

# Fórmulas comunicaciones digitales

May 25, 2025

## 1 Fórmulas para todos los casos

1. Tasa de transferencia de simbolo

$$R_s = \frac{1}{T_s} [\#simbolos/tiempo] \quad (1)$$

2. Cantidad de simbolos

$$M = 2^{\eta_b} [simbolos] \quad (2)$$

3. Tasa de transmisión por usuario

$$R_U = \frac{R_T}{\eta_c} [bits/simb] \quad (3)$$

Donde  $\eta_c$  es numeros de los canales y  $R_T$  es transmisión total

4. Frecuencia de muestreo

$$f_{mt} > 2f_{max} \quad (4)$$

Unidad  $[\frac{1}{s} = Hz]$

5. Probabilidad del simbolo

$$P(si) = \frac{\#desimbolo}{\#desimbolostotales} \quad (5)$$

6. Medida de información

$$I(s_i) = \log_n \frac{1}{P(si)} [medida] \quad (6)$$

Donde  $n$  es la base que de acuerdo a la medida de información es:

- (a)  $n=2$ ; Se refiere a la unidad bit
- (b)  $n=10$ ; Se refiere a la unidad Hartley
- (c)  $n=e$ ; Se refiere a la Nat

Cada uno de los anterior se refier al la medida por ejemplo 2 bits, 2 Nats, 3 Hartley. Solo se refiere a la unidad de medición

7. Factor de conversion de una medida de información  $m- > n$

$$\log_n \frac{1}{P(si)} = \log_m \frac{1}{P(si)} \log_n m \quad (7)$$

donde  $\log_m \frac{1}{P(si)}$  seria la medida con la unidad actual. Por ejemplo si se tiene 3bits y se quiere pasar a nat

$$\ln \frac{1}{P(si)} = 3 \log_e 2 = 2.079nats \quad (8)$$

También se puede usar la siguiente

$$I(s_i) = \log_2 M[bit] \quad (9)$$

8. Propiedad del logaritmo

$$\log_a b = \frac{\log_c b}{\log_c a} \quad (10)$$

9. Entropía

$$H(s) = \sum_{i=0}^{M-1} I(s_i)P(s_i)[bit/simb] \quad (11)$$

Donde  $I(s_i)$  es la cantidad de información por simbolo que se mide en nat, bit o hartley y  $P(s_i)$  es la probabilidad del simbolo

10. Cantidad de simbolo por mensaje

$$\frac{\#simb}{msj} = R_s T_{msj} [\#simb/msj] \quad (12)$$

11. Valor promedio por mensaje

$$\bar{I} = \frac{\#simb}{msj} H(s)[bits/msj] \quad (13)$$

12. Logintud media

$$L = \sum P(x_i) L_i [bit/palabra] \quad (14)$$

Donde  $L_i$  es la longitud de la palabra o simbolo y  $P(x_i)$  probabilidad del simbolo o palabra

13. Señales binarias arrojadas al canal

$$S_{arrj} = R_s L \quad (15)$$

## 2 Para sistemas AM

Consideración para AM

1. Banda de transmisión

$$BW_{tx} = 2B \quad (16)$$

### 2.1 PWM

1. Ecuación general

$$\tau[s] = b[s] + k[V]f(t)[s/V] \quad (17)$$

Donde las unidades de  $\tau$  es tiempo(s), las unidades de  $b$  igual y  $f(t)$  son  $s/V$  y  $k$  está en Voltios(V)

2. Por lo general se tiene que

$$\tau_g = \tau_o = T_m * 5\% \quad (18)$$

Donde  $\tau_g$  es el tiempo de guarda y  $\tau_o$

3. Resolución

$$\Delta\tau = k_f(V_R) \quad (19)$$

4. Ancho de banda de transmisión

$$Bw_{tx} = \frac{1}{10\Delta\tau} \quad (20)$$

## 3 x-ASFK

Donde x es cualquier sistema 2ASFK,4ASFK y etc

1. Banda sumprimida

$$B' = \frac{C.C}{T_s} \quad (21)$$

2. Periodo de transferencia de simbolo para un fitro ideal

$$T_s = \frac{1}{2B_{filtro}} \quad (22)$$

3. Transferencia de simbolos

$$R(si) = \frac{I(si)}{T_s} [bit/s] \quad (23)$$

4. Casos dependiendo la situación

- (a) Cuando no hay filtro

$$BW_{tx} = 2B \quad (24)$$

(b) Cuando el filtro es ideal

$$BW_{tx} = 2B' \quad (25)$$

Donde B' el ancho de banda suprimido por el filtro

(c) Cuando el filtro real

$$\gamma = \frac{f_a}{f_c} \quad (26)$$

Donde  $\gamma$  es el fator de Rolloff o de caída

$$\frac{1}{T_s} = \frac{2B_{filtro}}{1 + \gamma} \quad (27)$$

## 4 Ejercicios

### 4.1 4ASK

Se transmite un tren de pulso en un 4ASK y se tiene que  $R(si) = 2Mbit/s$ ,  $M = 4$  obtenga  $BW_{tx}$  para cada caso:

1. Para un transmisión sin filtro

$$BW_{tx} = 2B = 2\infty = \infty \quad (28)$$

2. Para un filtro ideal y un  $B_{filtro}=2C.C$

$$I(si) = \log_2 4 = 2 \quad (29)$$

Se sabe que

$$T_s = \frac{I(si)}{R} = \frac{2}{R} \quad (30)$$

Se calcula  $B'$

$$B' = \frac{2}{T_s} = \frac{2R}{2} = R \quad (31)$$

Se calcula  $Bw_{tx}$

$$Bw_{tx} = 2B' = 2(2Mbit/s) = 4MHz \quad (32)$$

3. Con  $\gamma = 0.5$  y un filtro real

$$I(si) = \log_2 4 = 2 \quad (33)$$

Se sabe que

$$T_s = \frac{I(si)}{R} = \frac{2}{R} \quad (34)$$

Se sabe que para un filtro real

$$\frac{1}{T_s} = \frac{2Bw_{filtro}}{1 + \gamma} = R \quad (35)$$

Se calcula  $Bw_{filtro}$

$$\frac{R}{2} = 2B' = \frac{2Bw_{filtro}}{1 + \gamma} \quad (36)$$

$$Bw_{filtro} = \frac{R(1 + \gamma)}{4} = \frac{2Mbit/s * (1 + 0.5)}{4} = 750kHz \quad (37)$$

Se sabe que  $Bw_{filtro} = B'$  por lo que

$$Bw_{tx} = 2B' = 1.5MHz \quad (38)$$