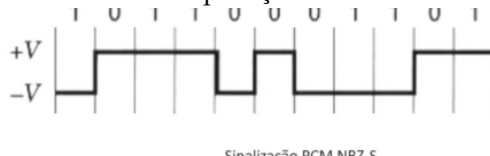


## 1 Aula 6.1 - Códigos de linha

O objetivo dessa vídeo aula é mostrar os diversos esquemas de codificação existentes na modulação digital da informação. O ponto crucial para entender a distinção entre esquemas é compreender como os esquemas são classificados visto que entendendo a "lógica de classificação", fica fácil mapear um esquema ao resultado final de uma sequência de bits passando pelo mesmo. Para facilitar a compreensão introduziremos cada categoria 1 a 1 e terminaremos com um apanhado contrastando o uso de cada uma.

### 1.1 NRZ - Não Retorno ao Zero

Porque o nome NRZ, o que significa não retornar a zero? Veja a imagem abaixo para tentar associar a explicação ao resultado real.



Bem o não retorno ao zero está no fato que o sinal elétrico de saída, o resultado da codificação, oscila sempre entre nos limites do conjunto  $[ +V, -V ]$  consequentemente nunca o bit 0/1 assume o valor de 0V, daí o nome, não retorno ao zero.

vamos agora as subdivisões que existem

#### 1.1.1 As possíveis subdivisões, ao que você deve estar atento?

**L (level)** (do inglês nível): nessa subdivisão existe um mapeamento claro entre o nível lógico 0 e -V e nível lógico 1 e +V, é a figura de cima, o ponto crucial é que essa subdivisão não é afetada pelo valor do bit anterior, não existe memória na codificação, o mapeamento é estático.

**M/S (mark/space)** (do inglês marca/espço): nessas subdivisões existe um nível lógico que alterna e outro que fica fixo e nível de tensão igual ao do que alterou, logo um nível lógico marca a tensão usada pelo outro, efetivamente, no caso **M** é para o caso que o bit 1 é o que marca e **S** é o caso que o bit 0 é marcado.



**OBS2:** Note que a imposição de um nível lógico ser alterado se dá pelo fato de que se não alterasse seria impossível distinguir os níveis lógicos visto a regra de codificação mencionada previamente.

## 1.2 RZ - Retorno ao zero

O detalhe aqui é perceber que o nível lógico, independente da subdivisão, *sempre retorna para o 0 por metade do intervalo de codificação de um bit.*



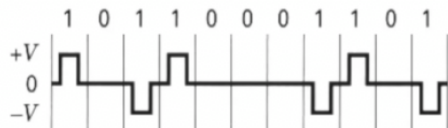
### 1.2.1 As possíveis subdivisões, ao que você deve estar atento?

**Polar:** a distinção é clara, os níveis lógicos no final do período de transição são necessariamente  $+V$  ou  $-V$ , muito parecido com o NRZ-L, mas note que há esse retorno ao zero que dá o nome a essa família de esquemas.



**OBS:** Nesse caso é convenção que o bit 1 seja codificado por tensão positiva e o bit 0 negativa.

**AMI (Alternate mark inversion):** o nome leva marca, mas note que pela representação abaixo do esquema não existe marca, visto que o bit 0 é sempre 0, infelizmente é uma inconsistência de nomenclatura, **note que na imagem o autor não compensou o offset inicial da codificação, mas usualmente o offset é o mesmo que da anterior.** O ponto é que a codificação é curiosa visto que o bit 1 pode ser codificado tanto como  $+V$  e  $-V$  é típico ter problemas de sincronismo com esse esquema se vários zeros forem enviados em sequência.



## 1.3 Bifase

Aqui que a imaginação precisa ser um pouco maior, os níveis deixaram de ser tão óbvios, não é mais zero no meio de uma transição ou uma transição instantânea como no NRZ é o tipo da transição, se sobe ou desce, é difícil visualizar isso então deixe eu fornecer uma maneira de pensar a respeito da distinção:

**Se for transição de subida imagine que é equivalente a jogar a parte antes do meio da transição para cima efetivamente parecendo com o NRZ-L para**

nível lógico 1 e se for descida repetir o processo obtendo o mapeamento no NRZ para nível lógico 0, conclusão, segundo essa lógica o bit 0 do NRZ seria mapeado no bit 1 do bifase e o contrário para o bit 1 do NRZ.

*OBS:note ainda que as transições intermediárias, ocorrem no meio da transição, são garantidas por esse esquema, mas a que ocorrem no final não*

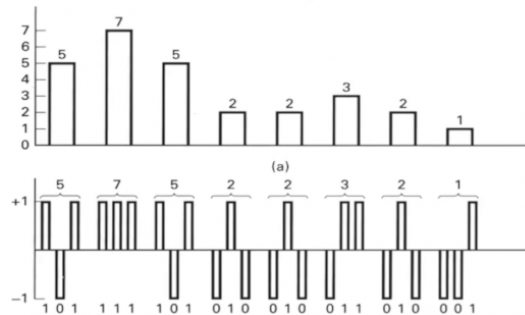


no caso o esquema acima se chama *Manchester ou bifase-L*

Bem ainda existe o **Manchester Diferencial-M**, mas esse não será comentado nessas notas.

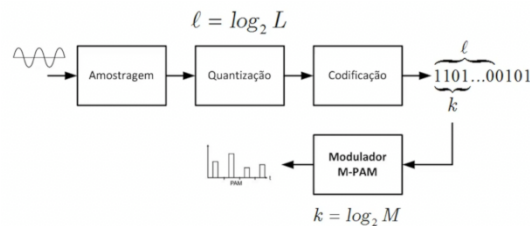
## 2 Aula 6.2 - Modulação M-PAM

O objetivo desta aula é demonstrar uma técnica alternativa de modulação de sinal digital a modulação M-PAM, aqui contrastaremos a mesma com a alternativa PCM, conceitualmente o que a difere da previamente mencionada e porque ou não usar uma ou a outra.



### 2.1 O que é a modulação PCM mesmo?

Lembrando do diagrama de comunicação:



Note que o sinal é amostrado isto é a uma dada frequência o valor atual do sinal é capturado e enviado para um conversor ADC, analógico digital, na saída obtemos o sinal quantizado que é pegar os possíveis valores do sinal analógico, os limites, e associar uma sequência de bits que melhor mapeie aquele nível lógico, note que quanto mais bits mais preciso, porém mais caro, depois é a etapa de codificação que faz o mapeamento daquela sequência de bits em uma segunda sequência de bits denominada **símbolos** e agora é onde entra a modulação PCM, cada símbolo é composto de k bits a modulação PCM envia k bits numa transição de maneira individualizada, cada bit é enviado em frações do período para transição de forma que é necessário examinar k bits para saber o símbolo transmitido.

### 2.2 Porque então a modulação M-PAM?

Note que há uma escolha na etapa de modulação, é possível fazer um terceiro mapeamento dos k bits em níveis discretos de amplitude, então suponha que um exemplo de k bits fosse 101 isso seria mapeado no nível de amplitude 5, visto

que 000 seria mapeado no 0 de nível de amplitude e 111 seria mapeado em 7 de nível de amplitude, logo diminuindo o número de bits transmitido efetivamente diminui a largura de banda e essa é a maior vantagem dessa modulação, note no entanto que na velocidade de informação é essencialmente a mesma visto que tal modulação não comprime o tempo de envio e portanto o tempo para chegar os  $k$  bits que representam o símbolo na modulação PCM é o tempo para chegar o sinal modulado em amplitude.

### 2.3 Comparando as abordagens, não há bala de prata ☹️

E novamente voltamos a velha tautologia conhecida pelos engenheiros, não há solução perfeita. Ora o que a modulação M-PAM nos fornece é ótimo, mas o gasto de potência é muito maior visto que não só o transmissor como o receptor precisam modular níveis de amplitudes para o total de símbolos que existam no esquema de comunicação, mas ainda há um outro problema quanto mais níveis de amplitude maior se torna o problema de detecção simbólica visto que a diferença de níveis de amplitude tende a diminuir e consequentemente erros ficam mais custosos de serem detectados ou até mesmo corrigidos.

### 2.4 E não tem equação nessa aula?

Sim tem uma bastante importante que ajuda a dimensionar a quantidade de bits de acordo com o erro de quantização desejado, lembre-se que independente do número de estados para quantizar a amostra o erro entre estados é no máximo, pior caso,  $|e|_{max} = \frac{q}{2}$  e sabendo disso e da seguinte desigualdade:  $|e| \leq pV_{pp}$  obtemos a relação final:

$$L \geq \frac{1}{2p} \quad (1)$$

$$l \geq \log_2\left(\frac{1}{2p}\right) \quad (2)$$

onde  $L = 2^l$