

---

Computação Móvel

---

# Aula 2: Introdução às Redes Móveis

---

Diego Passos



# Histórico e Motivação

# Redes Sem Fio

---

## Popularização

- Final dos anos 1990.
  - Redes celular.
  - Redes Locais Sem Fio (WLAN).

## Comparação com redes cabeadas

Prós	Contras
Praticidade	Escalabilidade
Custo	Desempenho
Novas aplicações	Segurança
...	...

# Comunicação Sem Fio

---

## História mais longa

Época	Marco
Década de 1890	Surgimento do rádio
Meados do Século XX	Rádio e TV: comunicação em massa
Final do Século XX	Telefonia móvel
Final do Século XX	Redes Locais Sem Fio

## Desafios específicos

● Atenuação

● Interferências

● Segurança

# Comunicação de Dados Sem Fio

---

## Sistemas especializados (TV, rádio, telefonia)

- Incorporação pela Internet.
- Fluxo contínuo  $\Rightarrow$  comutação de pacotes.

### Pacotes – informação fracionada

- Endereços, outros parâmetros da comunicação:
  - Cabeçalhos.
  - *Trailers*.

# Sistemas de Comunicação de Dados Móvel

---

## Evolução em dois ramos

	Telefonia Móvel	Redes Locais Sem Fio
Comutação de pacotes?	Originalmente, não	Sim
Investimento	Alto	Baixo
Área de atuação principal	<i>outdoor</i>	<i>indoor</i>

# Níveis de Abrangência

---

## Classificação quanto ao alcance

Tipo	Abrangência	Exemplos
WBAN	Corporal	IEEE 802.15.6?
WPAN	Pessoal	Bluetooth, Zigbee
WLAN	Local	Wi-Fi
WMAN	Metropolitana	LTE, WiMax
WWAN	Longa distância	LTE, WiMax?
WRAN	Regional	IEEE 802.22?

# WLANs: Precursores

---

## ALOHAnet

- Universidade do Havaí, 1970.
- Comutação de pacotes.
- MAC: ALOHA e *slotted* ALOHA.

## WaveLAN

- AT&T, Lucent e NCR, 1988.
- Precursor direto do Wi-Fi.

## HiperLAN.

- ETSI, 1992.
- Sem êxito comercial.





# Faixas de Frequência

# Comunicação de Rádio

---

## Método mais comum

- Ondas eletromagnéticas
- 3 kHz a 300 GHz.

## Espectro

- Dividido em **bandas**
  - Faixas de frequência.
  - Características diferentes.

## Alternativas

- Infra-vermelho.
- Luz visível.
- Ondas acústicas.
- ...

# Bandas Não Licenciadas

---

## Espectro é regulado

- Agências governamentais.
  - e.g., ANATEL.
  - e.g., FCC.
- Recomendações da ITU.

## Licença

- Concessão para uso.
- Leilões bilhonários.
- Burocracia.

## Bandas não licenciadas

- Dispensam licença.

## Exemplos:

- Bandas ISM.
- Banda U-NII.

---



# Bandas ISM

---

## *Industrial, Scientific and Medical*

- Diversas faixas.
- Mais populares: 2,4 GHz e 5,8 GHz.
  - e.g., Wi-Fi.
- Outras faixas de interesse: 900 MHz e 60 GHz.

# Bandas ISM segundo a ITU (MHz)

---

Faixa de frequências	Largura da faixa	Abrangência
6,765 a 6,795 MHz	30 kHz	Sujeita à aceitação local
13,553 a 13,567 MHz	14 kHz	Mundial
26,957 a 27,283 MHz	326 kHz	Mundial
40,66 a 40,7 MHz	40 kHz	Mundial
433,05 a 434,79 MHz	1,74 MHz	Região 1, sujeita à aceitação
902 a 928 MHz	28 MHz	Região 2 (com exceções)

# Bandas ISM segundo a ITU (GHz)

---

Faixa de frequências	Largura da faixa	Abrangência
2,4 a 2,5 GHz	100 MHz	Mundial
5,725 a 5,875 GHz	150 MHz	Mundial
24 a 25 GHz	250 MHz	Mundial
61 a 61,5 GHz	500 MHz	Sujeita à aceitação local
122 a 123 GHz	1 GHz	Sujeita à aceitação local
244 a 246 GHz	2 GHz	Sujeita à aceitação local

# Bandas U-NII

---

Sub-banda	Faixa de frequência	Largura da faixa
U-NII 1 (ou Baixa)	5,15 a 5,25 GHz	100 MHz
U-NII 2 (ou Média)	5,25 a 5,35 GHz	100 MHz
U-NII 2e (ou Mundial)	5,47 a 5,725 GHz	255 MHz
U-NII 3 (ou Alta)	5,725 a 5,825 GHz	150 MHz





# Conceitos Básicos de Camada Física

# Camada Física = PHY

---

## *Chipset de rádio*

- Lida com bits no canal.
- Serviços à camada MAC.

## Recepção

- Recepção do sinal.
- Decodificação.
- Montagem do quadro.

## Transmissão

- Recepção do quadro.
- Codificação.
- Transmissão do sinal.

**Mesma tecnologia pode definir múltiplas PHYs!**

# Preparando o Quadro para Transmissão

---

## Informações de controle adicionadas

	Preâmbulo	Postâmbulo
<b>Posição</b>	Antes do quadro	Após o quadro
<b>Finalidade</b>	Auxilia recepção	Geralmente, para integridade
<b>Exemplos</b>	Seleção de antena, sincronização	CRC32 no Ethernet, Wi-Fi

# Codificação

---

## Bits redundantes

- Maior imunidade à erros.
- Possibilita detecção e correção.

## Redundância ajustável

- ↑ Robustez ↓ Taxa de Transmissão
- Taxas de codificação comuns:
  - $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ .

**Usado em adição ao mecanismo de verificação de integridade.**

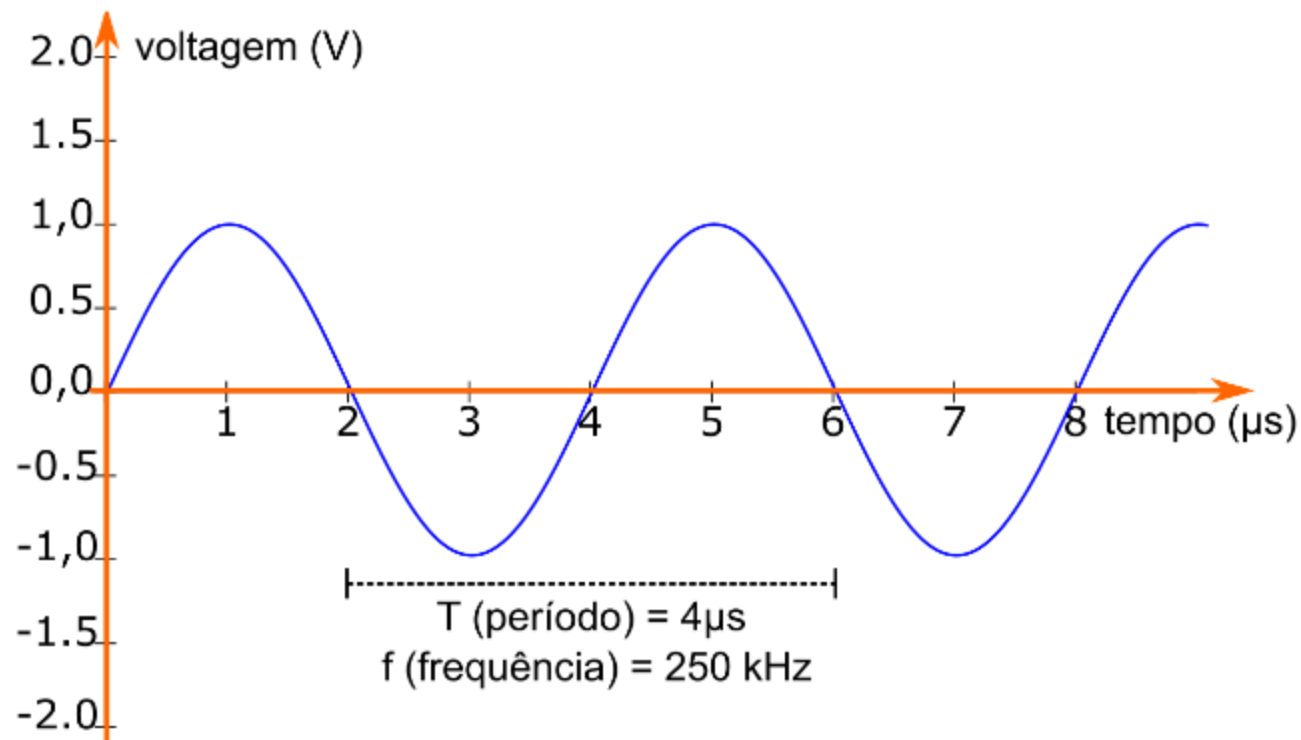
# Portadora

## Onda que transporta sinal

- Matematicamente, senoide.
- Parâmetros: frequência, amplitude, fase.

## Exemplo: Wi-Fi

- Canal 1: portadora em 2,412 GHz.



# Modulação

---

## Definição

Alteração de características da portadora, introduzindo informação.

### Informação e portadora

- Portadora adequada ao sistema em questão.
- Independente da representação da informação.

### Sinal modulante

- Informação.
- Combinado à portadora.

### Diversos tipos

- Variam na forma de alteração da portadora.

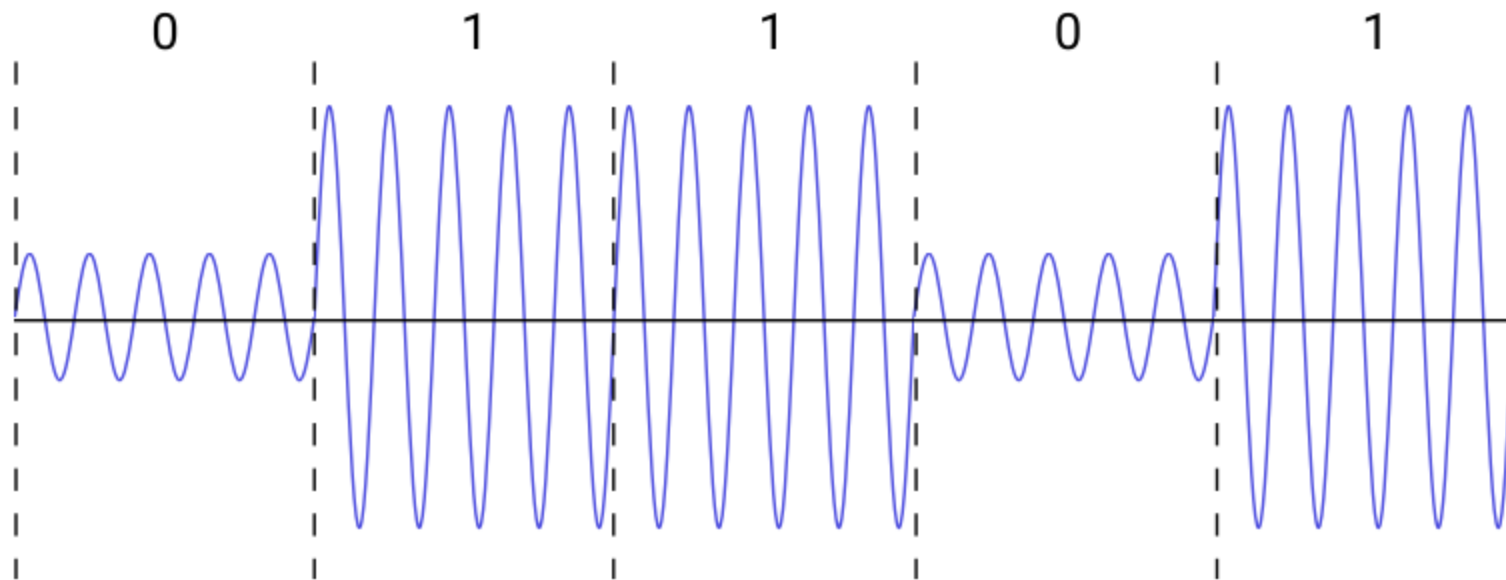
# Modulação por Amplitude

**AM = Amplitude Modulation**

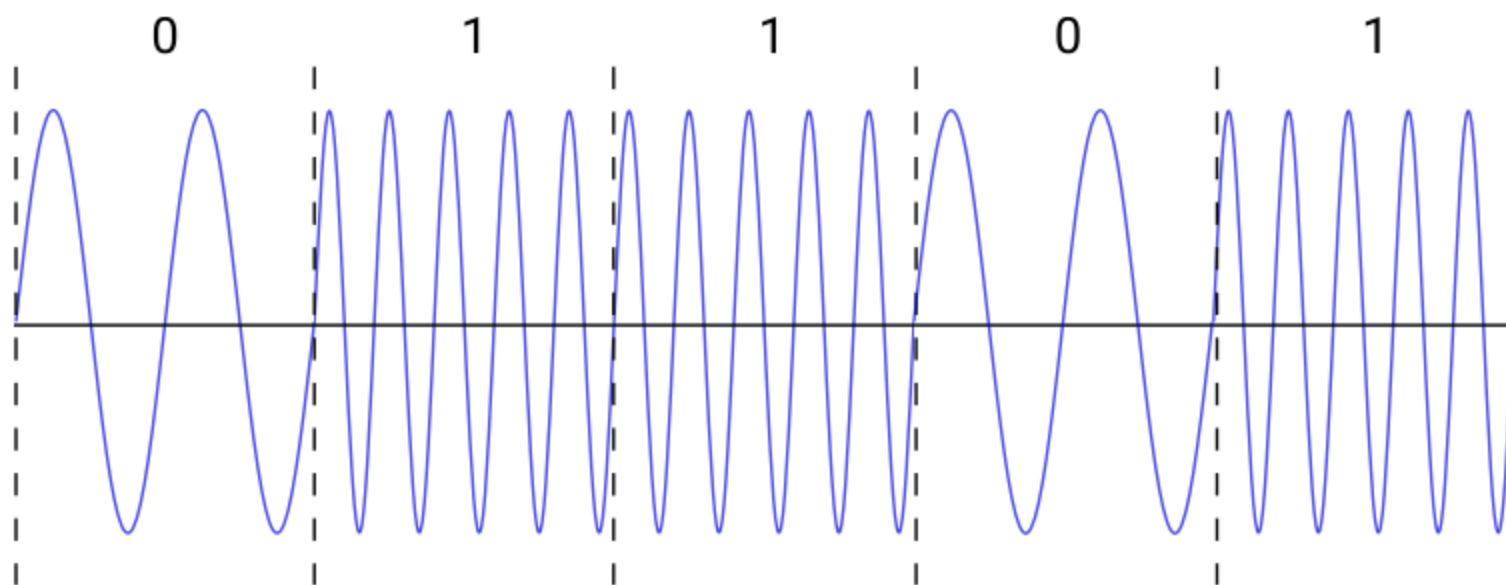
- Dados diferentes  $\Rightarrow$  Amplitudes diferentes.

**Exemplo: ASK**

- Modulação por amplitude binária.
  - Duas amplitudes  $\Rightarrow$  0 e 1.



# Modulação por Frequência



## FM = *Frequency Modulation*

- Dados diferentes  $\Rightarrow$  Frequências diferentes.

- Relativas à frequência da portadora.

## Exemplo: FSK

- Modulação por frequência binária.

- Duas frequências  $\Rightarrow$  0 e 1.



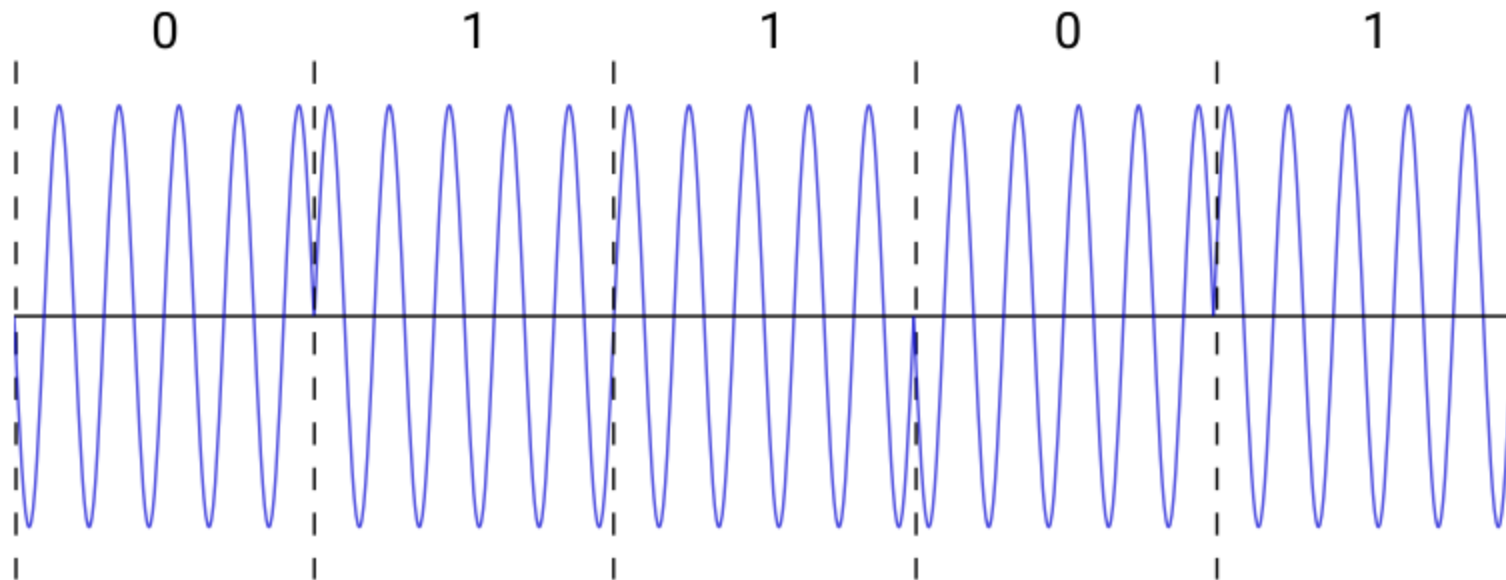
# Modulação por Fase

## PM = *Phase Modulation*

- Dados diferentes  $\Rightarrow$  Fases diferentes.
- Deslocamento temporal.

## Exemplo: BPSK

- Modulação por fase binária.
- Duas fases  $\Rightarrow$  0 e 1.



# Modulação Multinível

## Símbolo

Estado discreto da portadora modulada.

### Símbolos Binários

- Exemplos anteriores.
- 1 símbolo  $\Leftrightarrow$  1 bit.

### Símbolos Multinível

- a 1 símbolo  $\Leftrightarrow N$  bits.
  - $2^N$  estados da portadora.

Modulação	Característica Modulada	Níveis	Símbolos
ASK	Amplitude	2	0 e 1
4ASK	Amplitude	4	00, 01, 10 e 11
256QAM	Amplitude e Fase	256	00000000, 00000001, ...

# Largura de Banda

**Tamanho da faixa de frequência utilizada para transmissão**

Padrão	Largura de banda
802.11a	20 MHz
802.11n	20 ou 40 MHz
802.11ac	80 MHz
802.11ah	2, 4, 8 ou 16 MHz

## Largura de banda vs. capacidade (b/s)

- $\uparrow$  largura de banda  $\Rightarrow$   $\uparrow$  maior a capacidade.
- $\downarrow$  largura de banda  $\Rightarrow$   $\downarrow$  maior a capacidade.

# Espalhamento espectral

---

## Tipicamente obrigatório em bandas não licenciadas

Dispersar o sinal por uma banda mais larga que a necessária

### Motivação

- Redução da interferência
- Melhor coexistência.

### Diversas técnicas

- Salto de frequências.
- DSSS.
- OFDM.

# Salto de Frequências

---

## Histórico

- Segunda Guerra Mundial.

## Princípio

- Transmissor e receptor saltam de canal.
  - Rápido.
  - Sincronizado.

## Vantagens

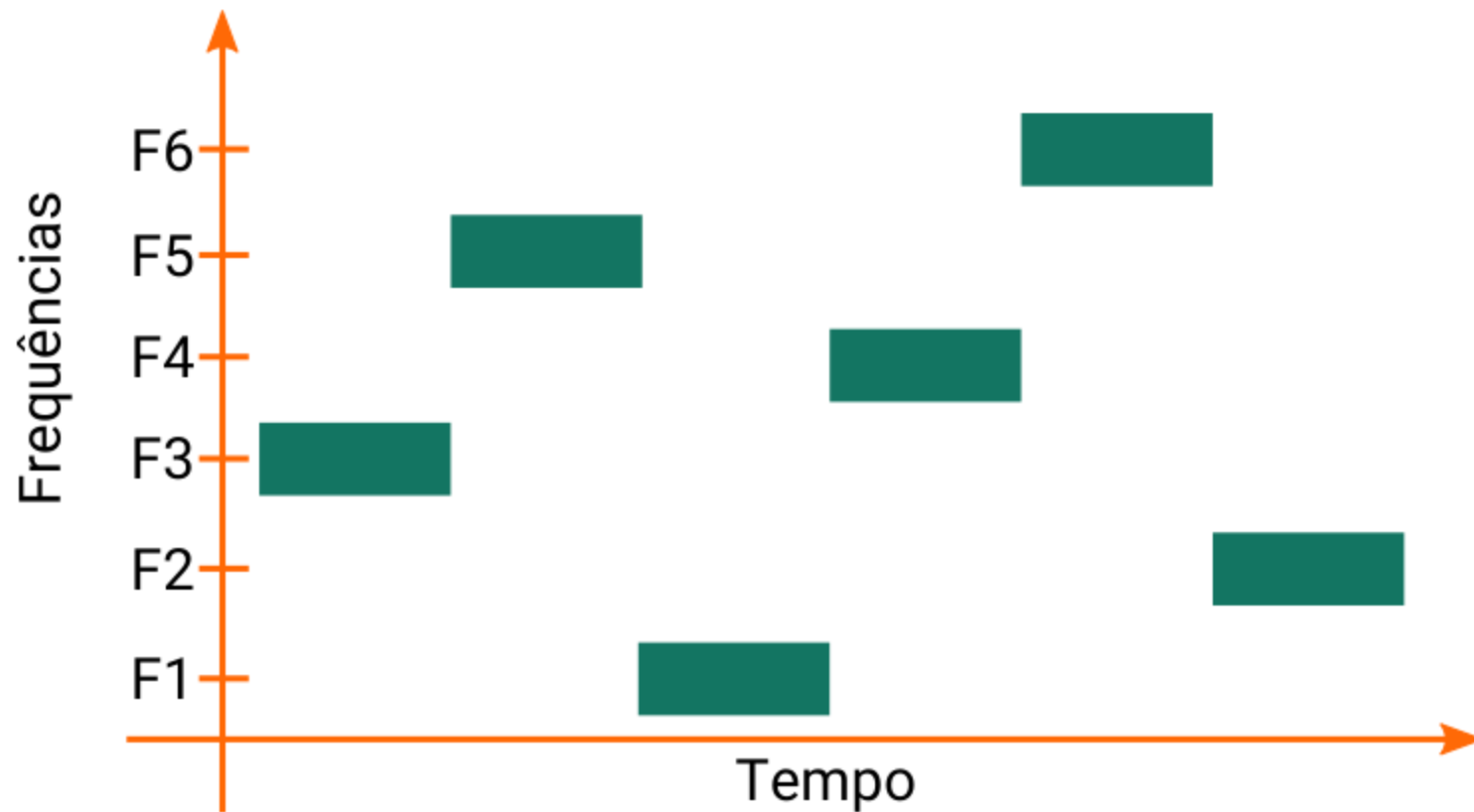
- Dificuldade de interceptação da comunicação.
- Espalhamento espectral.

## Exemplos de uso

- IEEE 802.11 (legado).
- Bluetooth.

# Salto de Frequências: Exemplo

---



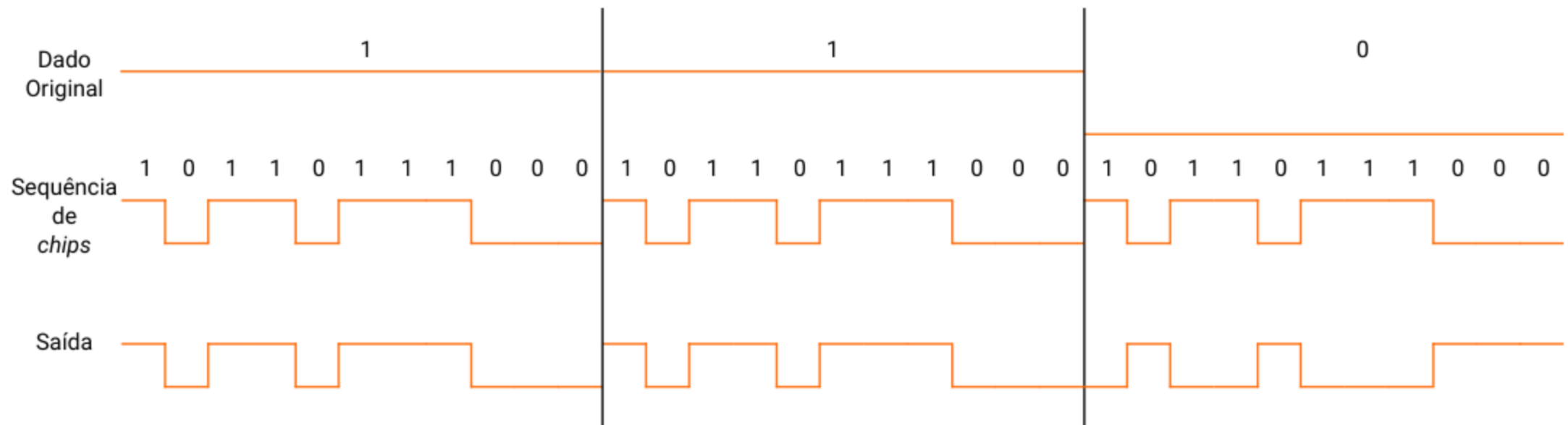
# DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*)

## Funcionamento

- Cada bit  $\Rightarrow$  sequência de *chips*.
  - Pseudo-aleatória.
- Duração de um *chip* bem menor que de um bit.

## Uso

- IEEE 802.11 (legado)



# OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*)

---

## Funcionamento

- Várias **subportadoras**.
  - Analogia: subcanais usados em paralelo.
- Informação quebrada entre subportadoras.
- Modulações tradicionais em cada subportadora.

## Vantagem

- Robustez contra interferências de banda estreita e poluição espectral.

**Ampla utilização: tecnologias sem fio e cabeadas.**





Próxima aula

# Próxima aula

---

## Mais conceitos básicos

- Agora sobre propagação.

## Tarefas

Pós-graduação	Todos os alunos
Escolher primeiro artigo a ser apresentado (dentre os 10 primeiros da lista)	Ler páginas 74 a 83 (antenas) e 111 a 118 (propagação) do livro <i>Tecnologias de Redes Sem Fio</i>