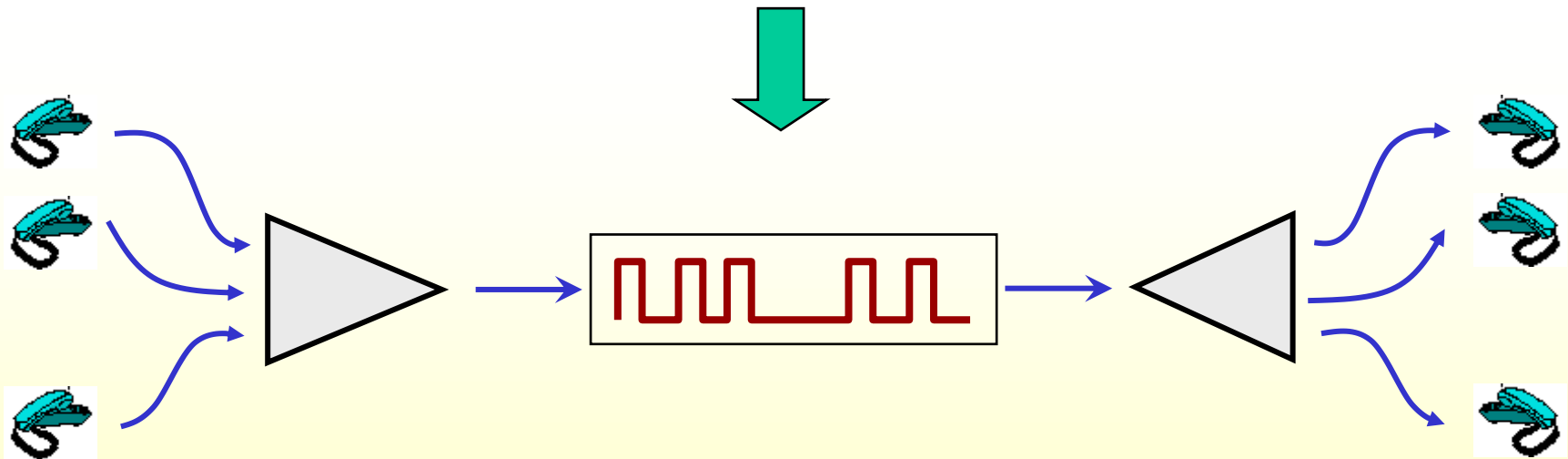


# Códigos de Linha

- Transmissão dos dígitos binários através do canal.
- Estuda a melhor forma para a transmissão dos símbolos “binários” através do canal de transmissão.



# Crêterios para a escolha de um código de linha

## □ Conteúdo de temporiza o adequado

- facilidade de obten o do sinal de sincronismo (taxa de bits ou de símbolos),
- sincronismo entre receptor e transmissor.

## □ Nível CC nulo

- necessidade de alimenta o cc para os regeneradores ao longo do canal.

## □ Espectro densidade de potência adequado

- concentrado em torno de  $f_b/2$ , ( obten o do sinal de relógio ).
- baixa concentra o de energia nas freq ncias baixas.
- ( o canal reforça as freq ncias baixas )

## □ Redundância

- capacidade de detec o de erros,
- monitoramento de erros.

## □ Transparência

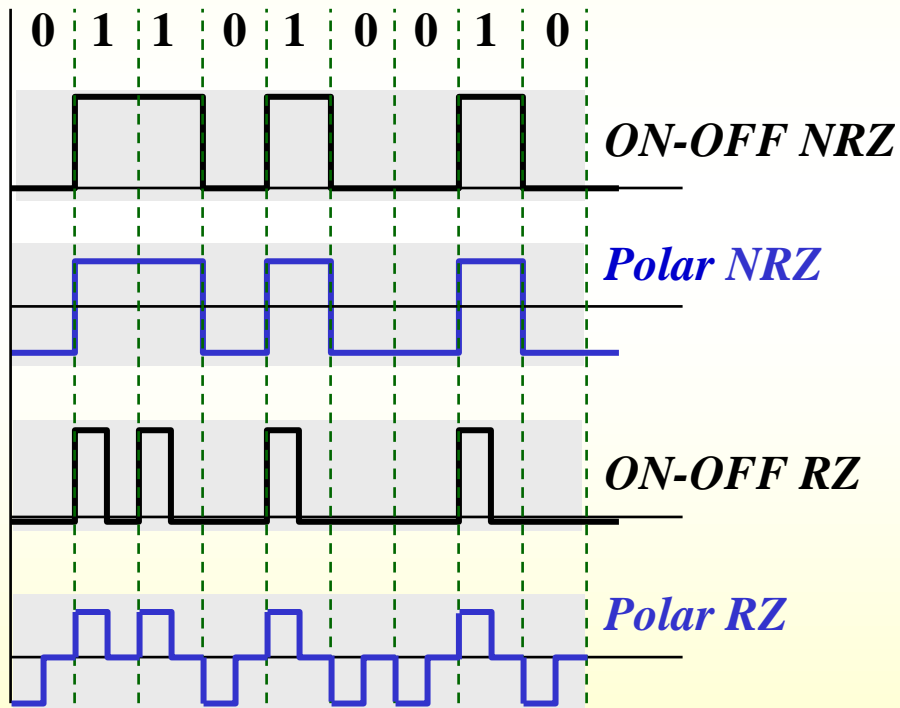
- evitar fluxos longos de “ 0 ” ou de “ 1 ”.



# 1. Códigos de Nível

- Utiliza dois níveis de tensão para codificar os dígitos binários.
- **Tipos: Unipolar ou ON-OFF**

**Polar**



Exemplo: Admitindo Símbolos equiprováveis

**Unipolar NRZ:** 5V □ “ 1 “  
0V □ “ 0 “

**Potência média: 12.5 w**

**Polar NRZ:** 2.5V □ “ 1 “  
-2.5V □ “ 0 “

**Potência média: 6.25 w**

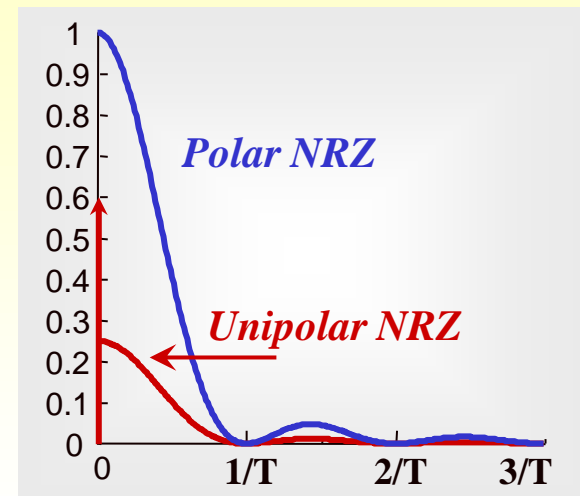


## □ Espectro densidade de potência

□ Pulso retangular :  $|G(f)|^2 = \tau^2 \text{sinc}^2(\tau f)$

□ Unipolar NRZ :  $S(f) = \frac{a^2}{4T} |G(f)|^2 + \frac{a^2}{4} \delta(f)$

□ Polar NRZ :  $S(f) = \frac{a^2}{T} |G(f)|^2$



## Problemas

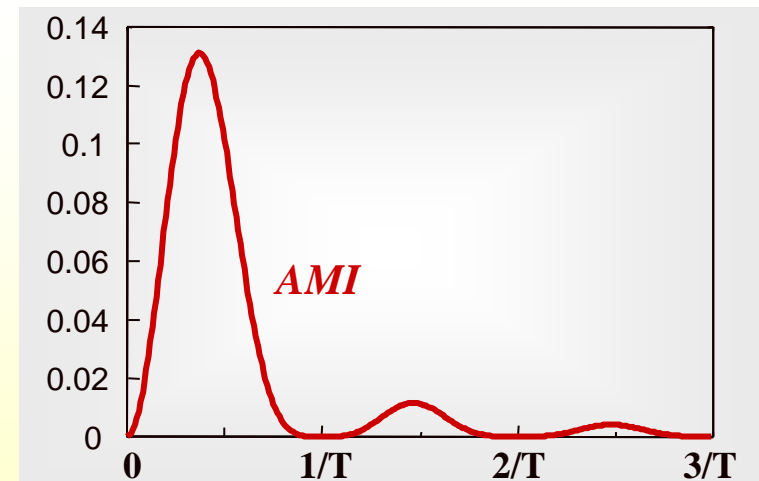
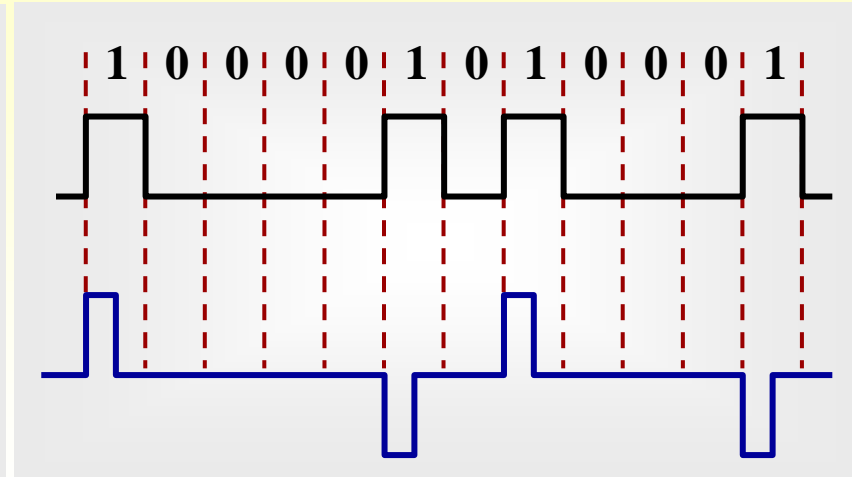
- Para um fluxo longo de “ 0 “ ou “ 1 “ :
  - poucas transições ( problemas com temporização),
  - Nível cc que varia com os padrões do código,
- densidade espectral de potência concentrada em baixas frequências,
- não há possibilidade de monitoramento de erros.



## 2. Código Bipolar ( AMI : alternate mark inversion)

- ❑ Energia cc nula.
- ❑ Utiliza três níveis de tensão:
  - ❑ “0” : 0V
  - ❑ “1” : tensão positiva ou negativa alternadamente
- ❑ Este código contém redundâncias:
  - ❑ monitoramento de erros através das violações na regra AMI.
- ❑ Uso: T1 24 canais.

$$S(f) = \frac{a^2}{2T} |G(f)|^2 (1 - \cos 2\pi f T)$$

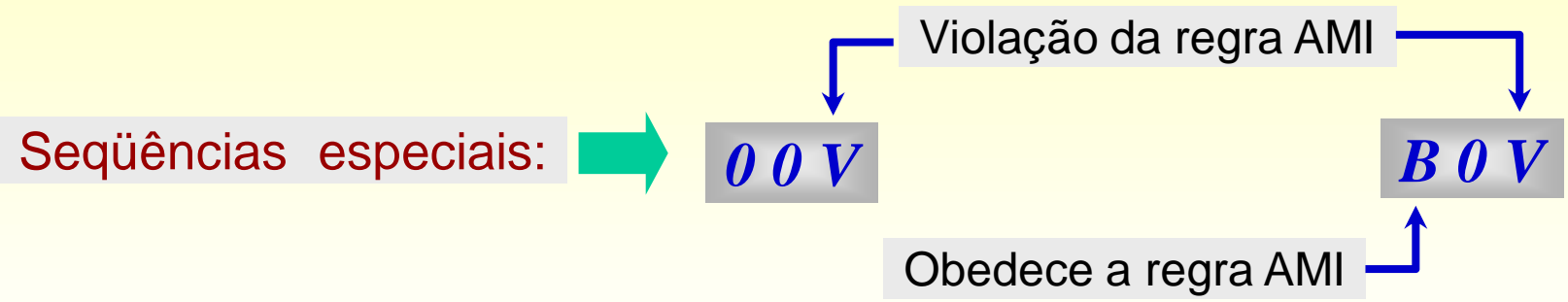


### 3. Código Binário com substituição de N zeros ( BnZS )

- Limitação do código AMI: dependência da mínima densidade de pulsos para manter sinal de temporização (relógio).
  - Uma seqüência longa de zeros consecutivos causa 'jitter' ou perda de sincronismo.
  - Conseqüência: aumento na taxa de erros.
- Solução: desenvolvimento de códigos que limitam o número de zeros consecutivos de uma seqüência: Códigos BnZS.
  
- **Idéia básica para este tipo de código:**
  - Uma seqüência com N zeros é substituída por uma seqüência especial.
  - Estas seqüências contêm alguns pulsos que violam a regra AMI.
- Vantagem aumento na densidade dos pulsos quando ocorrer seqüências longas de zeros.
- Desvantagem: prejuízo na detecção de erros.



a. **Código B3ZS:** Seqüências de 3 zeros consecutivos são substituídas como abaixo:



Regra de substituição

<i>Polaridade do pulso precedente</i>	<i>Número de pulsos "1" desde a última violação</i>	
	<i>impar</i>	<i>par</i>
-	$00-$	$+0+$
+	$00+$	$-0-$

❑ **Observações:**

- ❑ Ocorre um número par de pulsos bipolares entre violações somente se houver erros na linha ❑ monitoramento de erros.
- ❑ Aplicação: sistema T1.



**Exemplo:**

	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
<i>impar</i>	+	0	-	0	0	-	+	-	+	0	+	-	0	-	0	0	+	0	0	+	-
<i>par</i>	+	0	-	+	0	+	-	+	-	0	-	+	0	+	0	0	-	0	0	-	+

Observe que existem duas seqüências possíveis, dependendo do número de pulsos desde a última violação.

**Códigos B6ZS e B8ZS:**

As regras para substituição são mostradas abaixo

	<i>Polaridade do pulso precedente</i>	<i>Substituição</i>
<i>B6ZS</i>	-	0 - + 0 + -
	+	0 + - 0 - +
<i>B8ZS</i>	-	0 0 0 - + 0 + -
	+	0 0 0 + - 0 - +

→ T2 (96 canais)



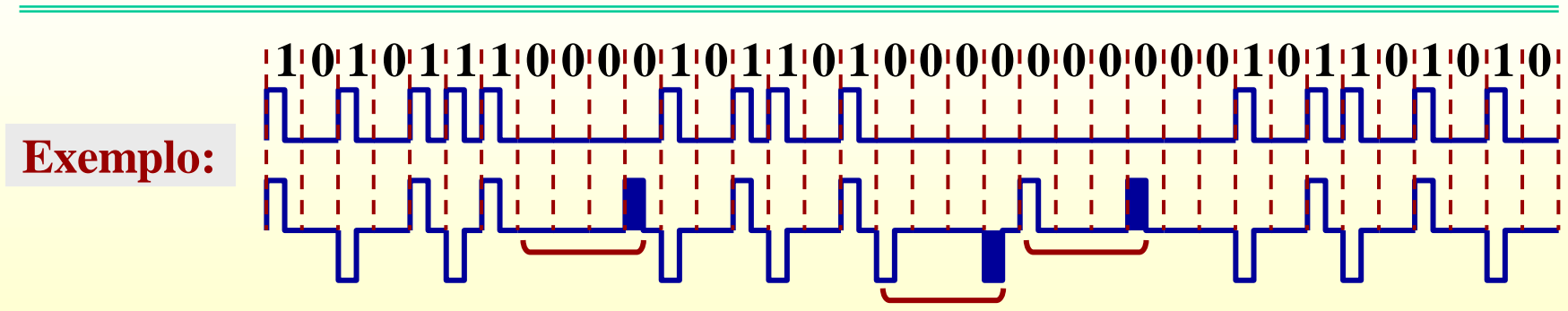


### c. Código HDB3 - ( high density bipolar)

- ❑ O algoritmo de codificação é semelhante ao do código B3ZS.
- ❑ Uma seqüência com 4 zeros consecutivos é substituída por:
  - ❑ **0 0 0 V** ou **B 0 0 V**
- ❑ As regras de substituição são mostradas abaixo:

<i>Polaridade do pulso precedente</i>	<i>Número de pulsos "1" desde a última violação</i>	
	<i>impar</i>	<i>par</i>
-	0 0 0 -	+ 0 0 +
+	0 0 0 +	- 0 0 -

➡ PCM (32 canais)



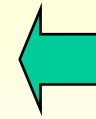
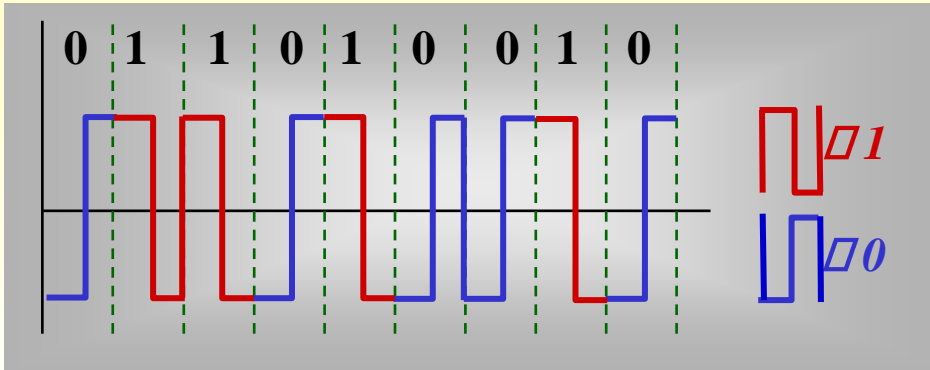
## 4. Código Ternário

- Mapeia 4 bits em 3 dígitos ternários.
- $2^4 = 16$  combinações diferentes.
- $3^3 = 27$  combinações diferentes.
- **Vantagens:**
  - Redução na largura de faixa.
  - Forte conteúdo de temporização.
- **Desvantagens:**
  - Requer “framing”.
- **Codificação:**
  - A coluna central é balanceada.
  - As colunas laterais são escolhidas de pendendo da disparidade ( soma dos dígitos).
  - Disparidade + □ modo - (vice ver.)

<i>Código 4B3T</i>			
	<i>Modo -</i>		<i>Modo +</i>
<i>0000</i>	<i>- - -</i>		<i>+ + +</i>
<i>0001</i>	<i>- - 0</i>		<i>+ + 0</i>
<i>0010</i>	<i>- 0 -</i>		<i>+ 0 +</i>
<i>0011</i>	<i>0 - -</i>		<i>0 + +</i>
<i>0100</i>	<i>- - +</i>		<i>+ + -</i>
<i>0101</i>	<i>- + -</i>		<i>+ - +</i>
<i>0110</i>	<i>+ - -</i>		<i>- + +</i>
<i>0111</i>	<i>- 0 0</i>		<i>+ 0 0</i>
<i>1000</i>	<i>0 - 0</i>		<i>0 + 0</i>
<i>1001</i>	<i>0 0 -</i>		<i>0 0 +</i>
<i>1010</i>		<i>0 + -</i>	
<i>1011</i>		<i>0 - +</i>	
<i>1100</i>		<i>+ 0 -</i>	
<i>1101</i>		<i>- 0 +</i>	
<i>1110</i>		<i>+ - 0</i>	
<i>1111</i>		<i>- + 0</i>	



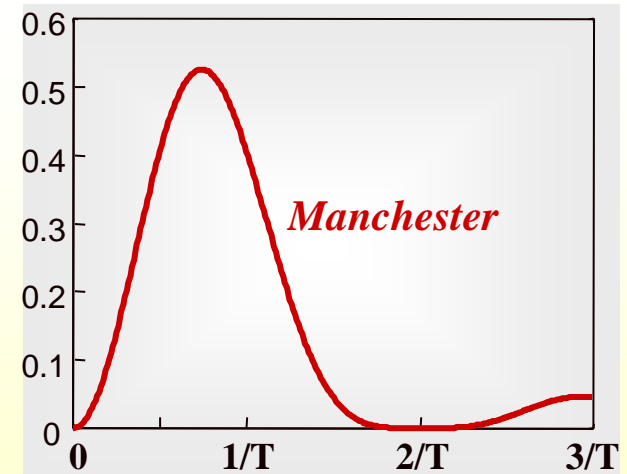
## 5. Código Manchester ( biphase - diphase)



- Utiliza um ciclo da onda quadrada para codificar o “1” e fase oposta para o “0”.
- Nível cc nulo.

- Existe sempre uma transição nos centros dos pulsos :
  - forte conteúdo de temporização
- Densidade espectral de potência concentrada em torno de  $1/T$ :
  - Largura de faixa grande ( $2/T$ )
- Não apresenta redundâncias.
  - não há como detectar erros.
- Uso: Ethernet LAN (IEEE 802.3)

$$S(f) = a^2 T \text{sinc}^2\left(\frac{fT}{2}\right) \sin^2\left(\frac{\pi fT}{2}\right)$$



## 6. Código Diferencial

- ❑ Codifica o dígito “1” como uma mudança de estado e o “0” sem mudança de estado.
- ❑ a informação está contida nas transições,

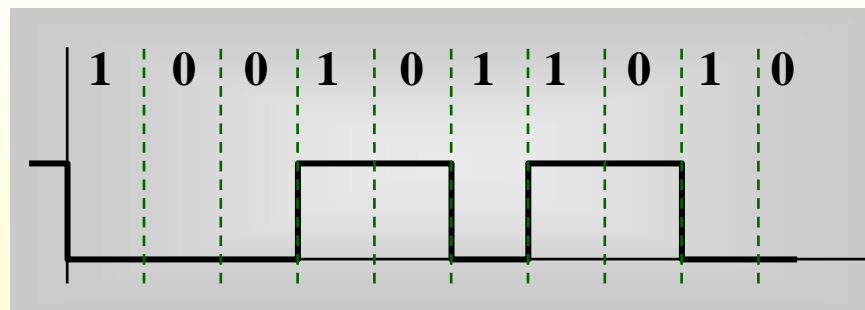
### Vantagens:

- ❑ Insensível à inversão de fase,
- ❑ O decodificador não necessita de uma referência absoluta,

### Desvantagens:

- ❑ densidade espectral de potência concentrada em baixas frequências,
- ❑ dobra a probabilidade de erros.

**Exemplo:**



## 7. Códigos Multiníveis

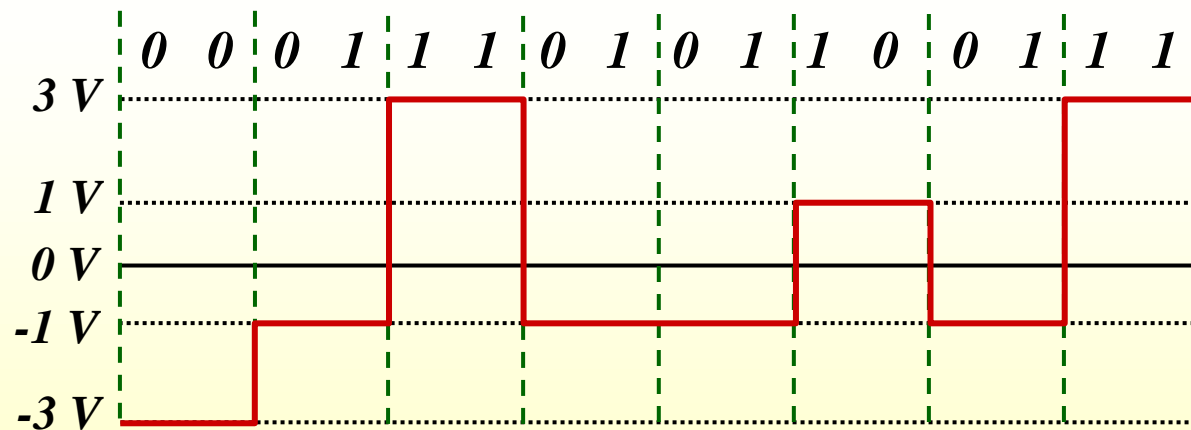
- ❑ Utiliza mais de dois níveis de tensão para a codificação dos dados digitais.
- ❑ Exemplo para quatro níveis de tensão ( agrupa de 2 em 2 dígitos binários ) como mostra a figura abaixo:

### Vantagens:

- ❑ compressão na banda de transmissão.

### Desvantagens:

- ❑ detecção de quatro ou mais níveis de tensão.



## Modulação M-PSK

- ❖ ***M* fases distintas são utilizadas para transmitir os bits de informação,**
  - ***cada fase transmitida representa  $v$  bits tais que;***

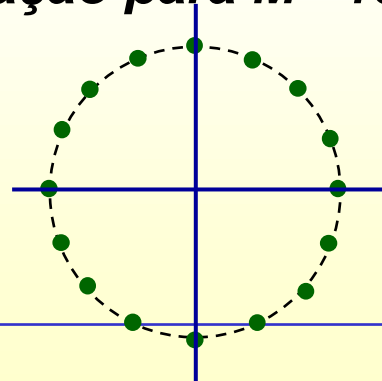
$$M = 2^v \quad : \quad v = 2, \dots, 8$$

- ***o sinal M-PSK pode ser escrita como,***

$$e_k(t) = \cos\left(2\pi f_0 t + \frac{2\pi}{M} k\right) \quad k = 0, 1, \dots, M - 1$$

- ***constelação para  $M=16$ ,  $v=4$ .***

**16-PSK**



# Modulação QAM

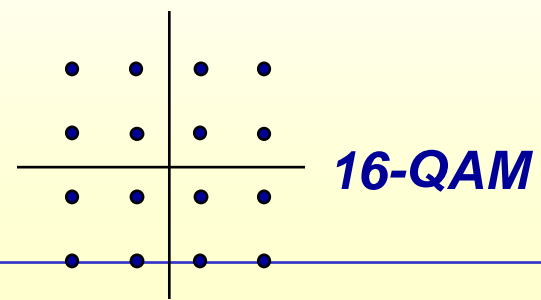
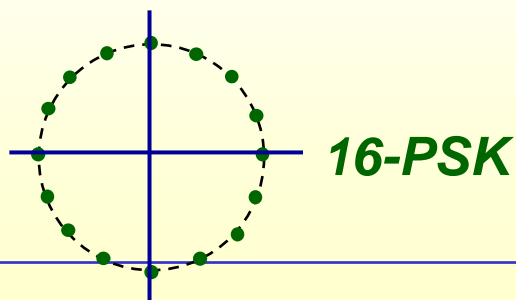
- QAM → Modulação em amplitude e em quadratura.
  - é uma extensão do sistema M-PSK (fases múltiplas),
  - combina deslocamentos amplitude (ASK) e de fase (PSK),
  - representação: M-QAM.
    - em que:

$$M = 2^v \quad : \quad v = 2, \dots, 8$$

- *resultando nos sistemas 4-QAM, 8-QAM, 16-QAM, ... 256-QAM.*
  - *para  $v = 2$  tem-se o sistema QPSK.*

❖ **Cada estado está relacionado com  $v$  bits o que permite uma redução na largura de faixa para  $1/v$  em relação ao sistema BPSK.**

❖ **Constelação para os sistemas 16-PSK e 16-QAM**



# Apêndice

