

**Tema 6:** ESPECTRO EXPANDIDO. DETECCIÓN EN PRESENCIA DE RUIDO, de señales moduladas linealmente o en ángulo. Cálculo de la relación señal/ruido de post-detección o la probabilidad de error en función de la relación señal/ruido de pre-detección. **TEORÍA DE LA INFORMACIÓN:** información, entropía. Capacidad de canal.

Bibliografía:

1. Cap. 16 , Carlson-Crilly-Rutledge, "Communication Systems".
2. Cap. 8, Lathi. "Introducción a la teoría y Sistemas de comunicación"



# INFORMACIÓN

$$I_i \triangleq -\log_b P_i = \log_b \frac{1}{P_i}$$

## Propiedades

$$I_i \geq 0 \quad \text{for} \quad 0 \leq P_i \leq 1$$

$$I_i \rightarrow 0 \quad \text{for} \quad P_i \rightarrow 1$$

$$I_i > I_j \quad \text{for} \quad P_i < P_j$$

# INFORMACIÓN

$$I_i \triangleq -\log_b P_i = \log_b \frac{1}{P_i}$$

## Propiedades

$P(x_i x_j) = P_i P_j$ ; then

$$I_{ij} = \log_b \frac{1}{P_i P_j} = \log_b \frac{1}{P_i} + \log_b \frac{1}{P_j} = I_i + I_j$$

## ENTROPÍA

M different symbols, i.e., an M-ary alphabet.

$$\sum_{i=1}^M P_i = 1$$

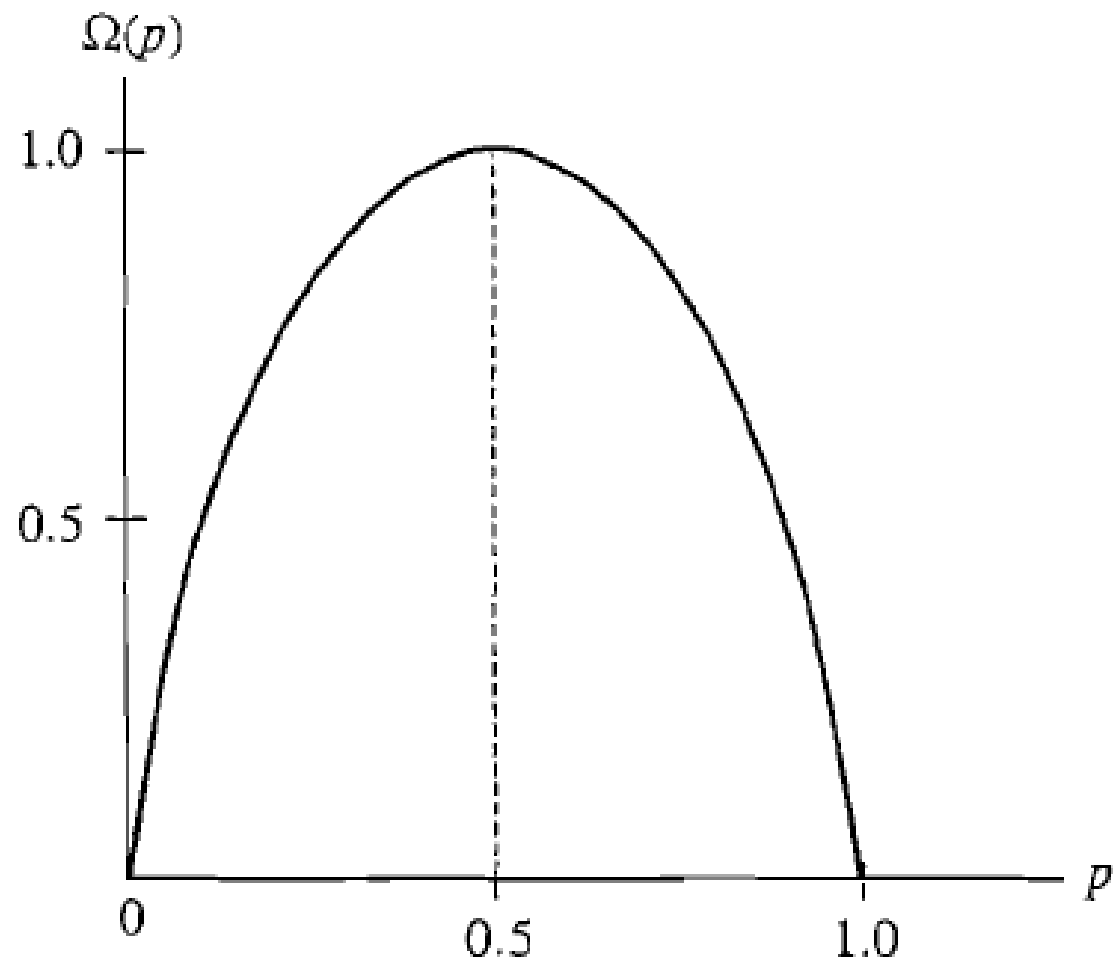
$$H(X) \triangleq \sum_{i=1}^M P_i I_i = \sum_{i=1}^M P_i \log \frac{1}{P_i} \text{ bits/symbol}$$

$$H(X) \triangleq \sum_{i=1}^M P_i I_i = \sum_{i=1}^M P_i \log \frac{1}{P_i} \quad \text{bits/symbol}$$

$$0 \leq H(X) \leq \log M$$

**information rate**

$$R \triangleq rH(X) \quad \text{bits/sec}$$



**Figure 16.1-1** Binary entropy function

Suppose a source emits  $r = 2000$  symbols/sec selected from an alphabet of size  $M = 4$  with symbol probabilities and self information listed in Table 16.1–1. Equation (6) gives the source entropy

¿H?

¿R?

¿R<sub>b</sub>?



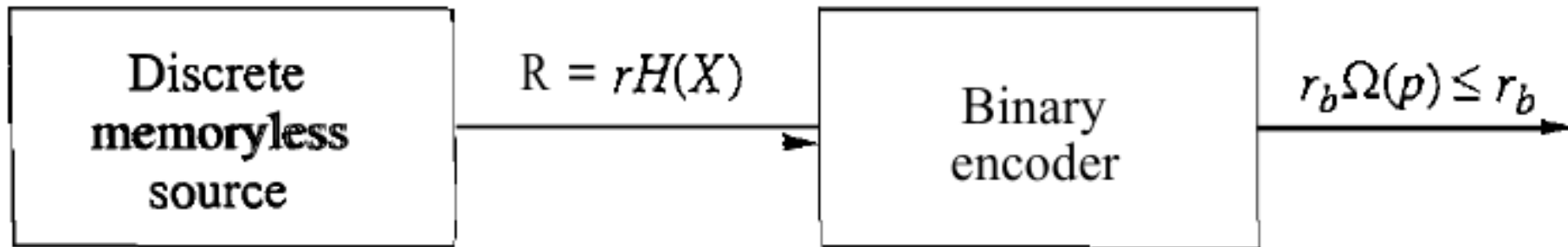


Figure 16.1-3

$$R = rH(X) = r_b \Omega(p) \leq r_b \text{ or } r_b/r \geq H(X).$$

**average code length.**

$$\bar{N} = r_b/r$$

$$\bar{N} = \sum_{i=1}^M P_i N_i$$

Medida de eficiencia  
de la codificación

## Shannon's source coding theorem

$$H(X) \leq \bar{N} < H(X) + \epsilon$$

**Kraft inequality.**

$$K = \sum_{i=1}^M 2^{-N_i} \leq 1$$

**Table 16.1-2** Illustrative source codes

$x_i$	$P_i$	Code I	Code II	Code III	Code IV
<i>A</i>	1/2	00	0	0	0
<i>B</i>	1/4	01	1	01	10
<i>C</i>	1/8	10	10	011	110
<i>D</i>	1/8	11	11	0111	111
	$\bar{N}$	2.0	1.25	1.875	1.75
	<i>K</i>	1.0	1.5	0.9375	1.0

**Table 16.1–3**      Shannon-Fano coding

$x_i$	$P_i$	Coding steps						Codeword
		1	2	3	4	5	6	
<i>A</i>	0.50	0						0
<i>B</i>	0.15	1	0	0				100
<i>C</i>	0.15	1	0	1				101
<i>D</i>	0.08	1	1	0				110
<i>E</i>	0.08	1	1	1	0			1110
<i>F</i>	0.02	1	1	1	1	0		11110
<i>G</i>	0.01	1	1	1	1	1	0	111110
<i>H</i>	0.01	1	1	1	1	1	1	111111

## Capacidad del canal

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right)$$

$$M = \frac{\sqrt{S+N}}{\sqrt{N}} = \sqrt{1 + \frac{S}{N}}$$

(Ver Lathi cap. 8.2)

