

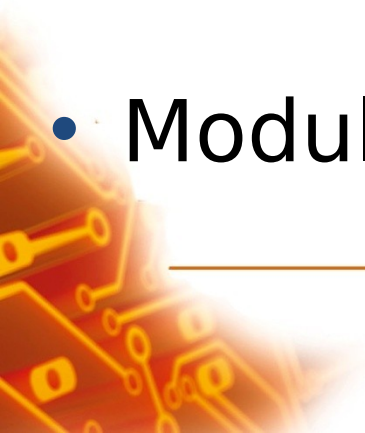
COMUNICAÇÃO DE DADOS

Introdução à Comunicação Eletrônica



TÓPICOS

- O Significado da Comunicação Humana;
 - Sistemas de Comunicação;
 - Tipos de Comunicação Eletrônica;
 - Modulação e Multiplexação;
-



TÓPICOS

- O Espectro Eletromagnético;
- Largura de Banda;
- Um Panorama de Aplicações nas Redes de Computadores.



SIGNIFICADO DA COMUNICAÇÃO HUMANA

- A comunicação consiste no processo de troca de informação.
- As barreiras principais são a linguagem e a distância.
- Atualmente, a ênfase da sociedade contemporânea é o acúmulo, o acondicionamento e o domínio dos meios e métodos para troca de informação.

SIGNIFICADO DA COMUNICAÇÃO HUMANA

- Métodos de comunicação:
 - 1.Frente a frente;
 - 2.Sinais;
 - 3.Palavras escritas (cartas);
 - 4.Inovações elétricas
 - Telégrafo;
 - Telefone;
 - Rádio;
 - Televisão;
 - Internet (rede de computadores).

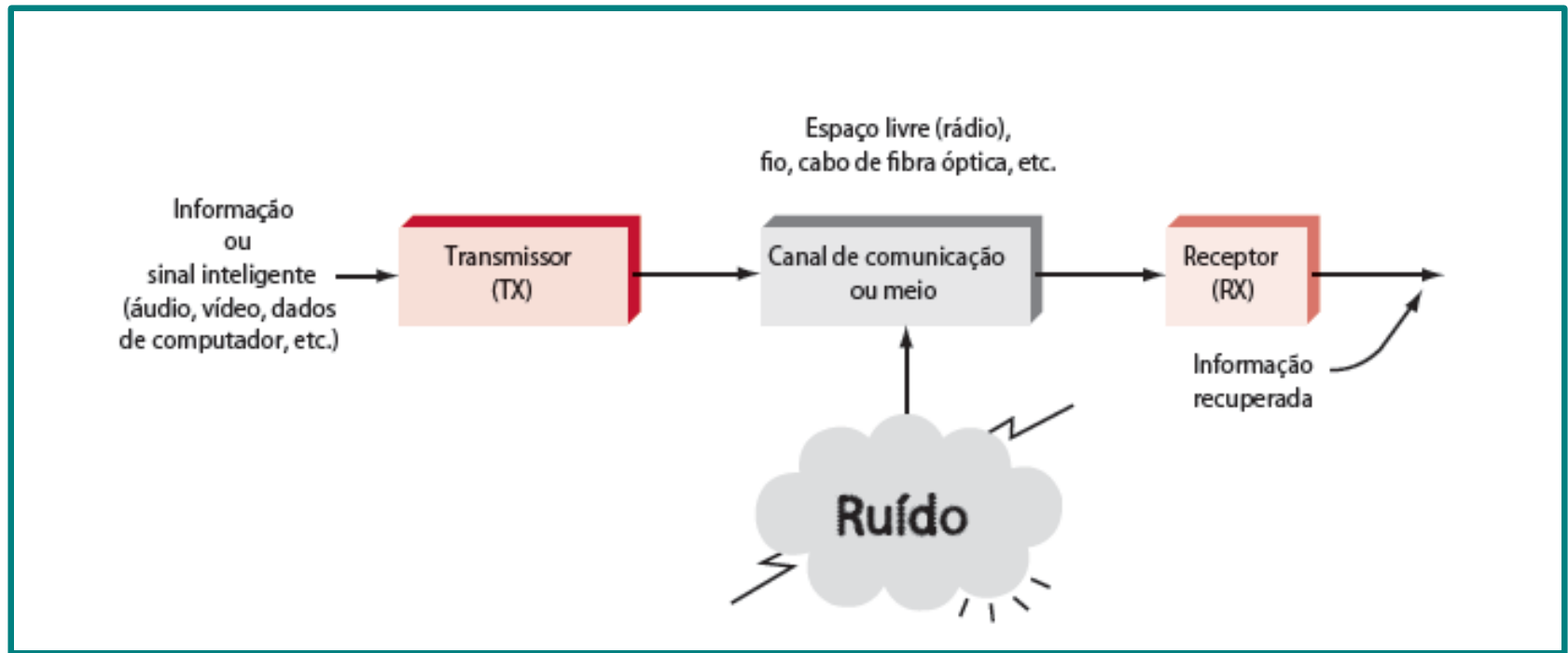
Quando?	Quem ou onde?	O quê?
1837	Samuel Morse	Invenção do telégrafo (patenteado em 1844).
1843	Alexander Bain	Invenção do fac-símile (ou fax).
1866	Estados Unidos e Inglaterra	O primeiro cabo telegráfico transatlântico previsto.
1876	Alexander Bell	Invenção do telefone.
1877	Thomas Edison	Invenção do fonógrafo.
1879	George Eastman	Invenção da fotografia.
1887	Heinrich Hertz (alemão)	Descoberta das ondas de rádio.
1887	Guglielmo Marconi (italiano)	Demonstração das comunicações sem fio (<i>wireless</i>) por ondas de rádio.
1901	Marconi (italiano)	Primeiro contato transatlântico feito via rádio.
1903	John Fleming	Invenção do retificador de dois eletrodos de tubo a vácuo (válvula termiônica).
1906	Reginald Fessenden	Invenção da modulação em amplitude; primeira comunicação eletrônica de voz demonstrada.
1906	Lee de Forest	Invenção da válvula de três eletrodos (triódo).
1914	Hiram P. Maxim	Fundação da liga americana de radioamadores (<i>American Radio Relay League</i> – ARRL), a primeira organização de radioamadores.
1920	KDKA Pittsburg	Primeira transmissão de rádio.
1923	Vladimir Zworykin	Invenção e demonstração da televisão.
1933-1939	Edwin Armstrong	Invenção do receptor super-heterodino e da modulação de frequência.
1939	Estados Unidos	Primeiro uso de uma comunicação bidirecional (<i>walkie-talkies</i>).
1940-1945	Britain, Estados Unidos	Invenção e aperfeiçoamento do radar (Segunda Guerra Mundial).
1948	John von Neumann e outros	Criação do primeiro programa armazenado em um computador digital eletrônico.
1948	Laboratórios Bell	Invenção do transistor.
1953	RCA/NBC	Primeira transmissão de TV a cores.
1958-1959	Jack Kilby (Texas Instruments) e Robert Noyce (Fairchild)	Invenção do circuito integrado.
1958-1962	Estados Unidos	Primeiro satélite de comunicação testado.
1961	Estados Unidos	Primeiro uso da faixa de rádio do cidadão.
1975	Estados Unidos	Primeiros computadores pessoais.
1977	Estados Unidos	Primeira utilização de um cabo de fibra óptica.
1983	Estados Unidos	Redes de telefonia móvel.
1990s	Estados Unidos	Adoção e crescimento das redes de computadores, incluindo redes locais (LANs – Local Area Networks). Sistema de posicionamento global (GPS – Global Positioning System) por satélite para navegação. A Internet e a World Wide Web (rede de computadores interligados pela linha telefônica no mundo inteiro).
2000-presente	Global	Terceira geração de telefones celulares digitais, redes locais sem fio, transmissão de rádio digital e comunicação por fibra óptica de 40 Gbps.

SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO

- Canal de Comunicação - Componentes básicos:
 - Transmissor;
 - Canal ou meio;
 - Receptor.
- O **ruído** degrada ou interfere na informação transmitida.



SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO



Modelo Geral de um Canal de Comunicação.

SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO

Transmissor

- O **transmissor** é uma coleção de componentes eletrônicos e circuitos que converte o sinal elétrico em um sinal apropriado para a transmissão através de um certo meio.
- Transmissores são feitos de osciladores, amplificadores, circuitos sintonizados e filtros, moduladores, misturadores de frequência, sintetizadores de frequência e outros circuitos.

SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO

Meio de Comunicação

- O **meio de comunicação** é a via através da qual o sinal eletromagnético é enviado de um lugar para outro.
- Os tipos de meios incluem:
 - Condutores elétricos;
 - Meios ópticos;
 - Espaço livre;
 - Meios específicos para o sistema (por exemplo, a água é o meio para o sonar).

SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO

Receptores

- Um **receptor** é uma coleção de componentes eletrônicos e circuitos que recebe a mensagem transmitida pelo canal e a converte de volta em uma forma compreensível por humanos.
- Receptores contêm amplificadores, osciladores, circuitos sintonizados e filtros e um **demodulador**, ou detector, que recupera o sinal da informação original a partir da portadora modulada.



SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO

Transceptores

- Um **transceptor** é uma unidade eletro-eletrônica composta por circuitos que tanto enviam quanto recebem sinais.
- Exemplos:
 - Telefones;
 - Máquinas de fax;
 - Rádios portáteis para a faixa do cidadão;
 - Telefones celulares;
 - Modems de computadores.



SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO

Atenuação

- A **atenuação** do sinal, ou degradação, existe em todos os meios de transmissão sem fio. É proporcional ao quadrado da distância entre o transmissor e o receptor.



SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO

Ruído

- O **ruído** é uma energia aleatória e indesejável que entra no sistema de comunicação através do meio de comunicação e interfere com a mensagem transmitida.



TIPOS DE COMUNICAÇÃO ELETRÔNICA

- As comunicações eletrônicas são classificadas de duas formas:

1) Transmissões Unidirecionais (*simplex*) **OU** Bidirecionais (*full duplex* ou *half duplex*);

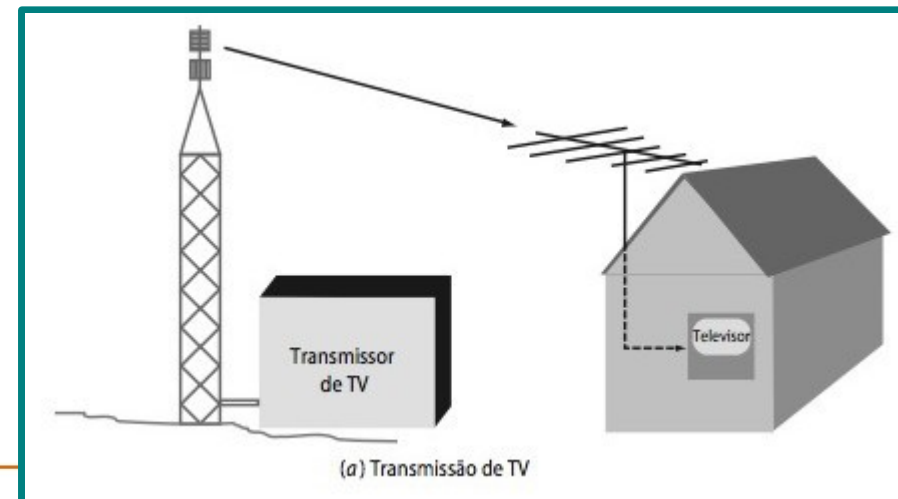
2) Sinais Analógicos **OU** Digitais.



TIPOS DE COMUNICAÇÃO ELETRÔNICA

Simplex

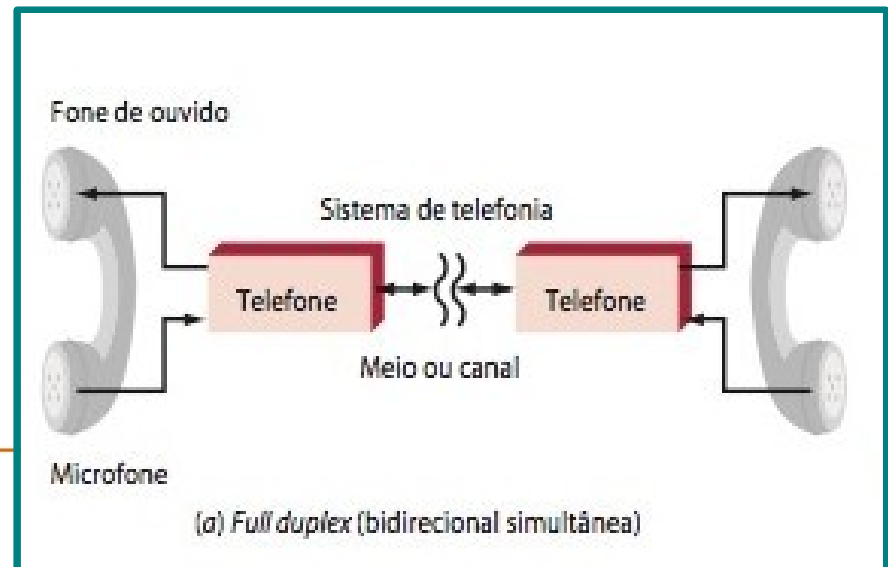
- Consiste no método mais simples de comunicação eletrônica.
- Esse tipo de comunicação é unidirecional.
- Exemplos:
 - Rádio;
 - TV analógica.



TIPOS DE COMUNICAÇÃO ELETRÔNICA

Full Duplex

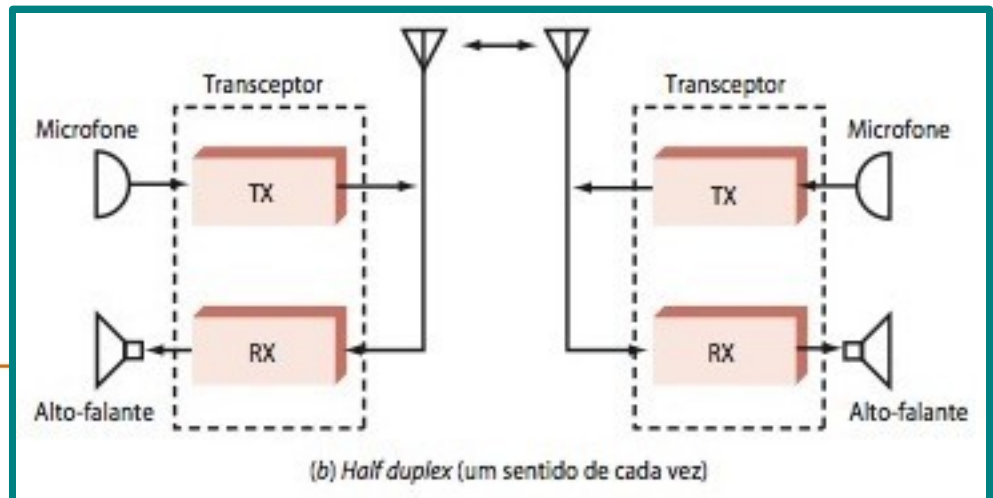
- A maior parte da comunicação eletrônica é bidirecional e é chamada de duplex
- Quando as pessoas podem falar e ouvir simultaneamente, chama-se *full duplex*. O telefone é um exemplo desse tipo de comunicação.



TIPOS DE COMUNICAÇÃO ELETRÔNICA

Half Duplex

- A forma de comunicação bidirecional na qual apenas um lado transmite de cada vez é conhecido como *half duplex*.
- Exemplos:
 - Transmissões de rádio da polícia, uso militar;
 - Faixa do cidadão (CB – *citizen band*);
 - Rádio FRS (*family radio service*);
 - Rádio amador.



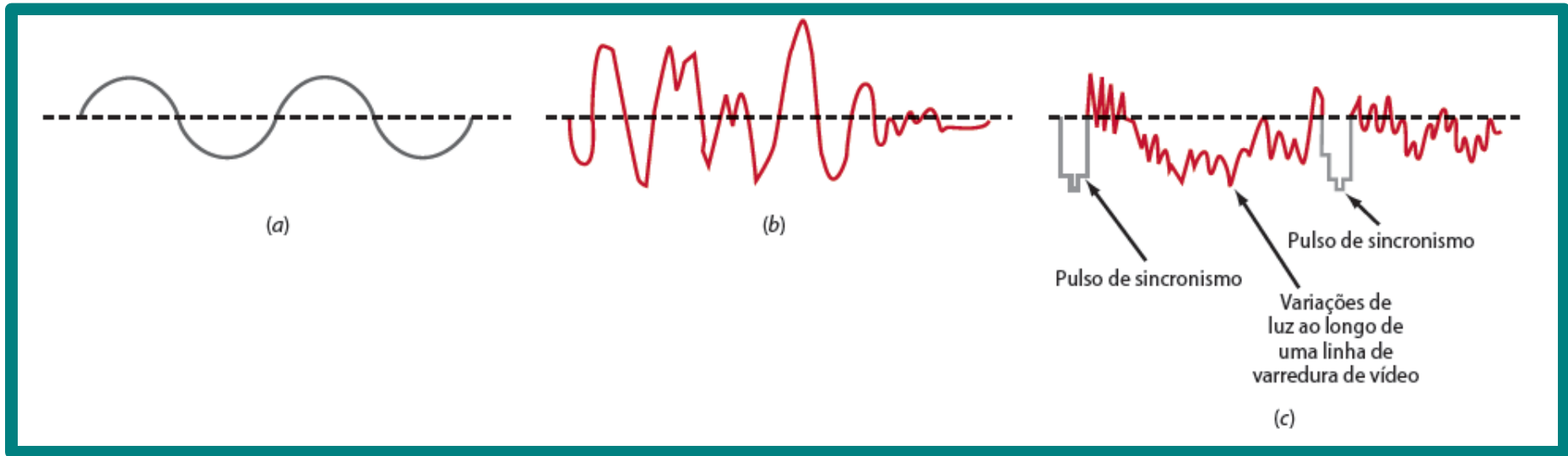
TIPOS DE COMUNICAÇÃO ELETRÔNICA

Sinais Analógicos

- Um **sinal analógico** é uma tensão ou corrente que varia de forma suave e contínua.
- Exemplos:
 - Onda senoidal;
 - Voz;
 - Vídeo RCA.



TIPOS DE COMUNICAÇÃO ELETRÔNICA



Sinais Analógicos:

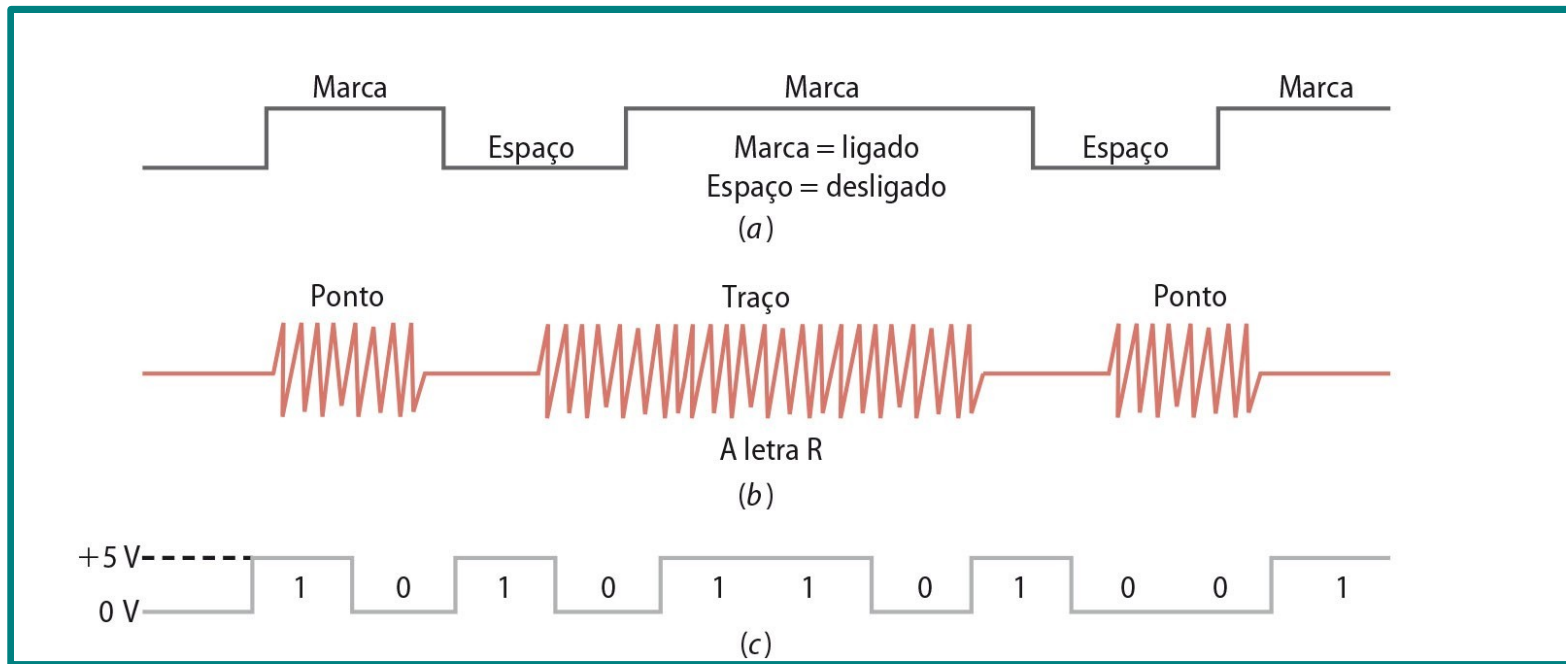
- (a) Onda senoidal, “tom”;
- (b) Voz humana;
- (c) Sinal de vídeo (TV).

TIPOS DE COMUNICAÇÃO ELETRÔNICA

Sinais Digitais

- Sinais digitais variam em degraus ou em incrementos discretos.
 - A maioria dos sinais digitais usa códigos binários, ou de dois estados.
 - Exemplos:
 - Telégrafo (código Morse);
 - Código de onda contínua (CW - *continuous wave*);
 - Código binário serial (usado nos computadores digitais).
-

TIPOS DE COMUNICAÇÃO ELETRÔNICA



Sinais Digitais:

- (a) Telégrafo (código Morse).
- (b) Código de onda contínua (CW);
- (c) Código binário serial.

TIPOS DE COMUNICAÇÃO ELETRÔNICA

Sinais Digitais

- A maioria das transmissões são de sinais que se originam na forma digital mas devem ser convertidos para forma analógica para se adequarem ao meio de transmissão de dados.
- Sinais analógicos são primeiramente digitalizados com um conversor analógico-digital (**A/D**). Então, os dados podem ser transmitidos e processados por computadores e outros circuitos digitais.

MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO

- **Modulação** e **Multiplexação** são técnicas eletrônicas para transmitir informação eficientemente de um lugar para outro.
 - A **Modulação** torna o sinal da informação mais compatível com o meio.
 - A **Multiplexação** permite que mais de um sinal seja transmitido simultaneamente por um único meio.
-



MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO

Transmissão em Banda Base

- A informação em **Banda Base** pode ser enviada diretamente e sem modificações através do meio ou pode ser usada para modular uma portadora para a transmissão através do meio:
 - Em sistemas de telefonia ou intercomunicação, a voz é passada eletricamente pra os fios e transmitida.
 - Em algumas redes de computadores, os sinais digitais são aplicados diretamente em cabos coaxiais ou par trançado para a transmissão de dados.

MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO

Transmissão em Banda Larga

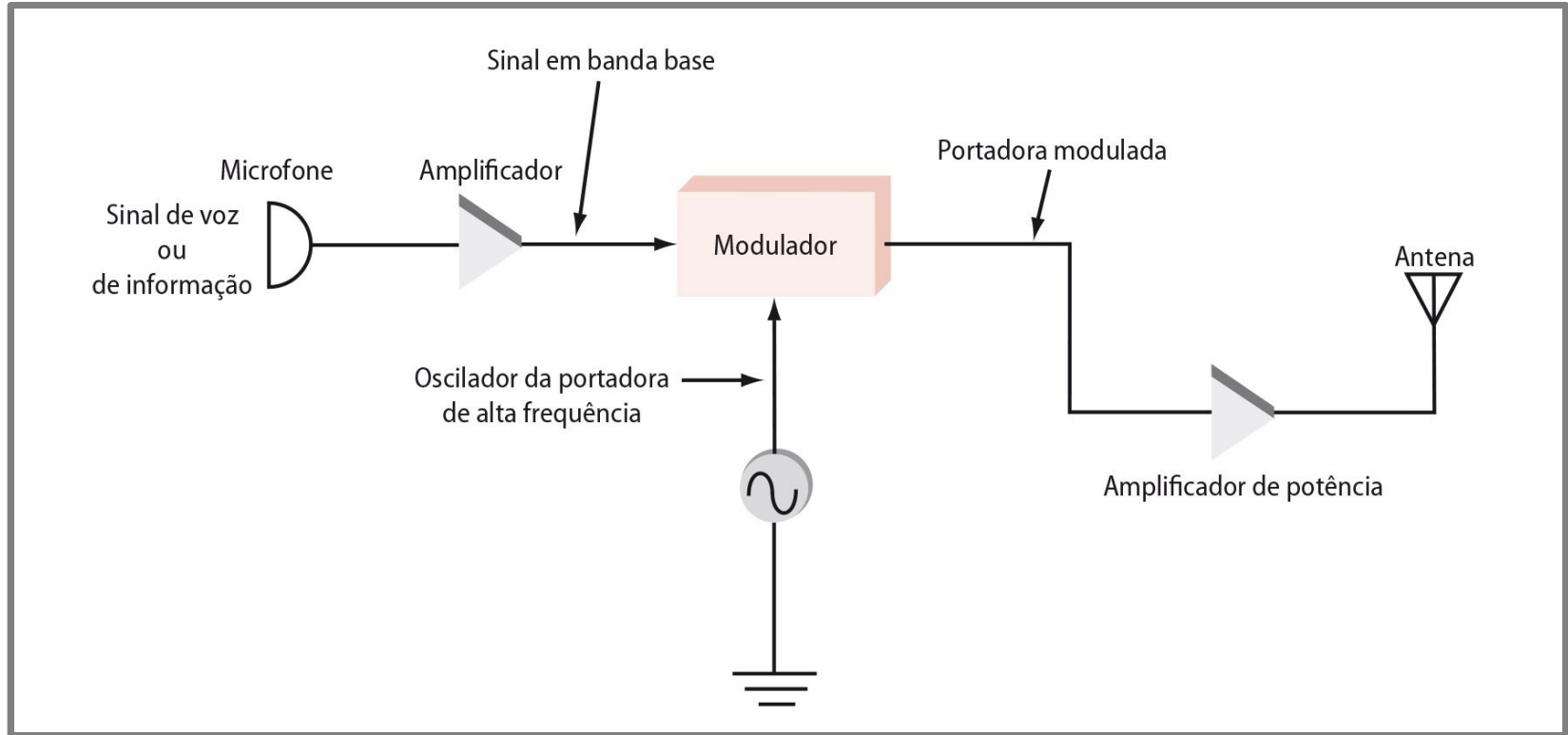
- Uma **Portadora** é um sinal de alta frequência que é modulado por um sinal em banda básica.
- Uma **Onda de Radiofrequência (RF)** é um sinal eletromagnético que é capaz de percorrer grandes distâncias por não-guiados.

MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO

Transmissão Analógica em Banda Larga

- Uma transmissão em banda larga ocorre quando o sinal de uma portadora é modulado, amplificado e enviado à antena para a transmissão.
- Os dois métodos mais comuns de modulação são:
 - **Modulação em Amplitude**
(AM – *amplitude modulation*)
 - **Modulação em Frequência**
(FM – *frequency modulation*)
- Outro método é denominado **Modulação em Fase** (PM – *phase modulation*), no qual o ângulo de fase da onda senoidal é variado.

MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO



Modulação no Transmissor.

MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO

Expressão Matemática Comum para um Sinal de Tensão Senoidal

$$v = V_p \sen(2\pi ft + \theta) \quad \text{ou} \quad v = V_p \sen(\omega t + \theta)$$

onde v = valor instantâneo da tensão da onda senoidal

V_p = valor de pico da onda senoidal

f = frequência, Hz

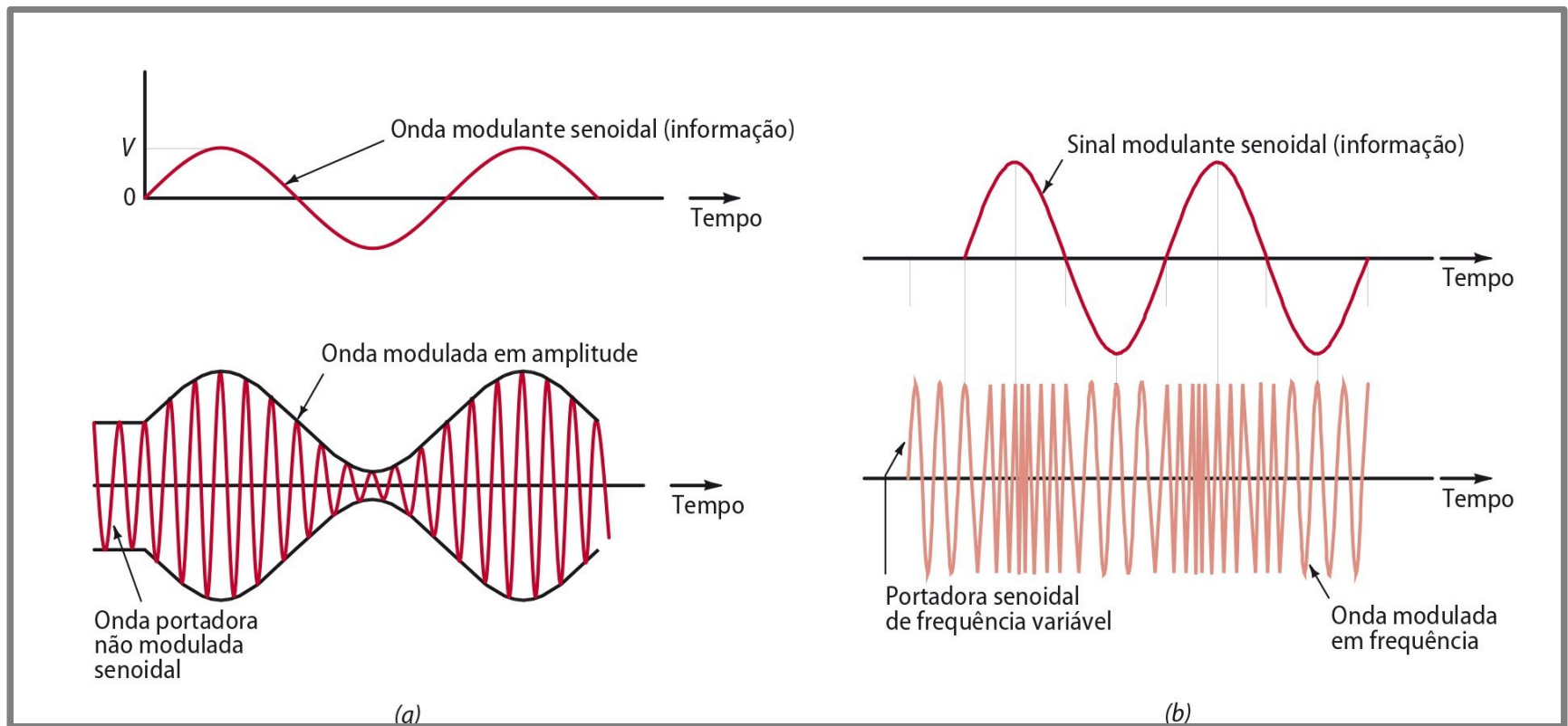
ω = velocidade angular = $2\pi f$

t = tempo, s

$\omega t = 2\pi ft$ = ângulo, rad ($360^\circ = 2\pi$ rad)

θ = ângulo de fase

MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO



Tipos de Modulação Analógica:

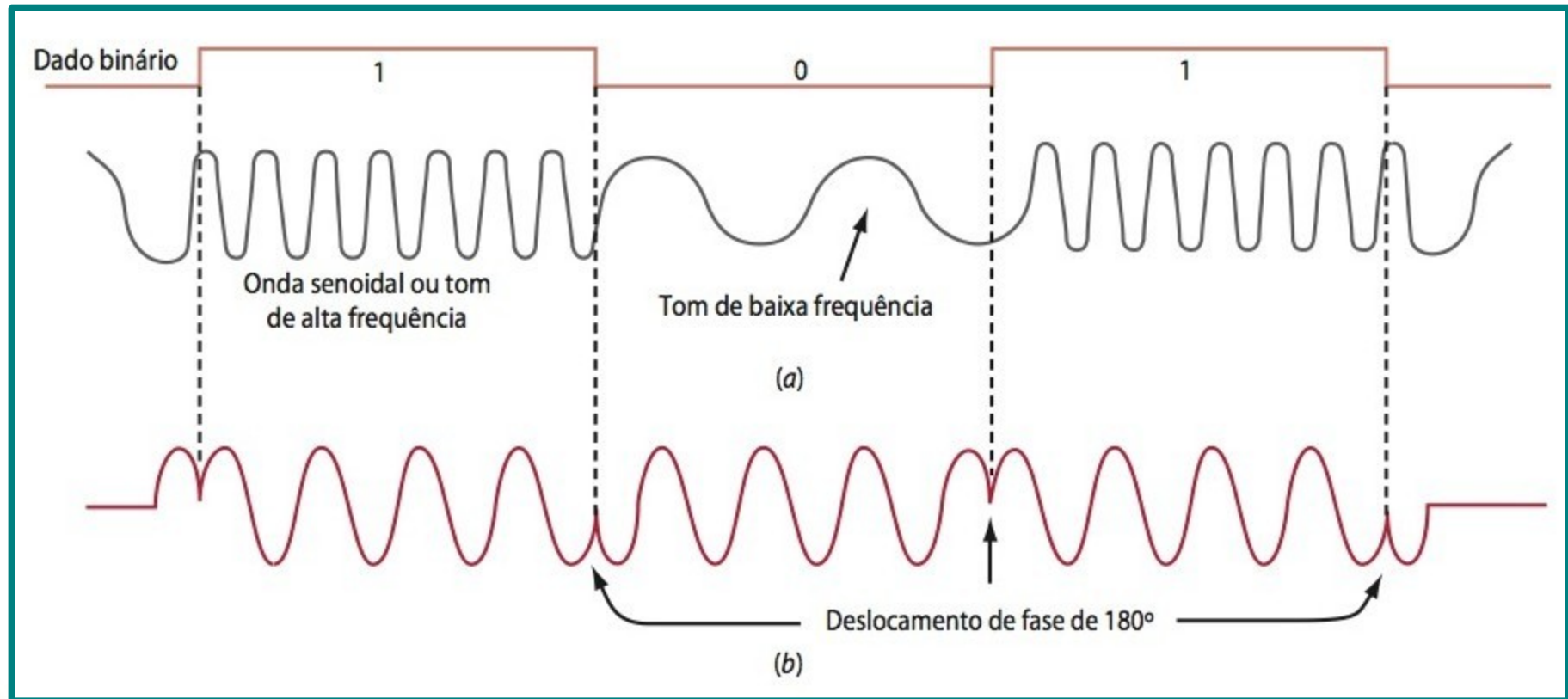
- (a) Modulação em Amplitude - AM;
- (b) Modulação em Frequência - FM.

MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO

Transmissão Digital em Banda Larga

- O **Chaveamento de Frequência** (FSK - *Frequency Shift Keying*) ocorre quando os dados DIGITAIS são convertidos para tons com FREQUÊNCIA variável.
- O **Chaveamento de Fase** (PSK - *Phase Shift Keying*) ocorre quando os dados DIGITAIS são convertidos para tons com FASE variável.
- Dispositivos denominados “**MODEM**” (**MO**dulador-**DE**Modulador) traduzem os dados da portadora para banda básica e vice-versa.
A **Demodulação** ou detecção ocorre no receptor quando o sinal de banda base original é extraído.

MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO



Modulação Digital Básica:

(a) FSK;

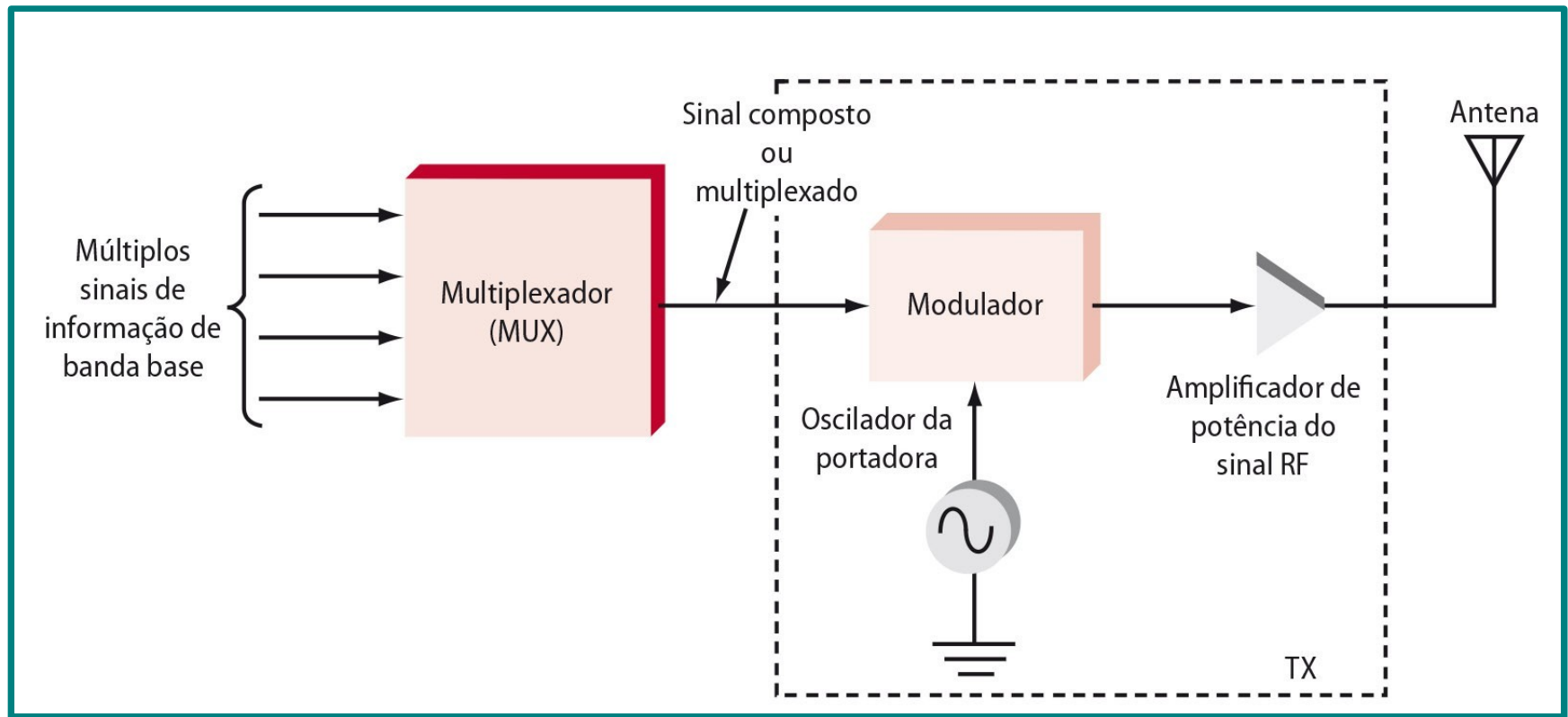
(b) PSK.

MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO

Multiplexação

- **Multiplexação** é o processo de permitir dois ou mais sinais compartilharem o mesmo meio ou canal.
 - Os três tipos básicos de multiplexação em comunicação de dados são:
 - **Divisão de Frequência;**
 - **Divisão de Tempo;**
 - **Divisão de Código.**
-

MODULAÇÃO E MULTIPLEXAÇÃO



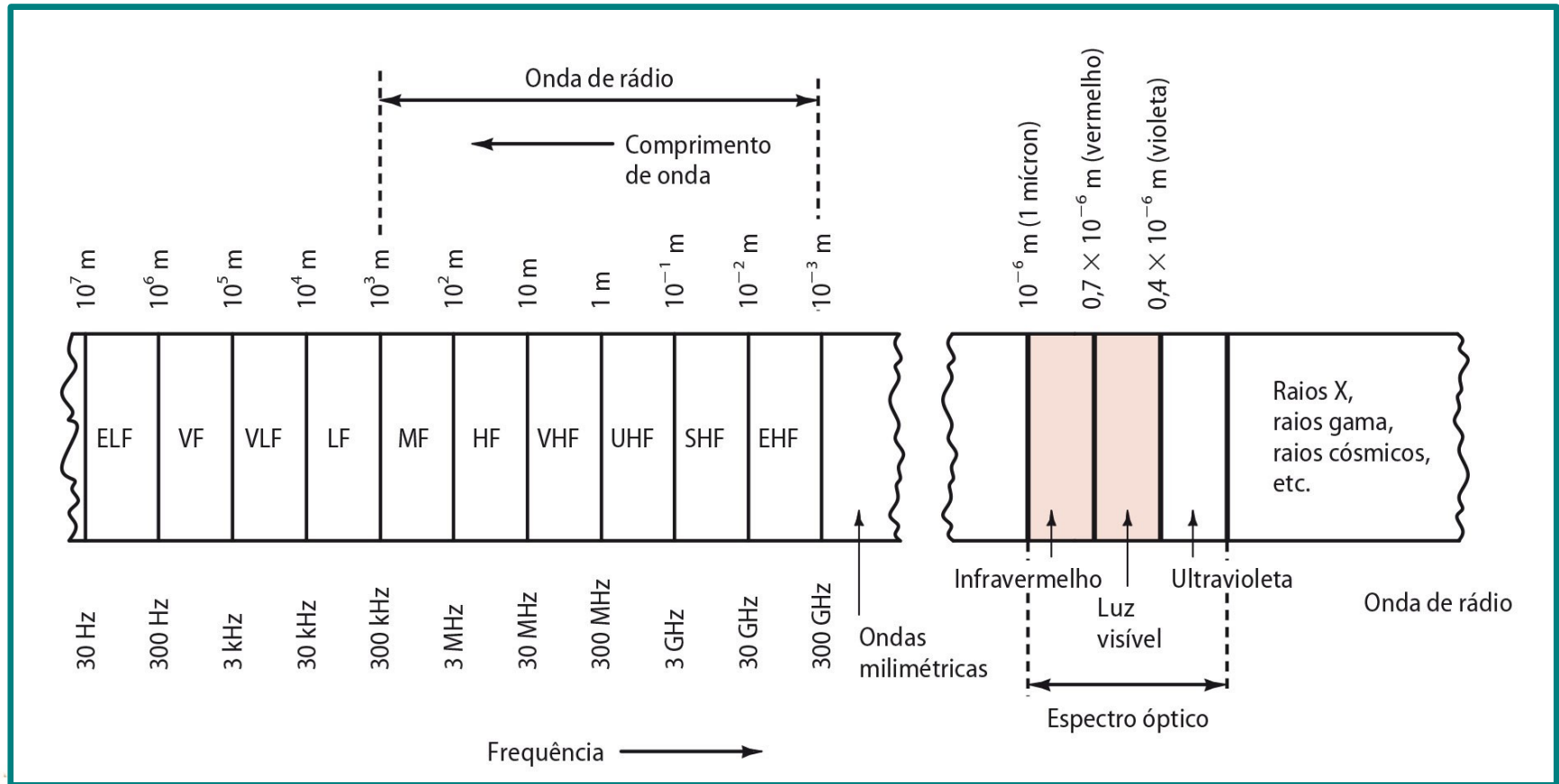
Multiplexação no Transmissor

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

- Toda a variedade de sinais eletromagnéticos abrangendo todas as frequências é denominado de **espectro eletromagnético**:
 - O espectro é dividido em segmentos (faixas) de frequências.



O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO



O Espectro Eletromagnético

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Frequência:

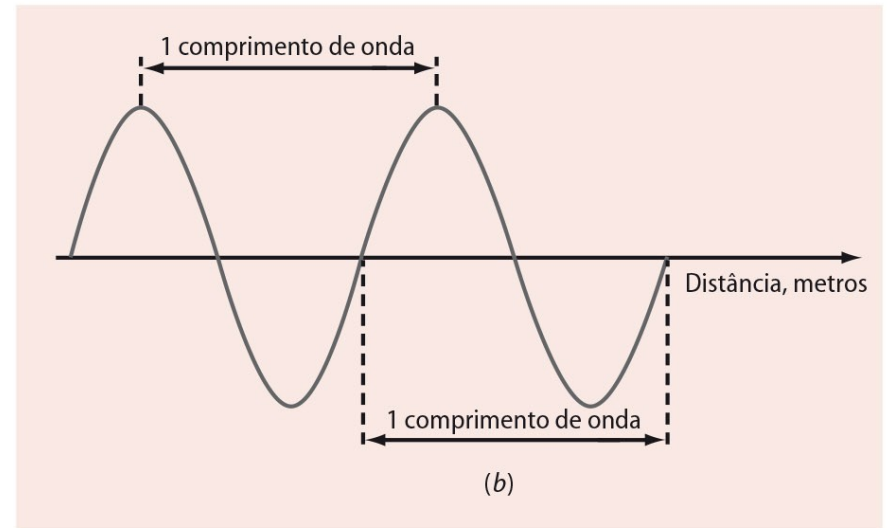
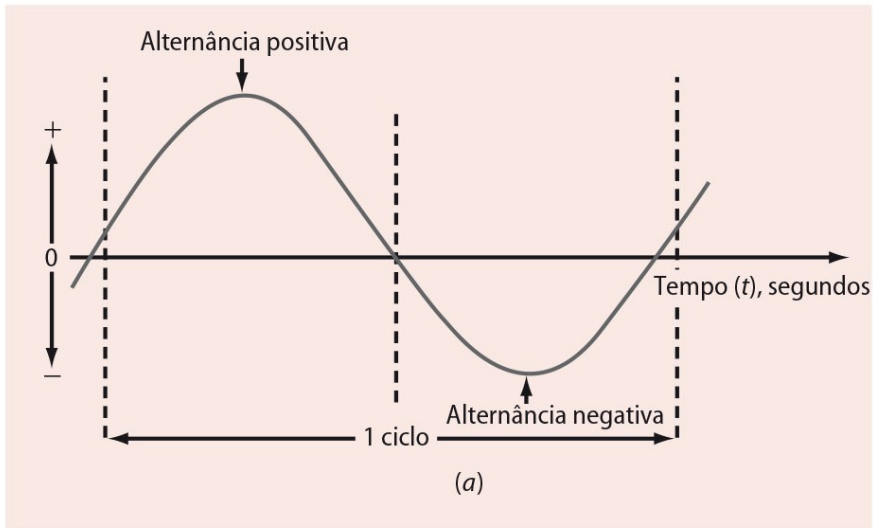
- Um sinal está localizado no espectro de frequências de acordo com sua frequência (f) e comprimento de onda (λ , lambda).
- A **frequência** é o número de ciclos de uma onda repetitiva que ocorre em certo período de tempo.
- Um ciclo consiste em duas alternâncias seguidas nas oscilações do campo eletromagnético.
- A frequência é medida em ciclos por segundo (cps).
- A unidade de frequência é o Hertz (Hz).

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Comprimento de Onda:

- O **comprimento de onda** é a distância ocupada por um ciclo de uma onda e geralmente é expresso em metros.
- O comprimento de onda também é a distância percorrida por uma onda eletromagnética durante o tempo de duração de 1 ciclo.

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO



Frequência e Comprimento de Onda:

(a) 1 ciclo;

(b) 1 comprimento de onda.

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Nome	Frequência	Comprimento de onda
Frequências extremamente baixas (ELFs – <i>extremely low frequencies</i>)	30–300 Hz	10^7 – 10^6 m
Frequências de voz (VFs – <i>voice frequencies</i>)	300–3000 Hz	10^6 – 10^5 m
Frequências muito baixas (VLFs – <i>very low frequencies</i>)	3–30 kHz	10^5 – 10^4 m
Frequências baixas (LFs – <i>low frequencies</i>)	30–300 kHz	10^4 – 10^3 m
Frequências médias (MFs – <i>medium frequencies</i>)	300 kHz–3 MHz	10^3 – 10^2 m
Frequências altas (HF – <i>high frequencies</i>)	3–30 MHz	10^2 – 10^1 m
Frequências muito altas (VHF – <i>very high frequencies</i>)	30–300 MHz	10^1 –1 m
Frequências ultra-altas (UHF – <i>ultra high frequencies</i>)	300 MHz–3 GHz	1– 10^{-1} m
Frequências superaltas (SHF – <i>super high frequencies</i>)	3–30 GHz	10^{-1} – 10^{-2} m
Frequências extremamente altas (EHF – <i>extremely high frequencies</i>)	30–300 GHz	10^{-2} – 10^{-3} m
Infravermelho	–	0,7–10 μ m
Espectro visível (luz)	–	0,4–0,8 μ m

Unidades de medida e abreviações:

kHz = 1.000 Hz

MHz = 1.000 kHz = 1×10^6 = 1.000.000 Hz

GHz = 1.000 MHz = 1×10^6 = 1.000.000 kHz

= 1×10^9 = 1.000.000.000 Hz

m = metro

μ m = micrômetro (mícron) = $\frac{1}{1.000.000}$ m = 1×10^{-6} m

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Frequência e Comprimento de Onda:

Comprimento de onda (λ) = velocidade da luz \div frequência

Velocidade da luz = 3×10^8 metros/segundo

Portanto: $\lambda = 3 \times 10^8 / f$

Exemplo 1:

Qual é o comprimento de onda eletromagnética se a frequência for 4.000.000Hz?

$$\begin{aligned}\lambda &= 3 \times 10^8 / 4 \times 10^6 \\ &= 75 \text{ metros}\end{aligned}$$

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Exercícios

- 1) Determine os comprimentos de onda de um sinal de: (a) 150MHz (b) 430MHz (c) 8MHz (d) 750KHz.
 - 2) Qual a frequência de um sinal eletromagnético com comprimento de onda de 1,5m?
 - 3) Um sinal percorre a distância de 75 pés no intervalo de tempo em que completa um ciclo. Qual a faixa de frequência do sinal?
 - 4) Os picos máximos de uma onda eletromagnética estão separados por uma distância de 8 polegadas. Qual a frequência em GHz dessa onda?
-

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Frequências de 30 Hz a 300 GHz

Frequências Extremamente Baixas (ELF)	30 - 300Hz (rede elétrica; baixa audição humana)
Frequências de Voz (VF)	300 - 3000Hz
Frequências Muito Baixas (VLF)	3 - 30KHz (alta audição humana, até 20.000Hz)
Frequências Baixas (LF)	30 - 300KHz (subportadoras)
Frequências Médias (MF)	300 - 3000KHz (rádio AM)

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Frequências de 30 Hz a 300 GHz

Frequências Altas HF <i>High Frequencies</i>	<u>3 - 30MHz</u> (rádio ondas curtas; comunicação governamental e militar; rádio amador, faixa do cidadão).
Frequências Muito Altas VHF <i>Very High Frequencies</i>	<u>30 - 300MHz</u> (rádio FM, canais de TV)
Frequências Ultra-Altas UHF <i>Ultra High Frequencies</i>	<u>300 - 3000MHz</u> (canais de TV, telefonia celular, comunicação militar)

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Frequências de 30 Hz a 300 GHz

Frequências Superaltas SHF <i>Super High Frequencies</i>	<u>3 - 30GHz</u> (comunicação satelital, radar civil e militar, WLAN)
Frequências Extremamente Altas EHF <i>Extremely High Frequencies</i>	<u>30 - 300GHz</u> (telefonia satelital, dados de computador, radares especializados)

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Espectro Óptico

- O **espectro óptico** está diretamente acima da região de ondas milimétricas.
- Três tipos de ondas luminosas são:
 - Infravermelho;
 - Espectro visível;
 - Ultravioleta.



O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Infravermelho

- A radiação infravermelha é produzida por qualquer corpo físico que gere calor, incluindo nossos próprios corpos.
- O infravermelho é usado:
 - Na astronomia, para detectar estrelas e outros corpos físicos no universo;
 - Para orientação em sistemas de armas, nos quais o calor irradiado por aviões ou mísseis pode ser detectado e usado para guiar mísseis até alvos;
 - Na maioria das novas unidades de controle remoto de TV, nas quais sinais codificados especiais são transmitidos por um LED infravermelho até o receptor da TV para trocar canais, ajustar o volume e desempenhar outras funções;
 - Em algumas das novas WLANs e em toda a comunicação por **FIBRA ÓPTICA**.

O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

O Espectro Visível

- Logo acima da região do infravermelho está o **espectro visível** que nós chamamos de **luz**;
- O vermelho é a luz de baixa frequência ou alto comprimento de onda;
- O violeta é a luz de alta frequência ou curto comprimento de onda;



O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Ultravioleta

- O ultravioleta não é usado para comunicação de dados;
- Seu principal uso é na área de saúde.

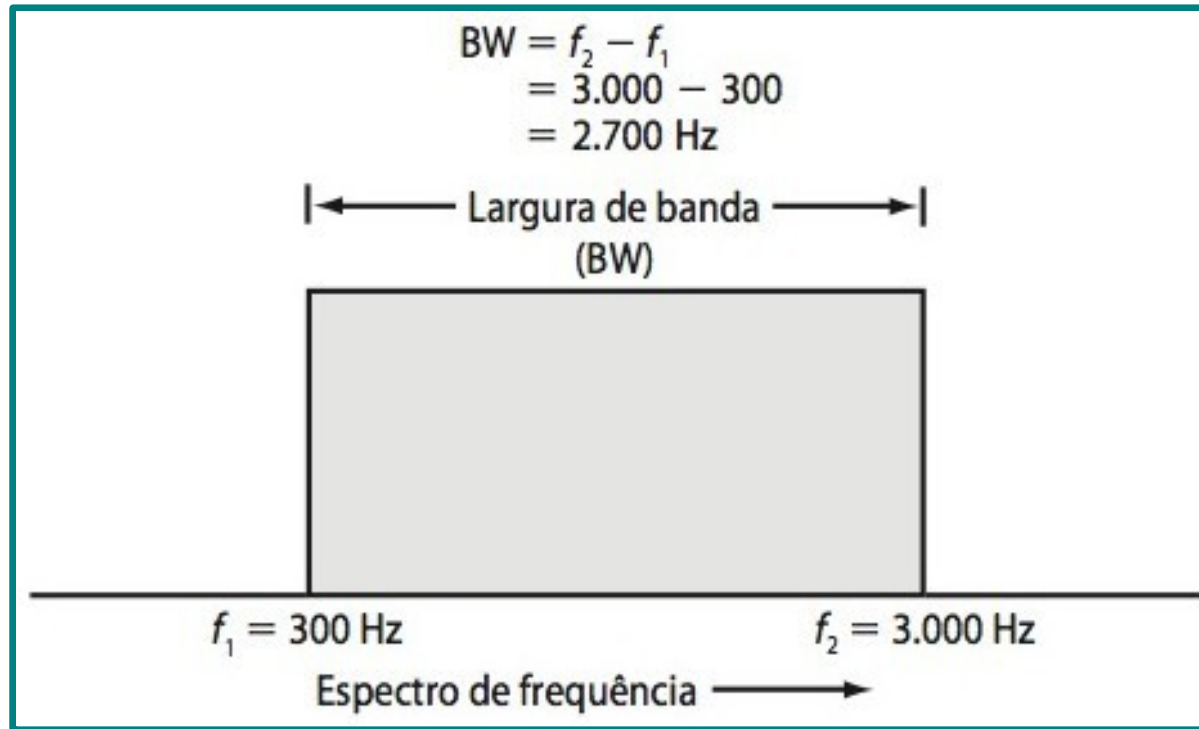


LARGURA DE BANDA

- **Largura de Banda (BW)** é a porção do espectro eletromagnético ocupada por um sinal.
- A **Largura de Banda do Canal (CBW)** se refere à faixa de frequências necessárias para transmitir a informação desejada.



LARGURA DE BANDA



LARGURA DE BANDA

Exemplo 2:

Uma faixa de frequência específica começa em 902MHz e vai até 928MHz. Qual a largura de banda dessa faixa?

- $f_1 = 902\text{MHz}; \quad f_2 = 928\text{MHz}$
- $BW = f_2 - f_1 = 928 - 902 = 26\text{MHz}$

Exercício:

5) Um sinal de televisão ocupa uma largura de banda de 6MHz. Se o limite de frequência inferior do canal 2 for 54MHz, qual será o limite de frequência superior?

LARGURA DE BANDA

Mais Espaço na Faixa Superior

- Praticamente todo o espectro de frequências situado nas faixas de 30 KHz e 300 MHz encontra-se ocupado.
- Há uma competição enorme por essas frequências, entre companhias, indivíduos e governos das diversas nações do mundo.
- O espectro eletromagnético é um dos nossos recursos naturais mais preciosos.



LARGURA DE BANDA

Mais Espaço na Faixa Superior

- Muitos esforços são aplicados em desenvolver técnicas de comunicação que minimizem a largura de banda necessária para transmitir certa informação e, assim, conservar o espaço do espectro.
- Isso fornece mais espaço para canais de comunicação adicionais fornecendo a outros serviços ou usuários uma oportunidade de aproveitá-los.

LARGURA DE BANDA

Gestão do Espectro e Padrões

- A **Gestão do Espectro** é fornecida por agências estabelecidas pelos países para controlar o uso do espectro:
 - Nos EUA:
 - Comissão Federal de Comunicações
(FCC - Federal Communications Commission)
 - Administração Nacional de Telecomunicações e Informação
(NTIA - National Telecommunications and Information Administration)

LARGURA DE BANDA

Gestão do Espectro e Padrões

- No Brasil:
 - Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL. É uma autarquia especial criada pela Lei Geral de Telecomunicações (1997), administrativamente independente, financeiramente autônoma e sem subordinação hierárquica a nenhum órgão de governo. Sua missão é promover o desenvolvimento das telecomunicações dotando o país de uma moderna e eficiente infra-estrutura de telecomunicações, capaz de oferecer à sociedade serviços adequados, diversificados e a preços justos, em todo o território nacional.

LARGURA DE BANDA

Gestão do Espectro e Padrões

- Os **Padrões** são especificações e diretrizes necessárias para assegurar a compatibilidade entre os equipamentos transceptores: **interoperabilidade**.



PANORAMA ATUAL DAS APLICAÇÕES EM COMUNICAÇÃO DE DADOS

- **Simplex**

- Transmissão AM;
- Transmissão FM;
- Rádio Digital;
- Transmissão de TV;
- Televisão Digital (DTV);
- Televisão a Cabo;
- Controle Remoto;
- Serviços GPS e radiogoniometria;
- Telemetria;
- Radioastronomia;
- Vigilância;
- Serviços de música;
- Rádio e TV via Internet.

PANORAMA ATUAL DAS APLICAÇÕES EM COMUNICAÇÃO DE DADOS

- Duplex

- Telefones;
- Rádio Bidirecional;
- Radar;
- Sonar;
- Rádio Amador;
- Rádio do Cidadão;
- FRS (*Family Radio Service*)
- A Internet
- Redes de Longa Distância (WANs)
- Redes Metropolitanas (MANs)
- Redes Locais (LANs)

