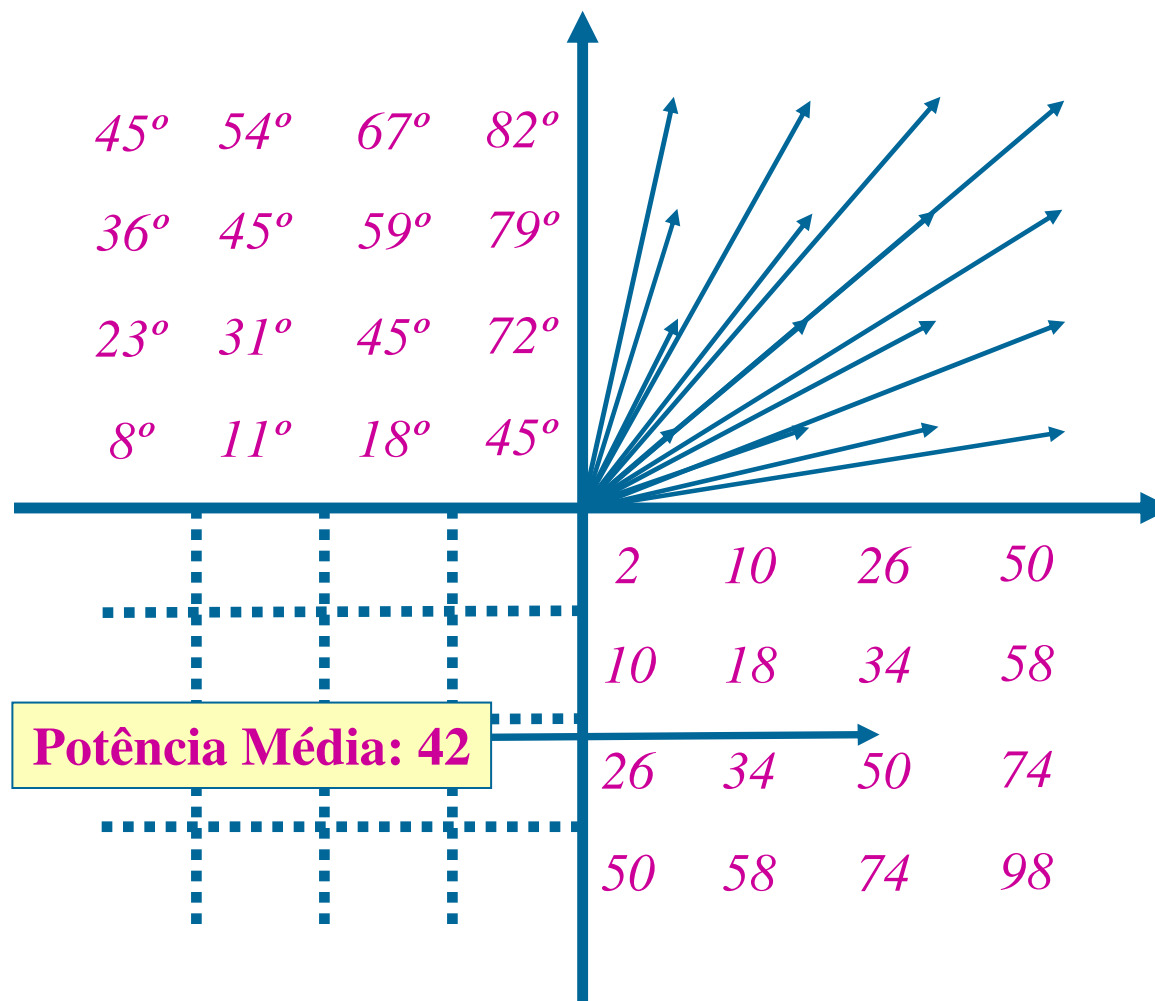


Modulação QAM

O sinal digital é decomposto em 2 componentes multi-nível $\Rightarrow$ duas portadoras I e Q; a informação transmitida está contida na amplitude e fase do sinal.

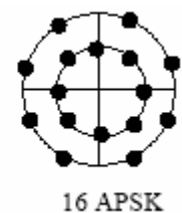
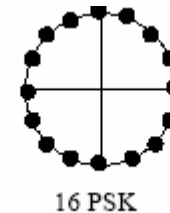
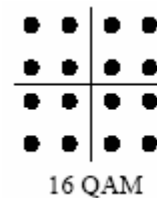


Constelação 64-QAM

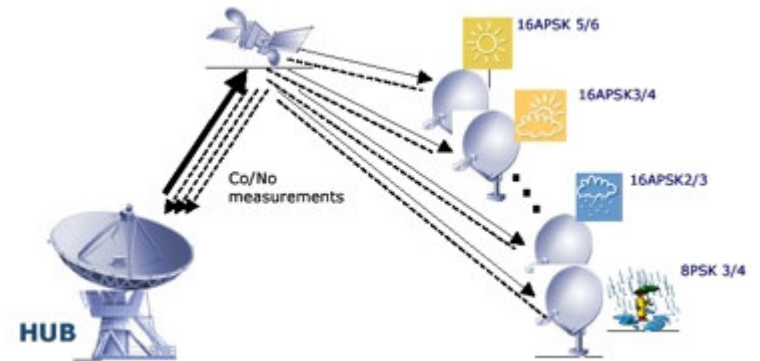


As Modulações DVB

- **DVB-S** - QPSK (baixa SNR e elevada banda disponível); modulação em amplitude difícil.
- **DVB-S2** – QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK (*Asymmetric Phase Shift Keying*, também *Amplitude and Phase Shift Keying*).
- **DVB-C** – Essencialmente 64-QAM.
- **DVB-T e DVB-H** - *Orthogonal Frequency Division Multiplex* (OFDM) baseada em modulação QPSK ou QAM (muito robusta à atenuação multi-percurso).

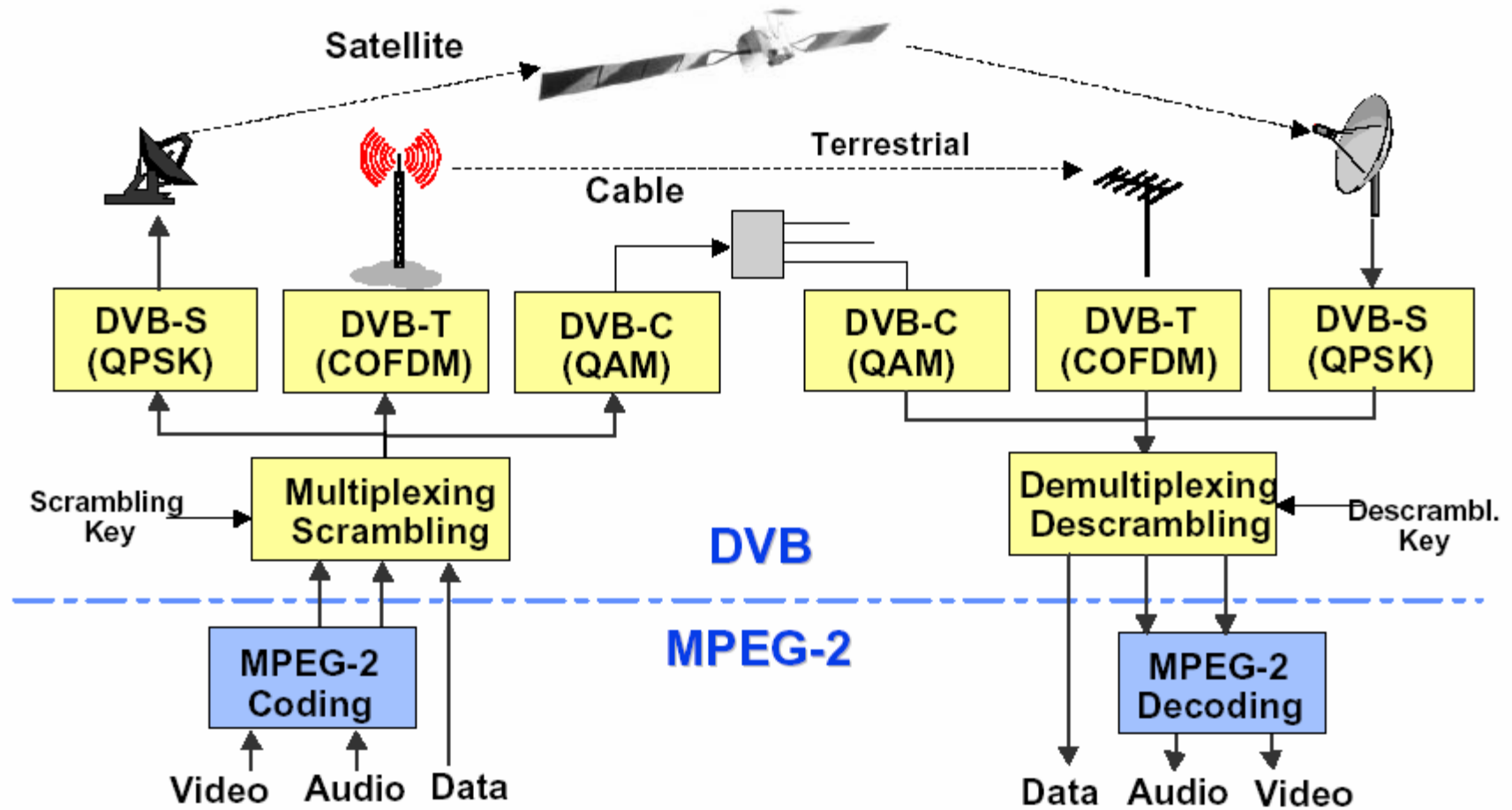


DVB-S2 versus DVB-S



- A eficiência espectral depende da constelação de modulação e da taxa de codificação escolhidas e pode variar entre 0,5 e 4,5 bits por símbolo.
- O desempenho das soluções 16APSK e 32APSK é comparável com os desempenhos do 16-QAM e 32-QAM.
- QPSK e 8PSK são normalmente usados para televisão devido à sua amplitude constante.
- DVB-S2 aumenta a capacidade de transmissão DVB-S em cerca de 30%.

Sistemas DVB





DVB-T:

Terrestrial Broadcasting



Requisitos para a TV Digital Terrestre

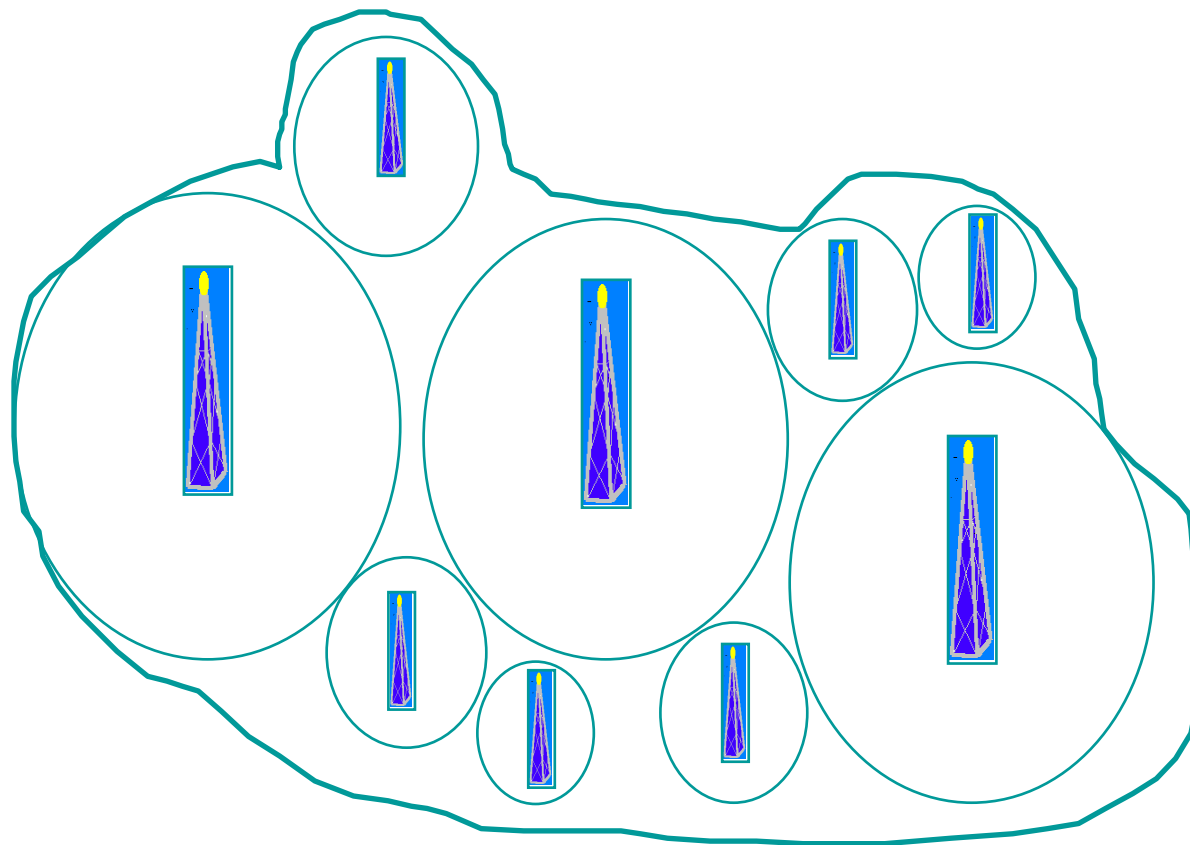
- **Recepção fixa, portátil e móvel**
- **Imunidade a multi-percursos**
- **Implementação de redes de frequência única**
- **Flexibilidade de configuração (relações cobertura/débito binário, hierarquias de configuração)**
- **Resistência a interferências provocadas pelos serviços analógicos sem interferir com estes**
- **Facilidade de transcodificação para e de outros meios de transmissão (e.g. satélite, cabo, fibra óptica)**
- **Baixo custo dos receptores**



Principais Características Técnicas do DVB-T

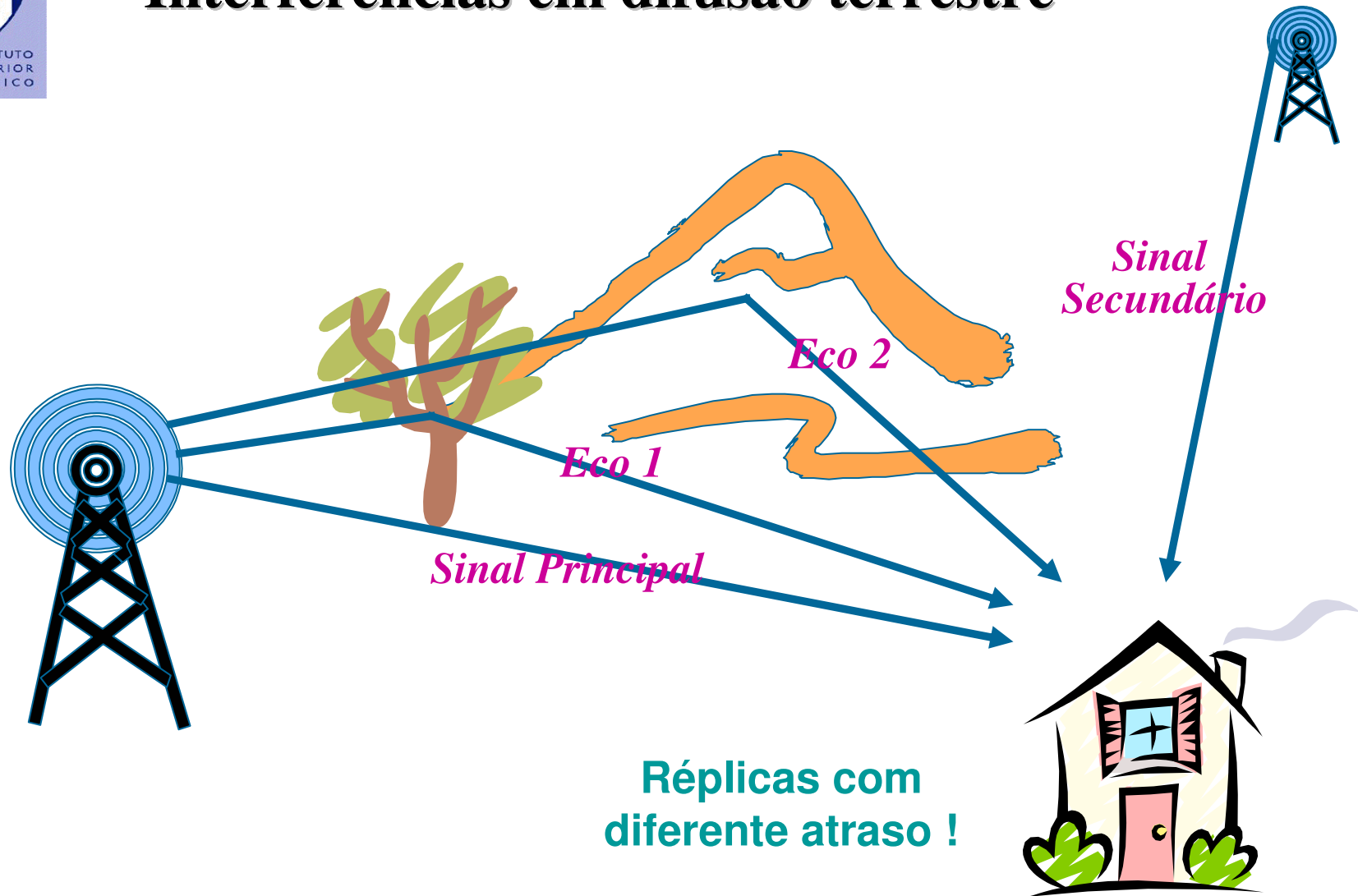
- **Muitas características comuns com os sistemas DVB-S e DVB-C**
- **Inclusão da codificação de canal convolucional DVB-S**
- **Modulação OFDM baseada em modulação QPSK ou QAM (muito robusta à atenuação multi-percurso) com opções 2k e 8k**
- **Dois níveis hierárquicos de codificação de canal e de modulação**
- **Codificação de fonte MPEG-2; escalabilidade não incluída**
- **Definição de redes de difusão nacionais ou regionais (SFN vs MFN)**

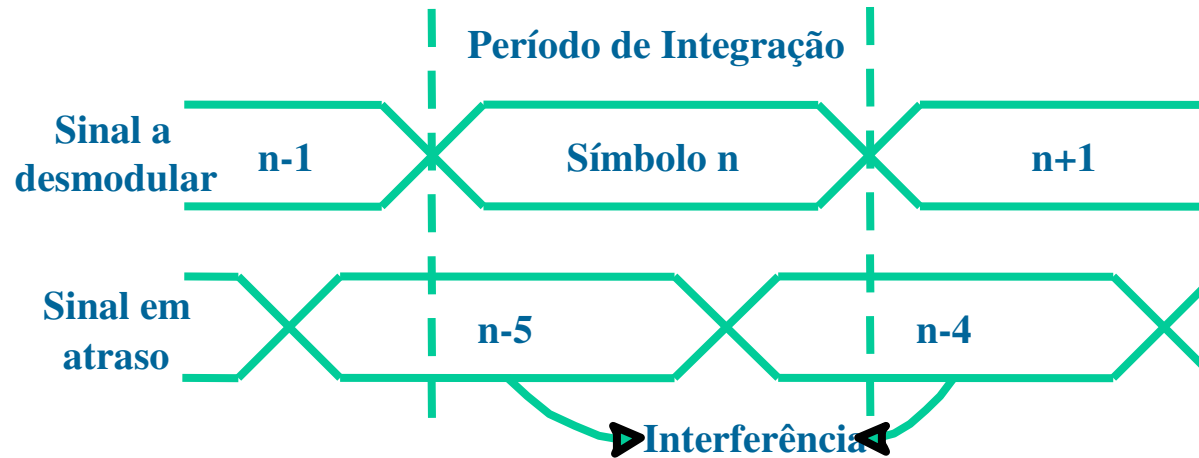
Redes de Frequência Única (*Single Frequency Network*)



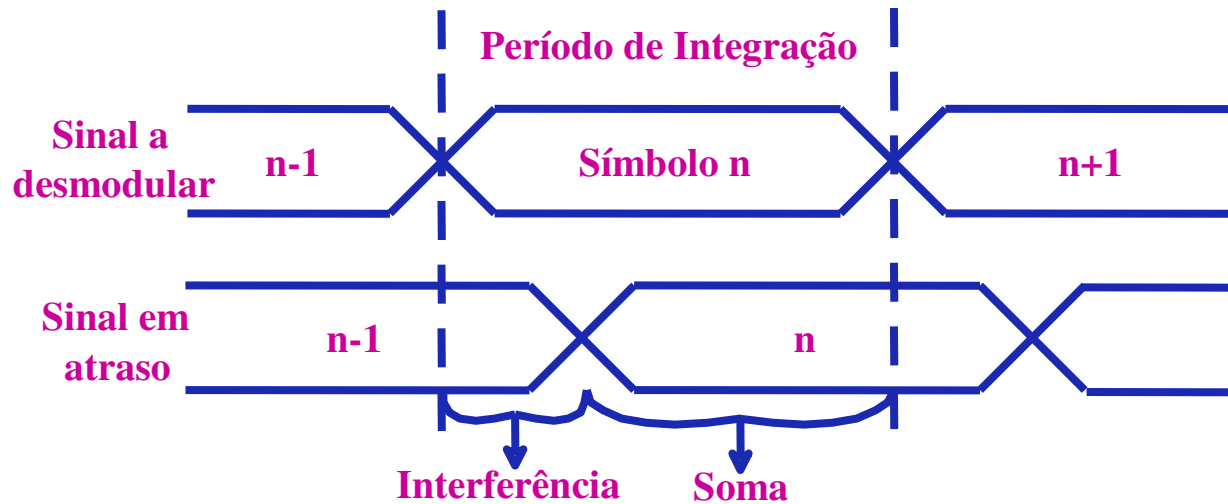
Enquanto em recepção analógica o utente sintoniza a frequência que melhor recebe, em recepção digital SFN todos os sinais recebidos estão na mesma frequência e por isso há que os ‘filtrar’, p.e. através de uma diagrama de radiação adequado !

Interferências em difusão terrestre



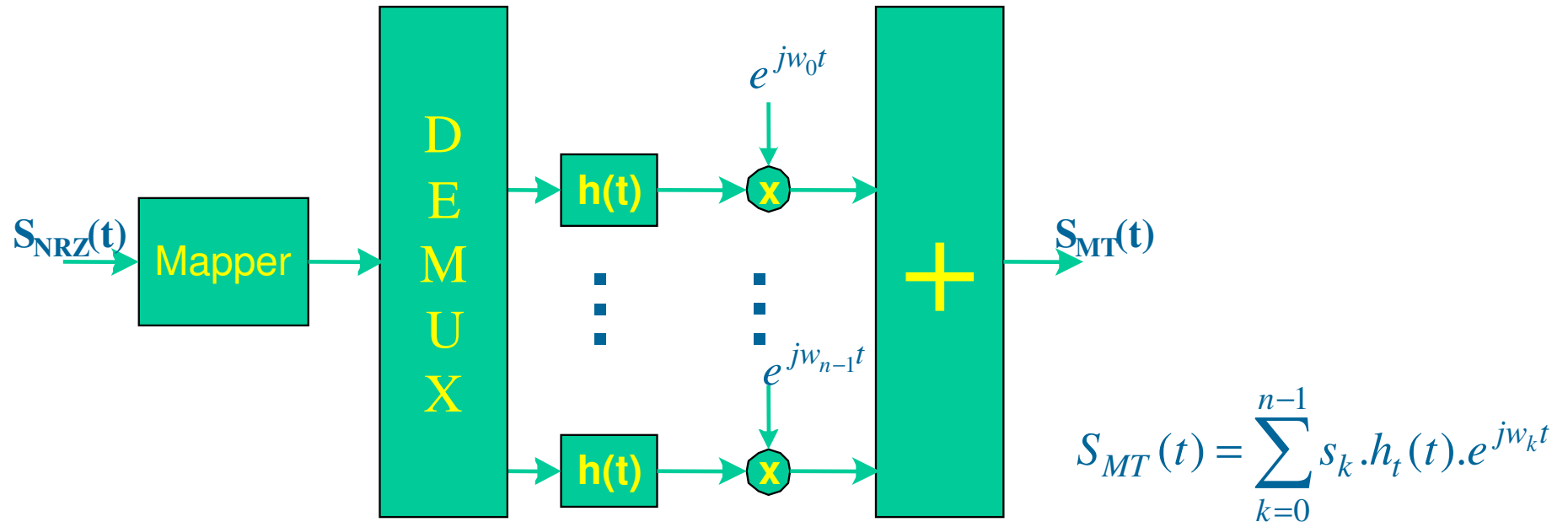


**Interferência
entre símbolos
'distantes'**



**Interferência
entre símbolos
'próximos'**

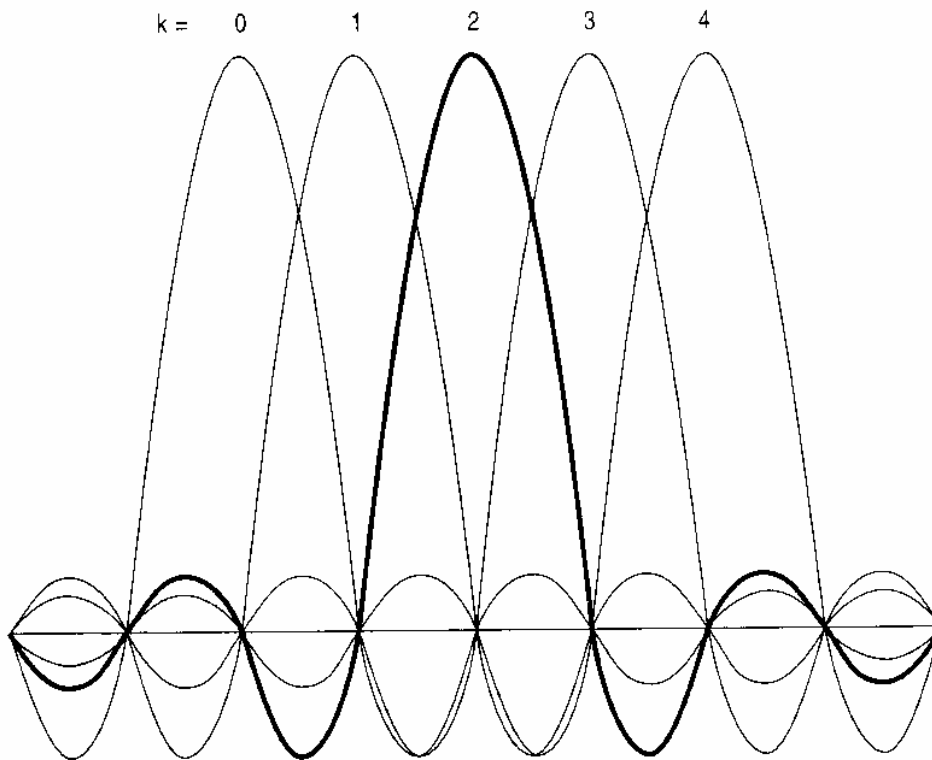
Modulação Multi-Portadora



Uma forma de diminuir o número de símbolos que se influenciam mutuamente é aumentar a sua duração o que pode ser feito enviando símbolos em paralelo e não sequencialmente.

Cada subsímbolo s_k pode ser modulado em amplitude e em fase.

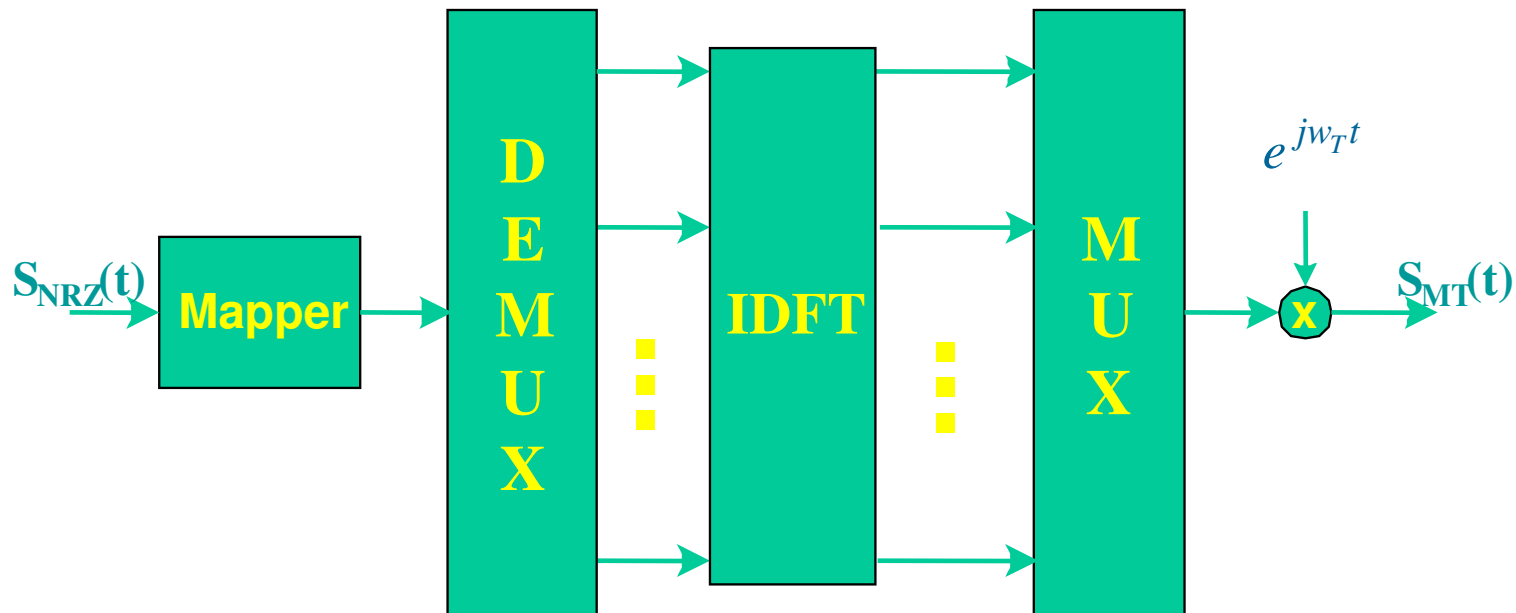
As Subportadoras Ortogonais



As subportadores dizem-se ortogonais se estiverem uniformemente espaçadas na frequência de forma a que todas as outras subportadoras são zero na posição central de uma subportadora específica no espectro ou seja $w_k = 2 \pi k f_0$ com $k=0, 1, \dots, n-1$ e f_0 é a frequência de base.

Orthogonal Frequency Division Multiplex

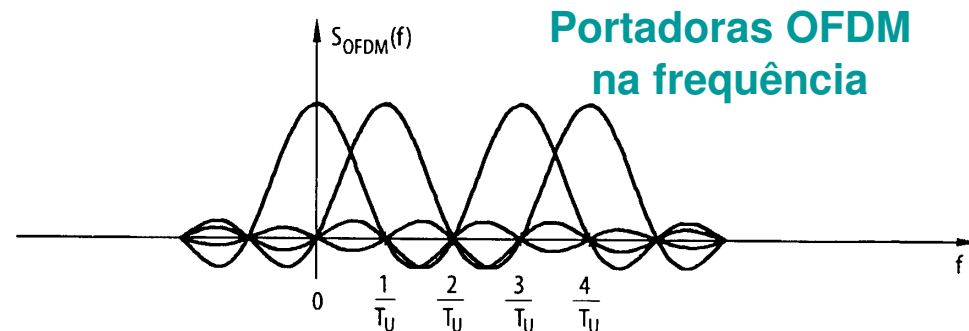
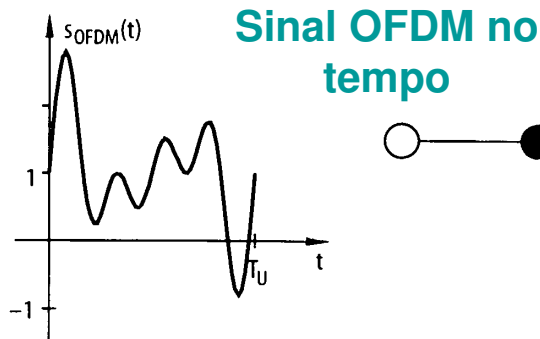
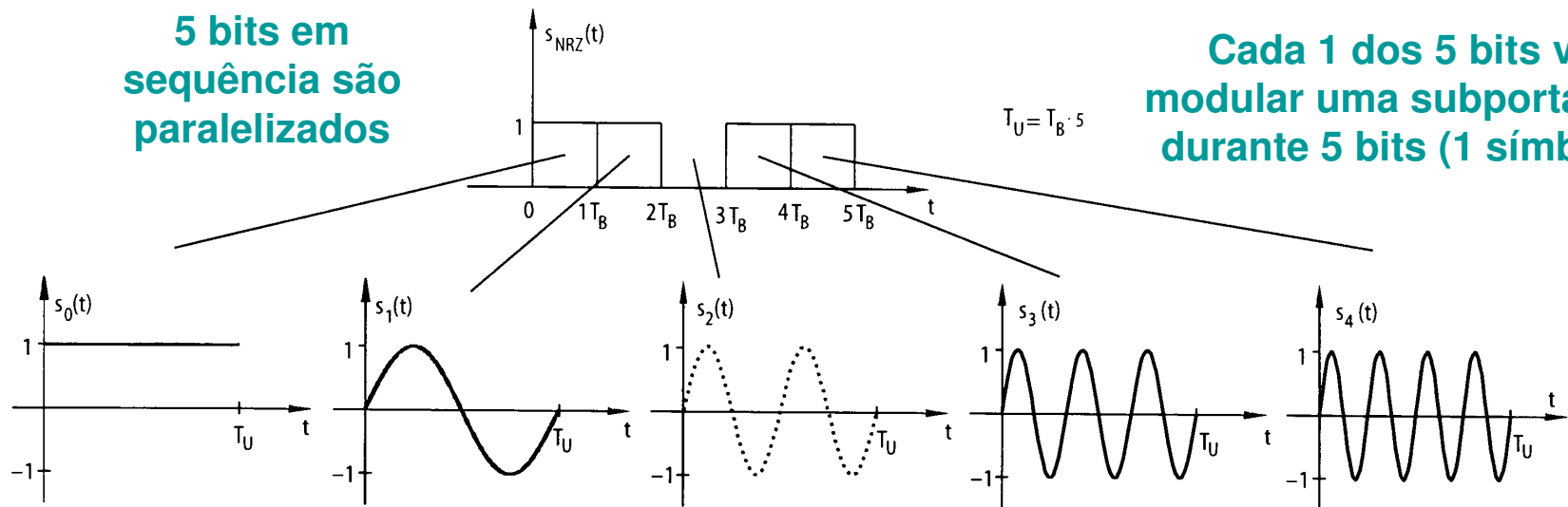
Para subportadoras ortogonais, a modulação multi-portadora corresponde à aplicação da *Inverse Discrete Fourier Transform* (IDFT) às subportadoras em paralelo dando origem à designada **Modulação OFDM**.



OFDM: Exemplo de Funcionamento

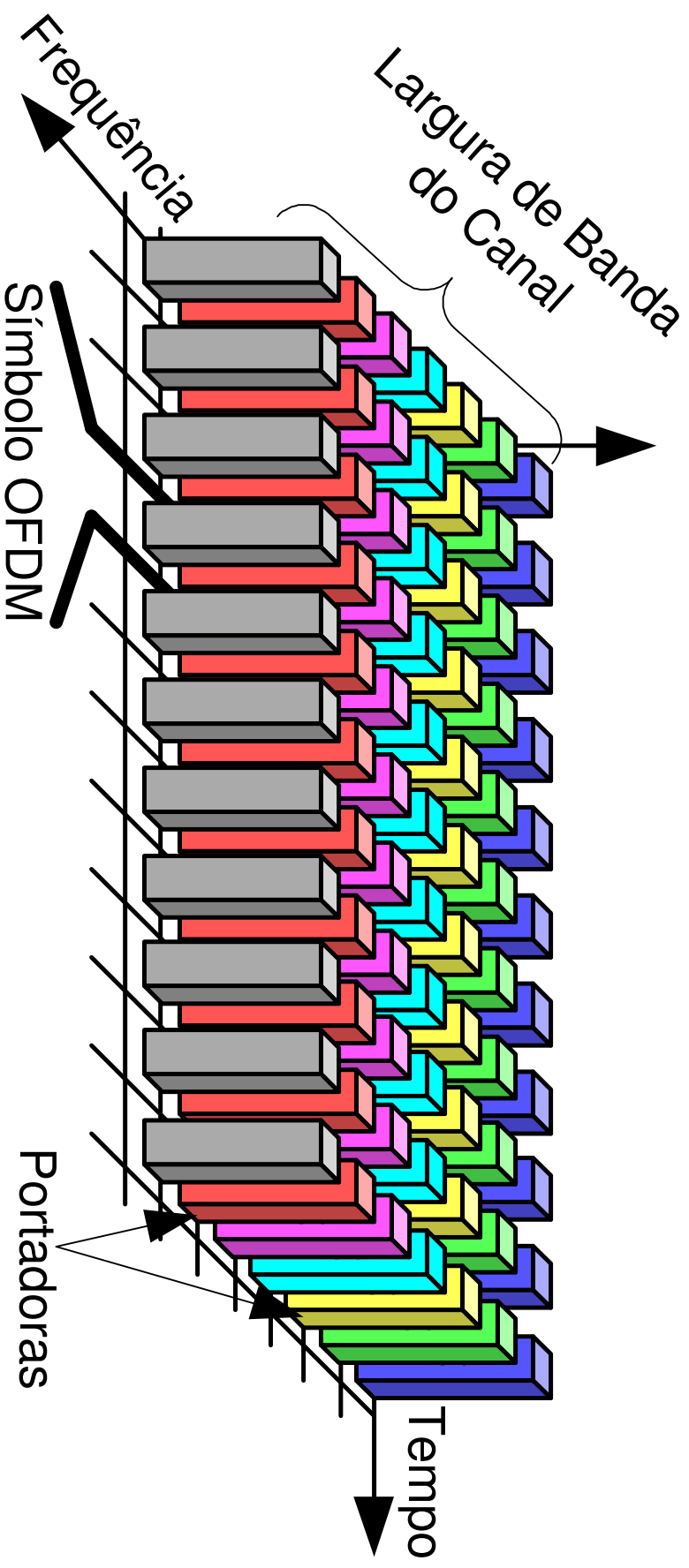
5 bits em
sequência são
paralelizados

Cada 1 dos 5 bits vai
modular uma subportadora
durante 5 bits (1 símbolo)

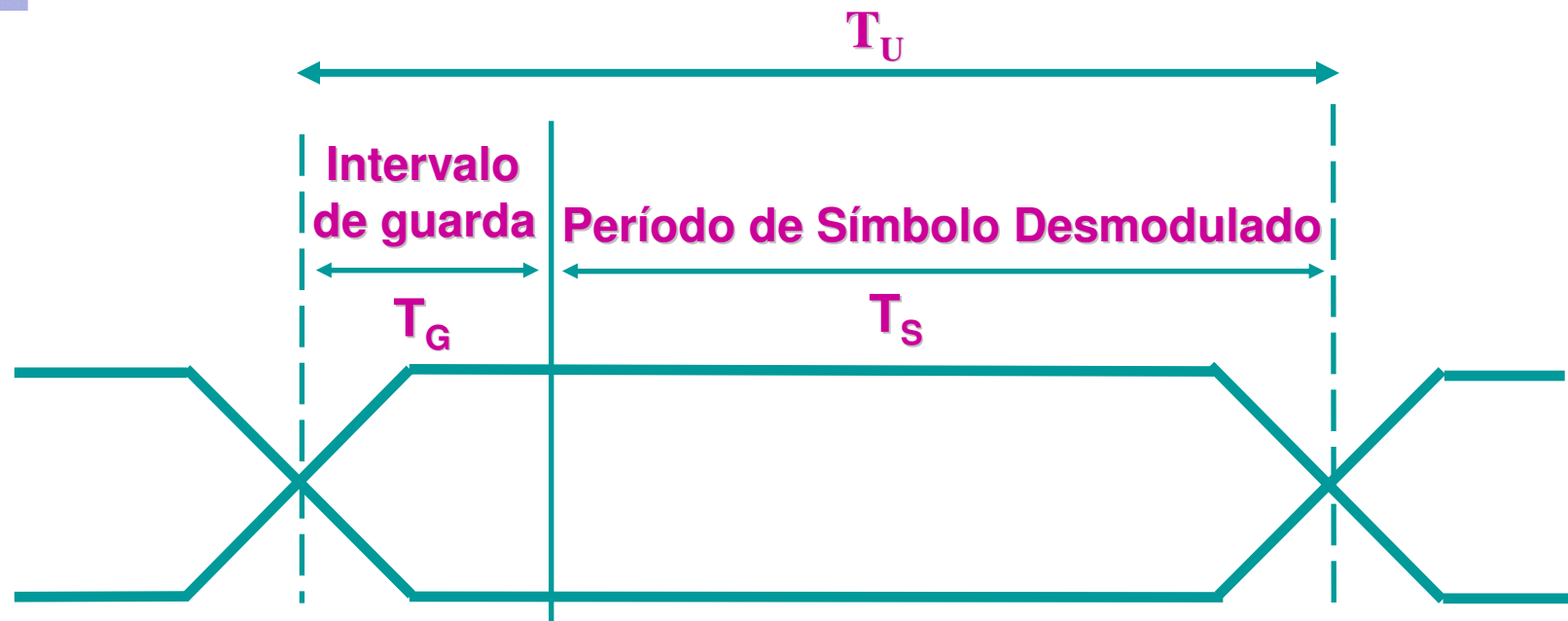


Quanto maior for T_U , menor é o número de
símbolos adjacentes interferentes.

Símbolo OFDM: a União Faz a Força ...



O Intervalo de Guarda



- Permite criar uma ‘zona’ livre de interferências entre símbolos diferentes, recebidos através de múltiplos caminhos.
- A duração do intervalo de guarda tem de ser maior que o maior atraso correspondente aos sinais interferentes.

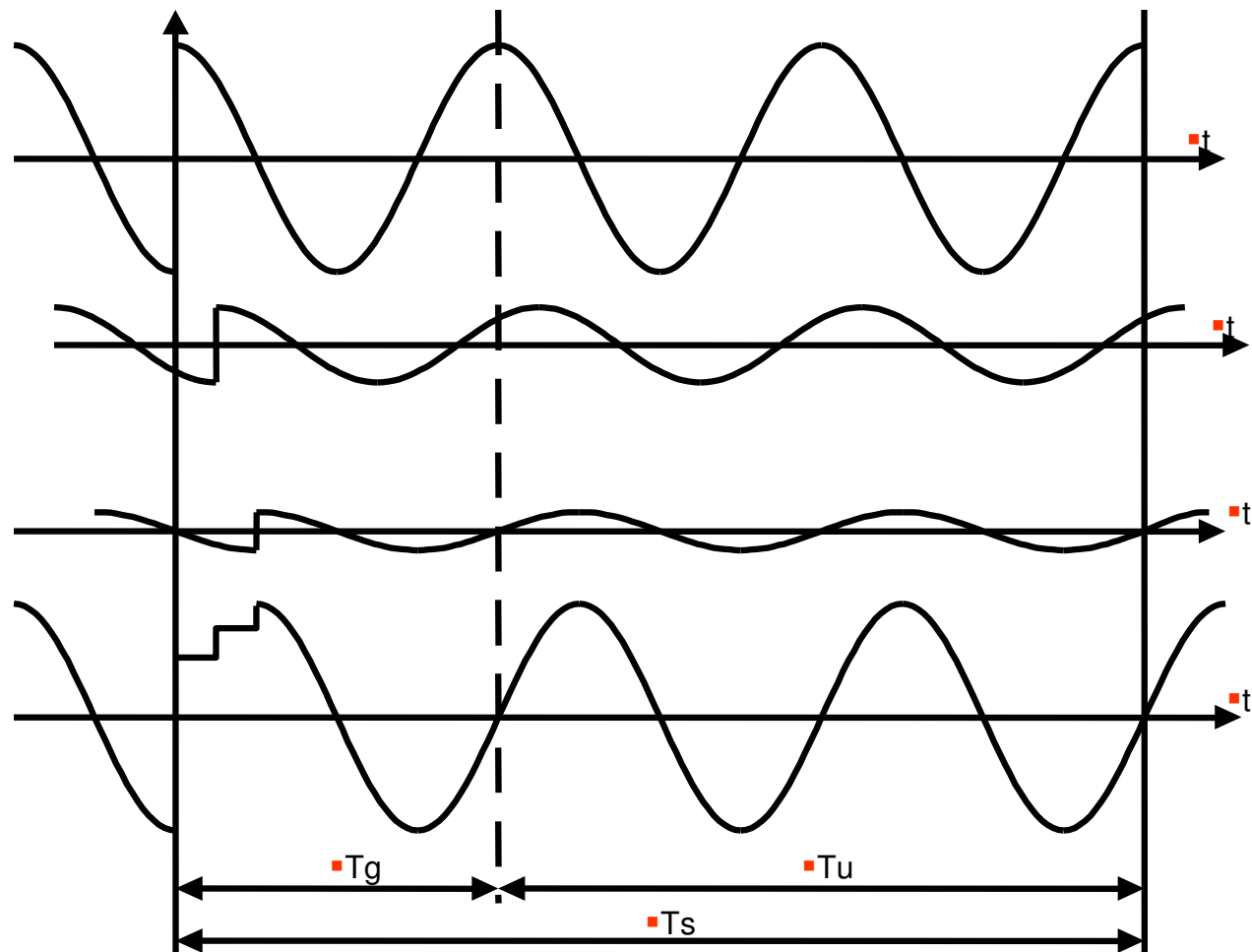
Intervalo de Guarda: Exemplo

Sinal
Principal

Eco 1

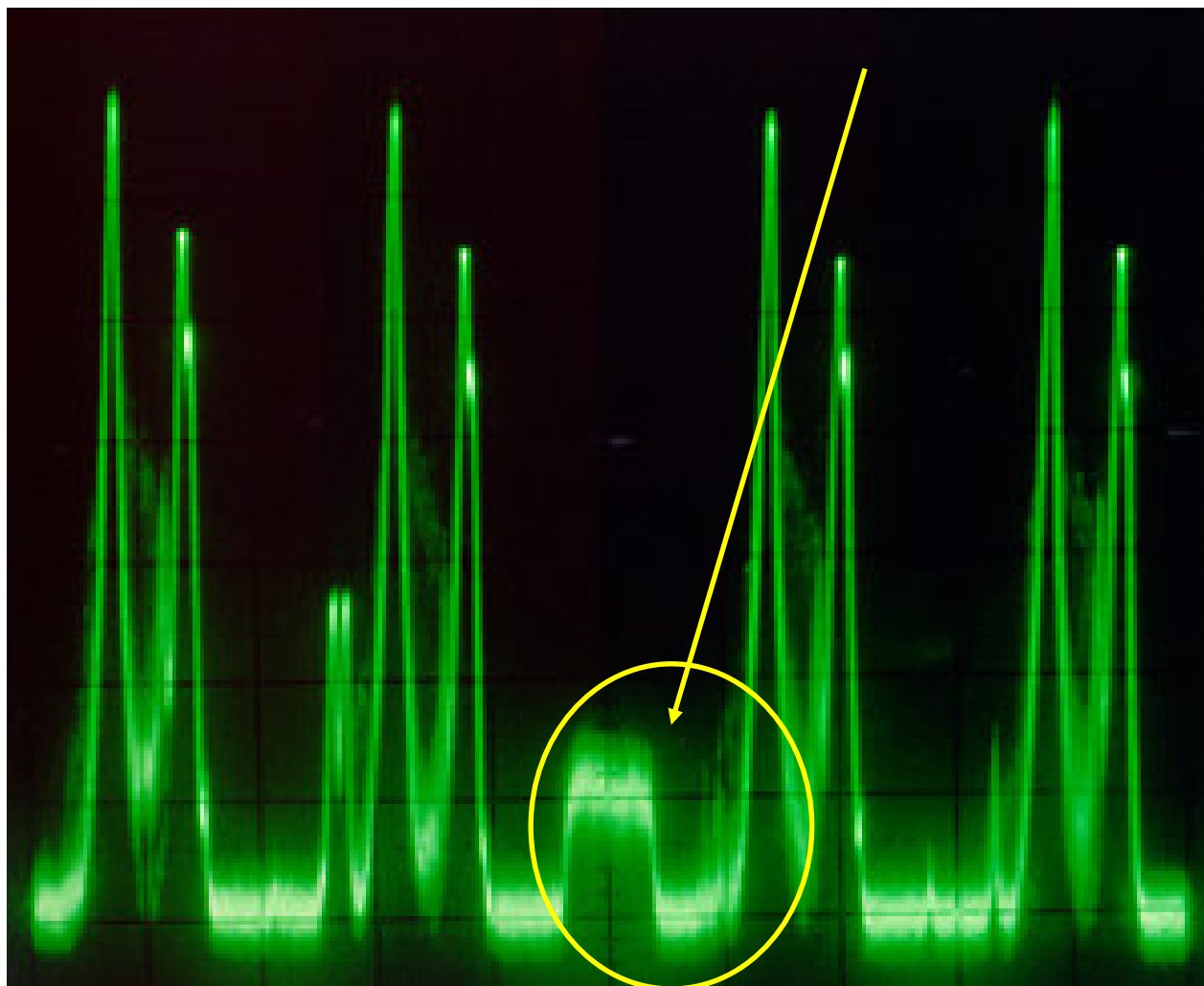
Mesmo sinal vindo
de outro emissor

Sinal
Recebido



Atenuação e atraso do sinal recebido de outro emissor depende das distâncias entre emissores.

Espectro DVB-T entre PAL





As Variantes COFDM (*Coded OFDM*)

O DVB-T define duas variantes para a transmissão dos dados (em canais de 8 MHz):

- **Variante 2K** (1512 subportadoras de sinal e 193 de sincronização) – Indicada para a cobertura de áreas pequenas; menos resistente a interferências, menos complexa; 224 μ s/símbolo; espaço entre subportadoras de 4464 Hz.
- **Variante 8K** (6048 subportadoras de sinal e 769 de sincronização) – Indicada para a cobertura de áreas grandes; mais resistente a interferências, mais complexa; 896 μ s/símbolo; espaço entre subportadoras de 1116 Hz.

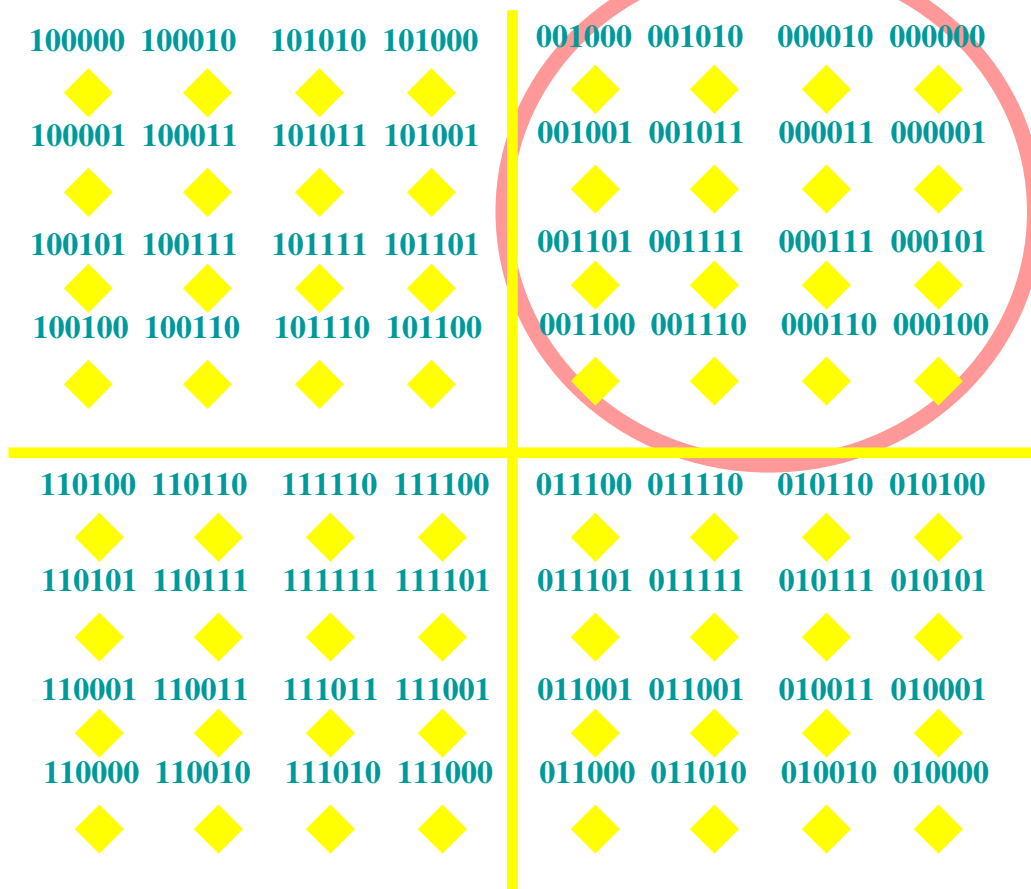
A modulação de cada subportadora pode ser feita com QPSK (2 bits), 16-QAM (4 bits) ou 64-QAM (6 bits), com intervalos de guarda de $T_s/4$, $T_s/8$ ou $T_s/32$ e espaço entre subportadoras extremas de 7.6 MHz (num canal de 8 MHz).

Débito Binário (Mbit/s) versus Modulação para canal de 8 MHz

Modulação	Taxa de código	Comprimento relativo do intervalo de guarda			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4.98	5.53	5.85	6.03
	2/3	6.64	7.37	7.81	8.04
	3/4	7.46	8.29	8.78	9.05
	5/6	8.29	9.22	9.76	10.05
	7/8	8.71	9.68	10.25	10.56
16-QAM	1/2	9.95	11.06	11.71	12.06
	2/3	13.27	14.75	15.61	16.09
	3/4	14.93	16.59	17.56	18.10
	5/6	16.59	18.43	19.52	20.11
	7/8	17.42	19.35	20.49	21.11
64-QAM	1/2	14.93	16.59	17.56	18.10
	2/3	19.91	22.12	23.42	24.13
	3/4	22.39	24.88	26.35	27.14
	5/6	24.88	27.65	29.27	30.16
	7/8	26.13	29.03	30.74	31.67

Modulação Hierárquica

64-QAM (4+2 bit/símbolo)



A modulação hierárquica 64-QAM permite a difusão simultânea de um fluxo mais prioritário (2 bits MSB) em QPSK e outro menos prioritário (4 bits), e.g. para diferentes programas ou diferentes resoluções.

Quando as condições de recepção se degradam, 16 pontos da constelação 64-QAM podem ser usados como um só ponto numa constelação QPSK permitindo receber pelos menos os 2 bits mais significativos.

DVB-T: Excelente Recepção Móvel



Recepção com diversidade espacial, temporal e de frequência ...



DVB-H: TV Portátil

The Couch-Potato Dream



TV Couch-Potatos: uma Raça em Extinção ?



TV Couch-Potatos: uma Raça em Extinção ?





DVB-H: Os Requisitos

- Destina-se a terminais usando baterias e, por isso, o uso da potência disponível deve ser muito eficiente.
- Destinando-se a terminais portáteis, e logo móveis, deve permitir *handover* ou seja a possibilidade de o utente continuar a ver normalmente mesmo ao ‘saltar’ entre células de transmissão (mas o DVB-T também ...).
- Deve oferecer elevada robustez a erros devido aos problemas de multi-percurso e elevado ‘ruído humano’.
- Deve lidar eficazmente com cenários de recepção *indoor*, *outdoor*, pedestre, carros, etc., também com velocidade variável, optimizando simultaneamente a cobertura de transmissão.
- Deve poder ser usado em várias partes do mundo, com flexibilidade em termos de banda de transmissão e largura de banda.
- Deve basear-se no DVB-T de forma a maximizar a compatibilidade com as redes e terminais DVB-T já existentes.

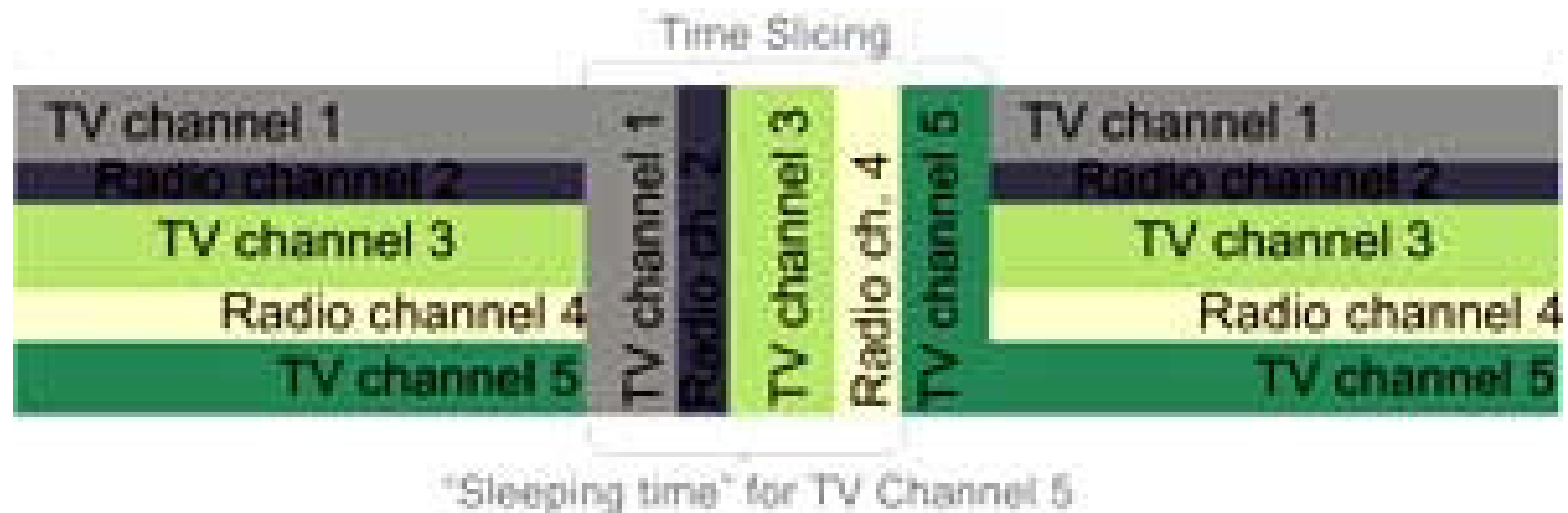


DVB-H versus DVB-T

- O DVB-H baseia-se fortemente no DVB-T. As principais novidades técnicas no DVB-H face ao DVB-T são:
- Fatiamento temporal (*time slicing*) que é obrigatório.
- Codificação de canal adicional - *Reed Solomon (255, 191)* - que é opcional.
- Dados DVB-H consistem em datagramas IP ou seja pacotes de dados quando se utiliza IP (*Internet protocol*).
- Modo 4K em complemento aos modos 2K e 8K do DVB-T.
- Face aos mais baixos débitos e tamanho dos ecrãs, a codificação de vídeo será H.264/MPEG-4 AVC.

O nível físico DVB-T não é alterado. DVB-H é *backward compatible* com o DVB-T ou seja um terminal DVB-T pode receber uma emissão DVB-H (ao nível físico).

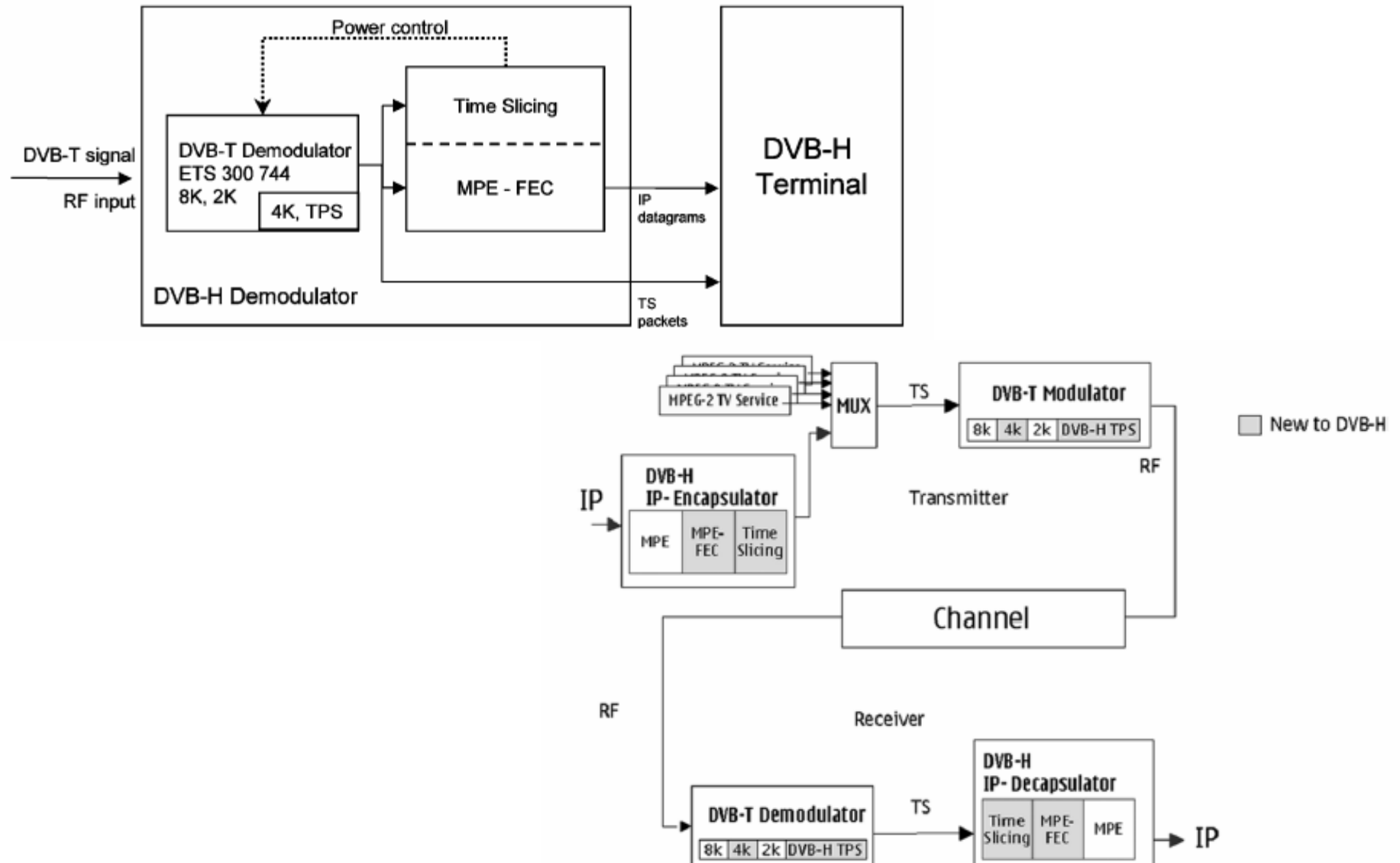
DVB-H: Fatiamento Temporal



Fatiamento temporal (*time slicing*) – O fatiamento temporal (obrigatório) consiste em organizar a transmissão dos dados em ‘rajadas temporais’ o que permite aos terminais ‘adormecer’ em termos de recepção no tempo entre ‘rajadas’ de dados. Por exemplo, para 10 canais em DVB-H, esta solução corresponde a uma poupança de bateria de quase 90% (é preciso tempo para ‘acordar’).



Arquitectura DVB-H





Acesso Condicionado



Acesso Condicionado

- **O acesso condicionado, e logo o acesso a pagamento, é essencial para o lançamento de serviços de televisão digital.**
- **A necessidade de garantir acesso condicionado pode ter a ver com:**
 - **Garantir pagamento dos utentes que pretendem aceder a determinado serviço ou programa**
 - **Restringir o acesso a uma determinada área geográfica devido a limitações de direitos (o receptor deverá ter um GPS incorporado)**
 - **Facilitar controlo parental**
- **O sistema de acesso condicionado ‘filtra’ o acesso dos utilizadores a um determinado serviço ou programa mediante a verificação de determinados requisitos, e.g.**
 - **Identificação, Autenticação, Autorização, Registo, Pagamento**
- **Várias formas de negócio deverão ser permitidas:**
 - **Subscrição convencional, *Pay Per View* (PPV), *Near Video on Demand* (VOD), ...**

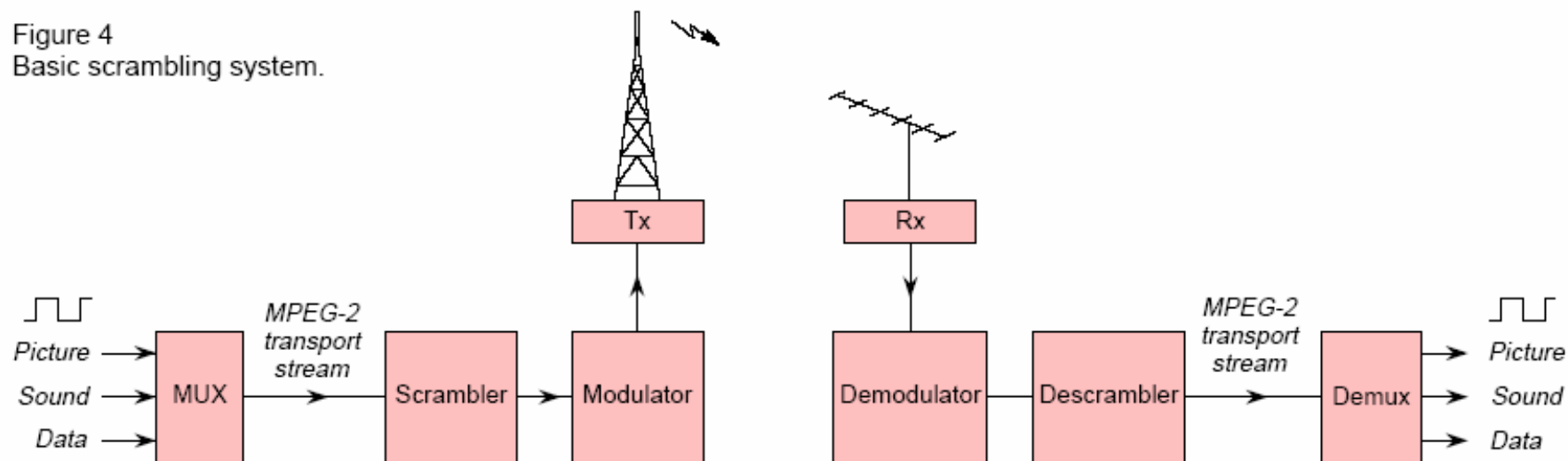


Tecnologias de Acesso Condicionado

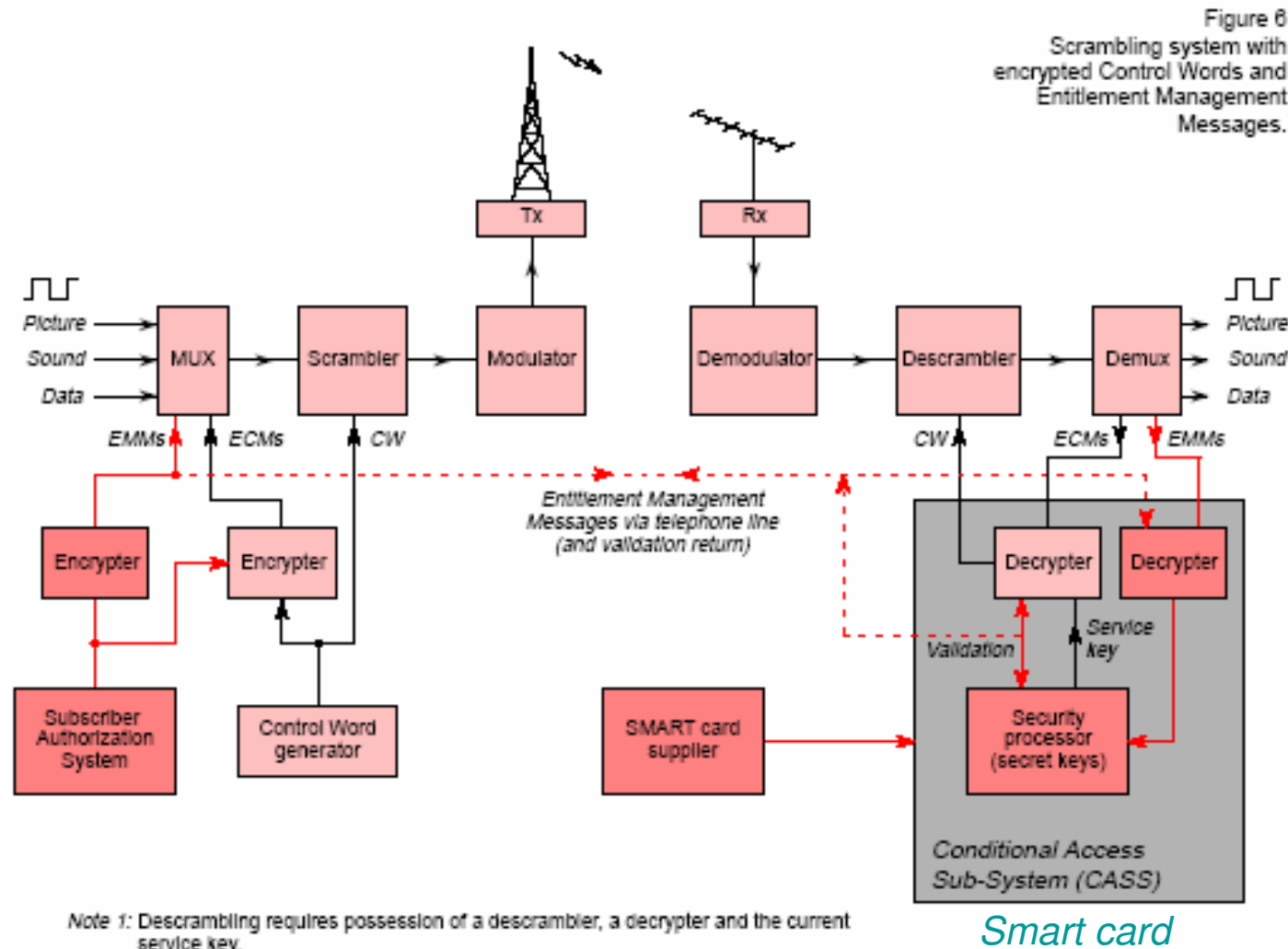
- Para evitar que utilizadores não autorizados possam aceder a um dado serviço, um sistema de acesso condicionado envolve uma combinação:
 - *Scrambling* – Processo de ‘baralhação’ que torna o áudio e o vídeo ininteligíveis
 - *Encryption* – Processo de protecção das chaves secretas que têm de ser transmitidas para permitir ao receptor fazer o *descrambling* dos sinais
 - *Subscriber Management System* – Assegura que os utentes com direito ao acesso a determinado serviço/programa são capazes de fazer o *descrambling*
- Factores a considerar na escolha do método de acesso condicionado:
 - Robusto a ataques Evitar a necessidade de vários descodificadores
 - Custo versus complexidade Segurança do algoritmo de cifra
- As *set-top boxes* incorporam o *hardware* e o *software* necessários para seleccionar, receber, descifrar e fazer o *descrambling*.

Solução Básica de Acesso Condicionado

Figure 4
Basic scrambling system.



**O DVB define um algoritmo comum de *scrambling* –
Common Scrambling Algorithm (CSA).**



- **EMM – Chave encriptada que ‘autoriza’ o processo de *descrambling* aos utentes para tal equipados’.**
- **ECM – Chave encriptada que permite fazer o *descrambling* (com a chave de serviço que resulta da EMM); é actualizada em cada 2-10 s.**

- ***ECM – Entitlement Control Message***
- ***EMM – Entitlement Management Message***

DVB Common Interface entre o integrated receiver-decoder (IRD) e o sistema de acesso condicionado

Nota: nesta interface não passa informação secreta e o CA pode ser qualquer.

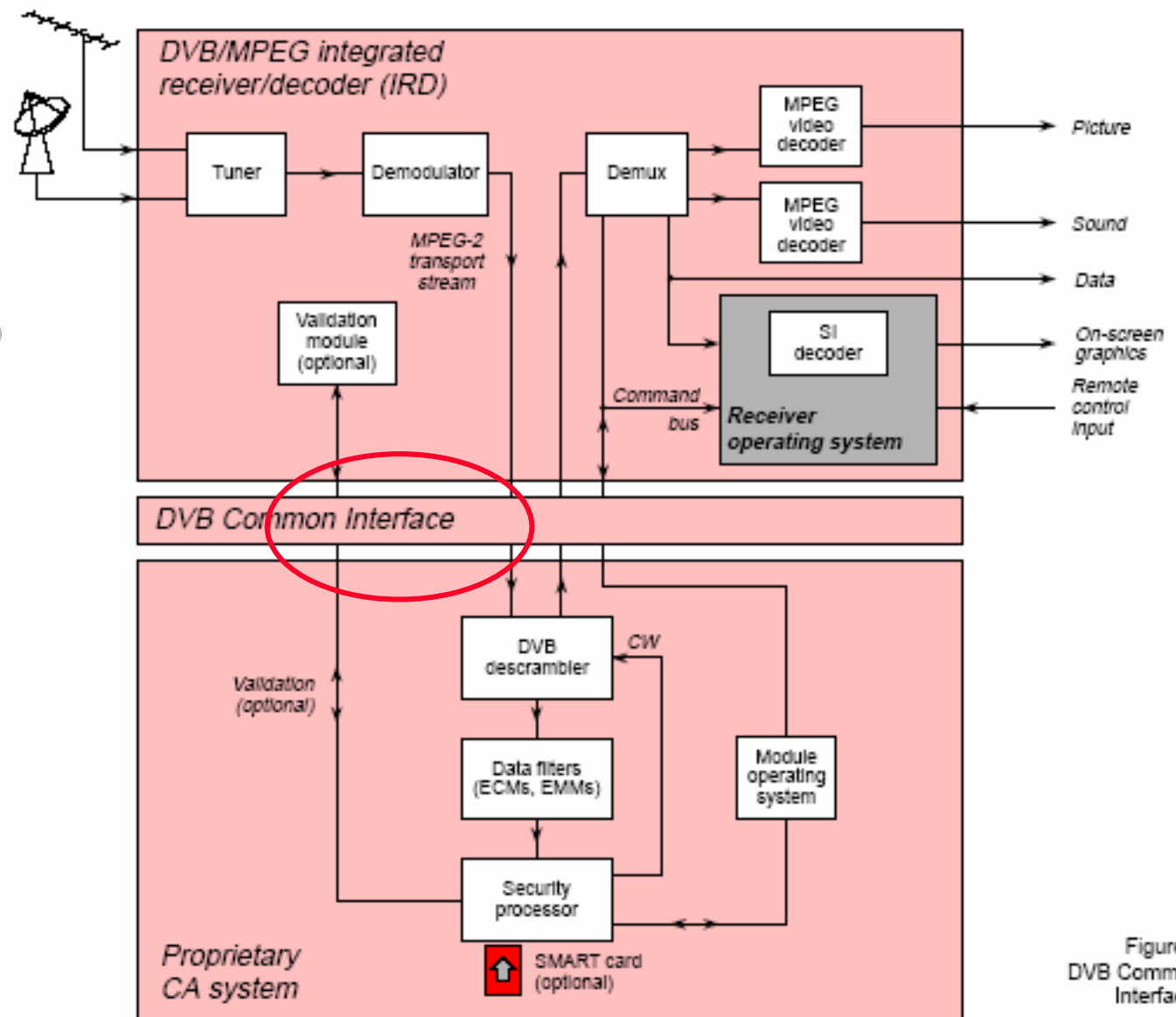


Figure 8
DVB Common Interface.

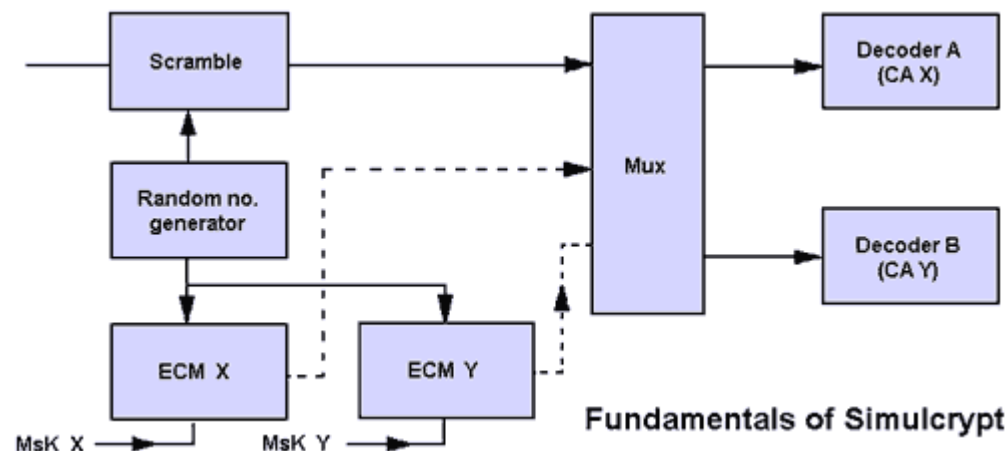


Acesso Condicionado no DVB

- O sistema de acesso condicionado não é completamente especificado pelo DVB, ficando ao cuidado dos operadores as escolhas técnicas para alguns dos módulos.
- A informação de acesso condicionado é transmitida através da CAT e de pacotes de dados privados indicados pela PMT.
- O DVB define um algoritmo comum de *scrambling* – *Common Scrambling Algorithm (CSA)*.
- Para evitar que um utilizador que pretenda aceder a programas com diferentes sistemas de acesso condicionado tenha de possuir várias *set-top boxes*, o DVB prevê duas soluções distintas para acesso condicionado:
 - *Simulcrypt*
 - *Multicrypt*



Simulcrypt



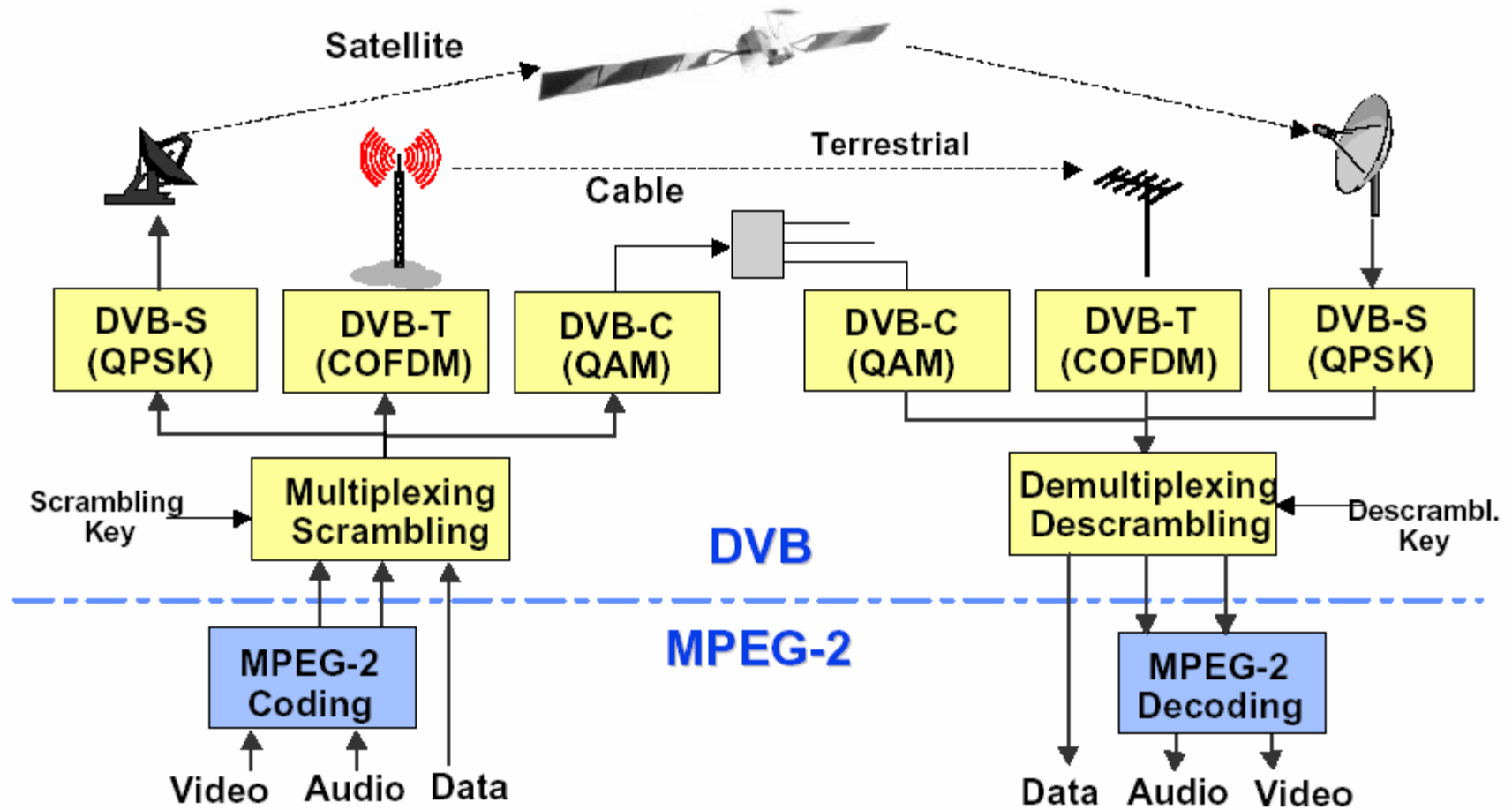
- Mecanismo que permite que um único *transport stream* contenha informação de áudio e vídeo que é usada por vários sistemas de acesso condicionado.
- Requer um acordo entre os vários operadores que usam diferentes sistemas de acesso condicionado mas o mesmo algoritmo de *scrambling*, e.g. DVB CSA.
- Permite que populações usando diferentes sistemas de acesso condicionado possam visualizar os mesmos dados dos mesmos canais, eventualmente usando um único *smart card*.
- Permite o acesso a um dado programa ou serviço através de qualquer dos sistemas de acesso condicionado que façam parte do acordo.



Multicrypt

- **Funções necessárias ao acesso condicionado e à descifragem estão contidas num módulo separável (PCMCIA) que recebe o *transport stream* MPEG-2 através de uma interface comum (DVB-CI).**
- **Cada *set-top box* pode conter mais do que um *slot* DVB-CI de modo a permitir a ligação de vários módulos de acesso condicionado, p.e. *smart cards*.**
- **Esta solução tem a vantagem de não exigir acordos entre os diferentes operadores de rede mas é mais complexa e cara; por exemplo, o mesmo programa será transmitido várias vezes com diferentes *scramblings*.**
- **Exige que o utente escolha manualmente o sistema de acesso condicionado a usar, p.e. através do uso de diferentes *smart cards*.**

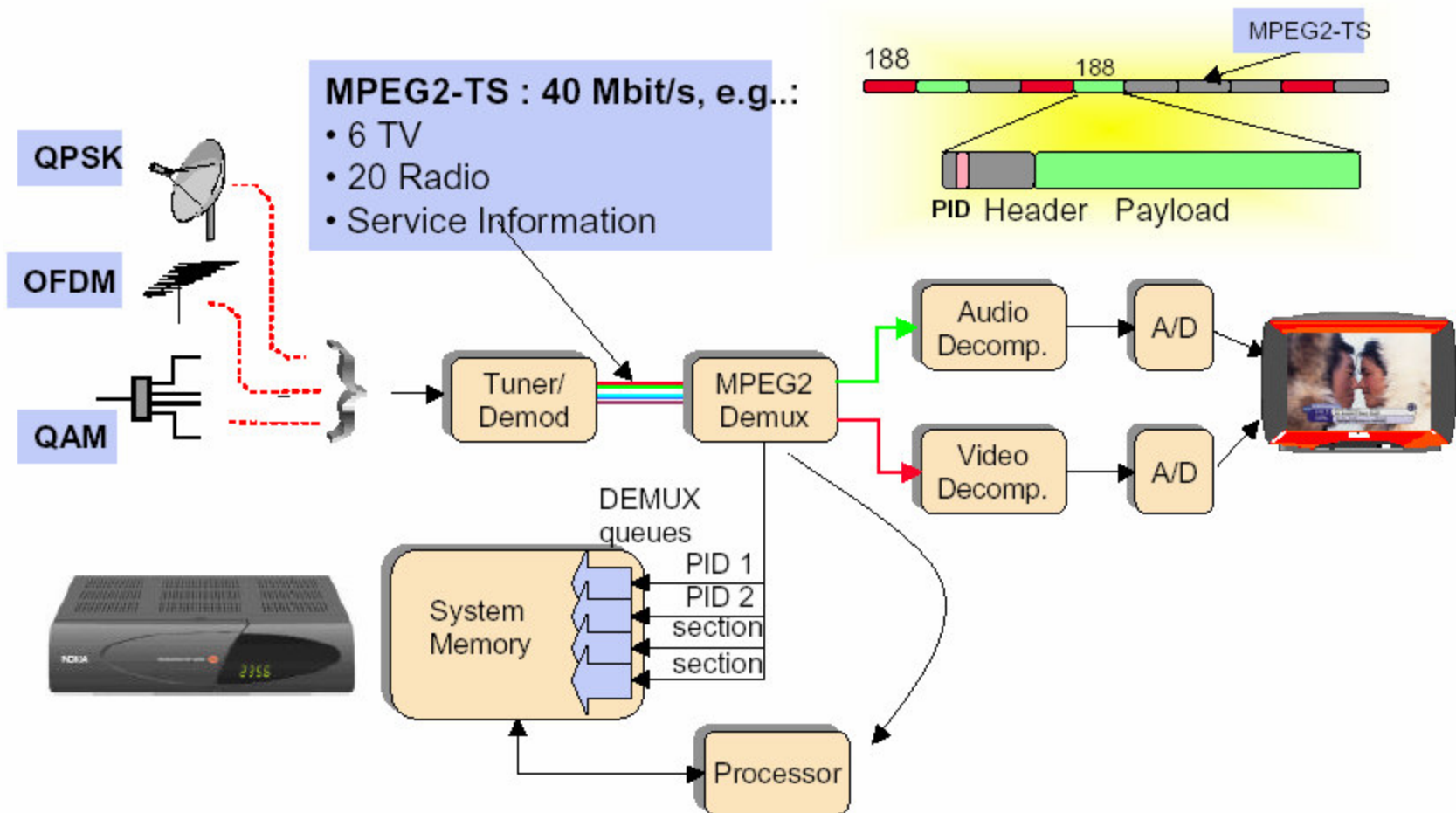
Sistemas DVB





Terminais DVB

O que Faz a *Set-top Box* ?





DVB Integrated Receiver-Decoders (IRDs)

Os IRDs DVB são classificados segundo 5 dimensões:

- **“25 Hz” ou “30 Hz”** consoante usam frequências de imagem de 25 Hz ou 30000/1001 Hz (aproximadamente 29,97 Hz); poderão também existir IRDs *dual-standard* ou seja com a capacidade de usar 25 Hz e 30 Hz.
- **“SDTV” or “HDTV”** consoante estão limitados ou não a decodificar imagens com resolução convencional (ITU-R 601); as capacidades de um IRS SDTV são um sub-conjunto das capacidades de um IRD HDTV.
- **“With digital interface” ou “Baseline”** consoante podem ser usados para gravação de forma semelhante a um VCR (*Video Cassete Recorder*); as capacidades de um *IRD Baseline* são um sub-conjunto das capacidades de um IRD com interface digital.
- **“MPEG-2 Vídeo” ou “H.264/AVC”** consoante usam um ou o outro formato de codificação de vídeo.
- **Formato de codificação áudio, vários, e.g. MPEG-1/2 (camadas 1 e 2), Dolby AC-3, MPEG-4 HE AAC recentemente**

Exemplos de IRDs DVB

- Para caracterizar completamente um IRD DVB, todas as 5 dimensões devem ser indicadas, por exemplo:
- 25 Hz SDTV Baseline IRD MPEG-2 video, MPEG-1 Layer 2 audio, para um IRD capaz de decodificar vídeo 720×576 entrelaçado a 25 Hz
- 30 Hz HDTV Baseline IRD H.264/AVC video, HE AAC Level 4 audio para um IRD capaz de decodificar vídeo até 1920×1080 entrelaçado a 30 Hz ou vídeo 1280×720 progressivo a 60 Hz



Acerca dos IRDs DVB



- Nos sistemas DVB, o formato de vídeo na aquisição, codificação e *display* não tem de ser o mesmo; p.e. o formato de aquisição pode ser HDTV, com a codificação feita em SDVT usando o MPEG-2 Vídeo MP@ML e o display em HDVT depois de *upsampling*.
- Um *Transport Stream DVB* pode conter programas destinados a diferentes tipos de IRDs, por exemplo SDTV e HDTV.
- A especificação de um conjunto de características básicas para os vários tipos de IRDs não proíbe os fabricantes de IRDs de incluir capacidades adicionais que possam melhorar o desempenho final, p.e. filtros.



Vídeo no DVB

- **MPEG-2 Main Profile @ Main Level é usado para codificar SDTV com MPEG-2 Vídeo**
- **MPEG-2 Main Profile @ High Level é usado para codificar HDTV com MPEG-2 Vídeo**
- **H.264/AVC Main Profile @ Level 3 é usado para codificar SDTV com H.264/AVC**
- **H.264/AVC High Profile @ Level 4 é usado para codificar HDTV com H.264/AVC**
- **Os IRDs 25 Hz MPEG-2 SDTV e os IRDs 25 Hz H.264/AVC SDTV IRD usam ambos 25 Hz**
- **Os IRDs 25 Hz MPEG-2 HDTV e os IRDs 25 Hz H.264/AVC HDTV usam 25 Hz e 50 Hz**



Áudio no DVB

- Os formatos áudio são *MPEG-1 Layer I*, *MPEG-1 Layer II* ou *MPEG-2 Layer II backward compatible*.
- As frequências de amostragem são 32 kHz, 44,1 kHz e 48 kHz.
- Os IRDs podem opcionalmente descodificar áudio multi-canal *MPEG-2 Layer II backwards compatible*.
- O uso do *Layer II* é recomendado quando se usa MPEG-1 Áudio.
- O uso de fluxos codificados com *MPEG-4 High Efficiency AAC* (HE AAC) é opcional e os IRDs poderão opcionalmente descodificá-los ou não.



Comentários Finais

- Solução DVB é reconhecida como uma das melhores, nomeadamente para recepção móvel e portátil.
- Vários milhões de *set-top boxes* MPEG-2 já vendidas, especialmente nos EUA, p.e. DirectTV, e mais recentemente na Europa.
- Na Europa (DVB) e EUA (ATSC), decidiu-se usar as normas MPEG-2 Vídeo e Sistemas para a difusão terrestre/cabo/satélite de televisão (infelizmente com ligeiríssimas diferenças). O DVB usa também o MPEG-2 Áudio (mas no ATSC usa-se Dolby AC-3).
- *Digital Video Disc* (DVD) adoptou MPEG-2.

**O futuro da TV digital passa, sem dúvida, pela norma MPEG-2 ...
mas outras soluções estão a emergir rapidamente, p.e.
H.264/MPEG-4 AVC !**



Bibliografia

- ***Digital Television: MPEG-1, MPEG-2 and principles of the DVB system*, H. Benoit, Arnold, 1997**
- ***Digital Video Broadcasting*, Ulrich Reimers, Springer Verlag, 2001**
- ***Digital Video: an Introduction to MPEG-2*, B.Haskell, A. Puri, A. Netravali, Chapman & Hall, 1997**
- ***Digital Video Broadcasting* , R. de Bruin, J. Smits, Artech House, 1998**