

Rețele de calculatoare

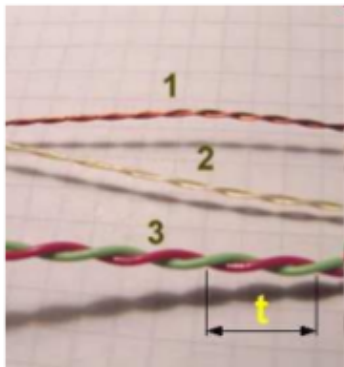
TEMA 1_3

Caracteristicile liniilor de comunicare

Linii electrice de transmisie



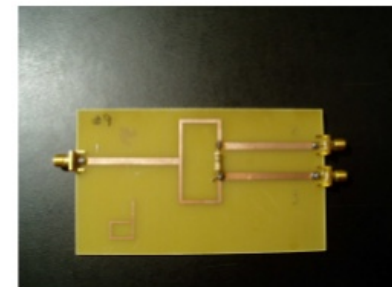
Ligne bifilaire



Ligne coaxiale

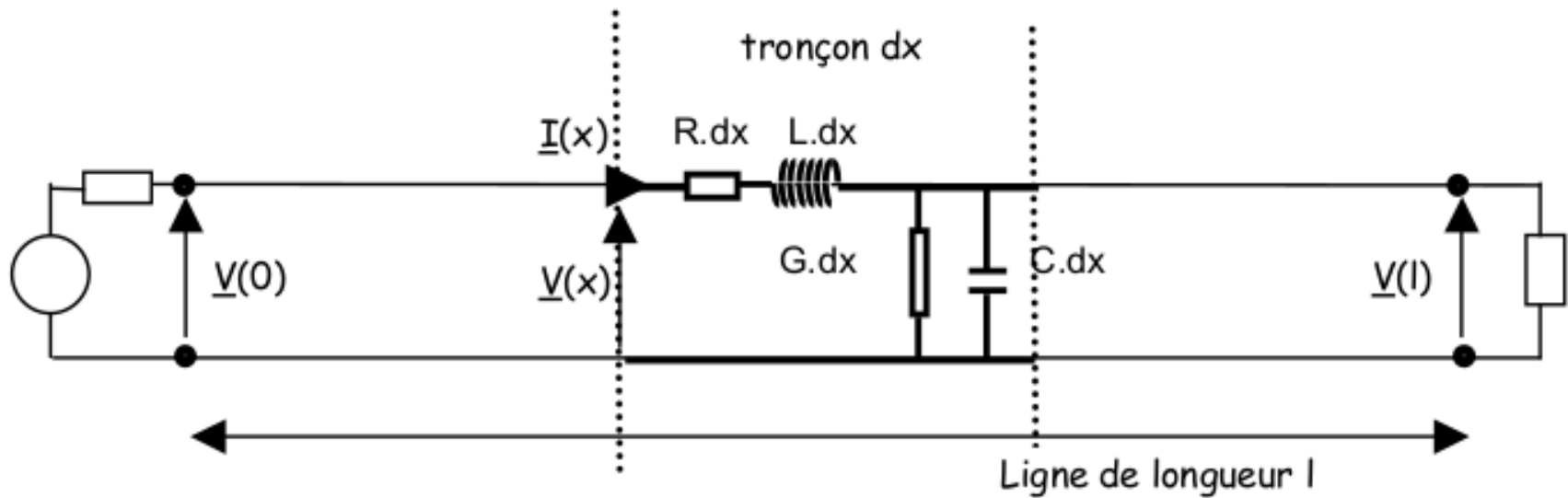


(microstrip)

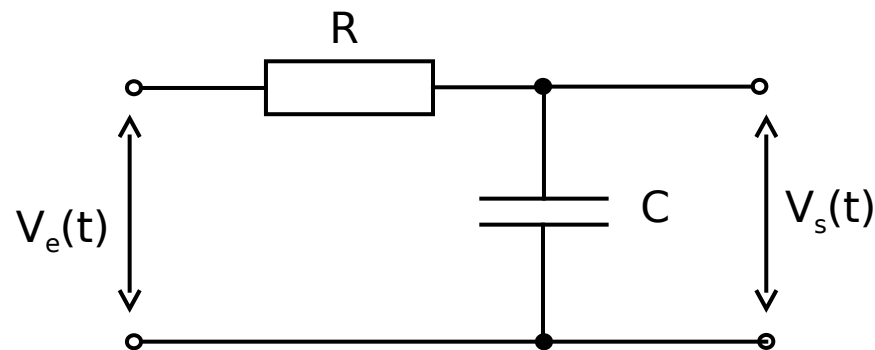


 Métal
 Diélectrique

Modelul unei linii electrice



Transmisiunea unei unde sinusoidale



Semnal de intrare : $v_e(t) = V_e \sin \omega t$

cu

V_e

amplitudine maximala

ω

pulsatia

$f = \omega / 2\pi$

frecventa

$T = 2 \pi / \omega = 1/f$

perioada

semnal de iesire : $v_s(t) = V_s \sin (\omega t + \varphi)$

cu un defazaj φ

Transmisiunea unei unde sinusoidale

Putem demonstra ca

$$Q(\omega) = (1 + j\omega RC)^{-1} \quad (\text{funcția caracteristică})$$

$$V_s/V_e = |Q(\omega)| = (1 + R^2 C^2 \omega^2)^{-1/2}$$

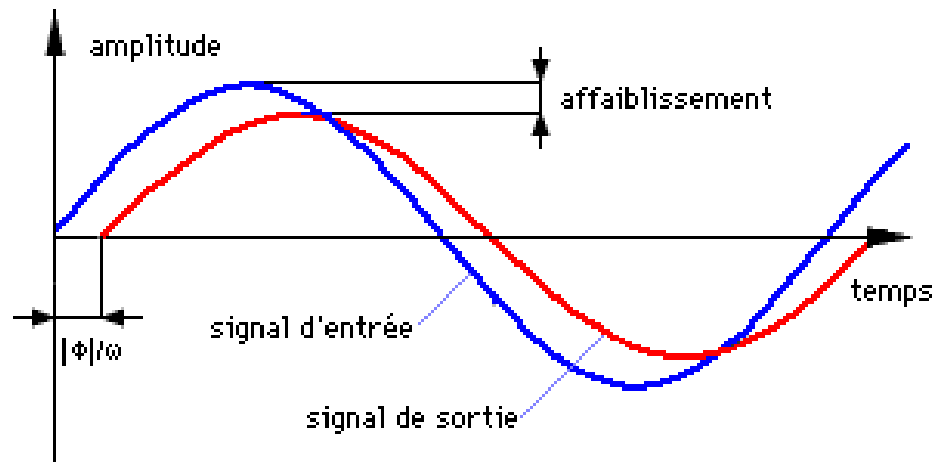
$$\varphi = \arg(Q(\omega)) = \text{atan}(-\omega RC)$$

Cand ω tinde spre infinit (frecvența foarte înaltă) :

$$V_s/V_e \rightarrow 0 \quad \text{și} \quad \varphi \rightarrow -\pi/2$$

consecință : slăbire semnal și defazare

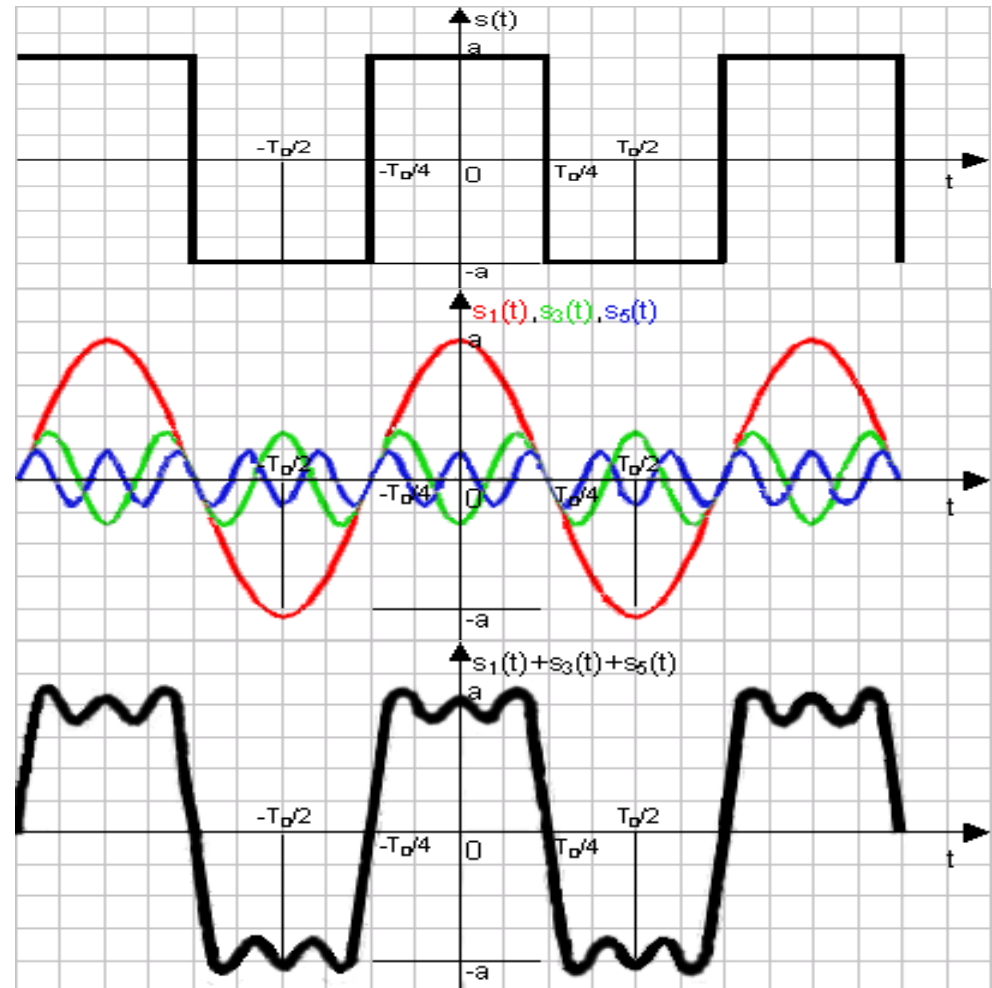
Transmisiunea unei unde sinusoidale



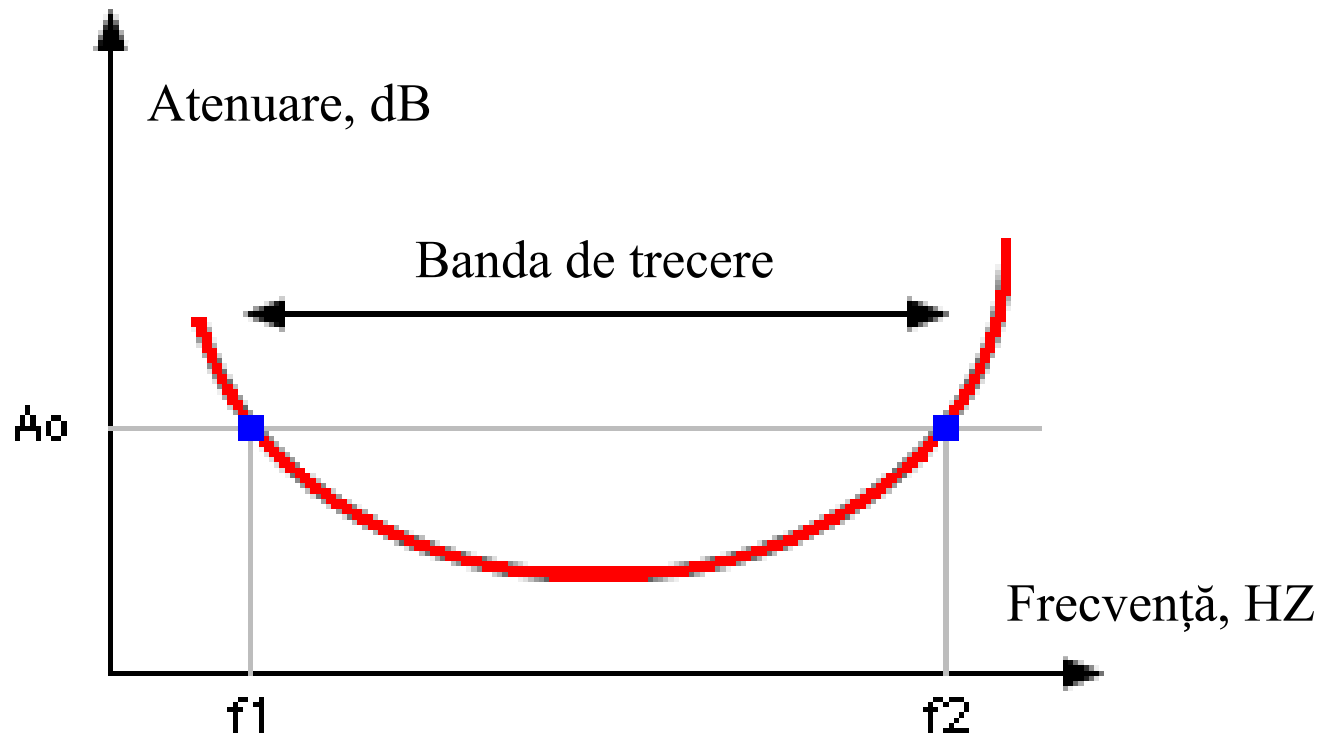
Teorema lui Fourier

$$s(t) = \frac{4a}{\pi} \sum_{p=0}^{\infty} \frac{(-1)^p}{2p+1} \cos(2p+1)\omega_0 t$$

$$s(t) = \frac{4a}{\pi} \left[\cos \omega_0 t - \frac{1}{3} \cos 3\omega_0 t + \frac{1}{5} \cos 5\omega_0 t + \dots \right]$$



O linie electrica – un filtru trece banda



exemplu : lățimea benzii de trecere a liniei telefonice : 3100 Hz

Caracteristica unei linii de comunicare

Banda de trecere (Hz) :

-

$$BT = F_{\max} - F_{\min}$$

- Se definește prin raportul de putere (P_e/P_r) în dB

$$10 \log (P_{\text{emisie}} / P_{\text{receptie}}) \leq N$$

- Se ia $N = 3$, adică 50 % de "pierdere" (3 dB)
- Exemplu

Linia telefonica - $F_{\min} = 300 \text{ Hz}$ $F_{\max} = 3400 \text{ Hz}$

Banda de trecere $BT = 3100 \text{ Hz}$

Caracteristica unei linii de comunicare

Durată de propagare $\rightarrow T_p$

Tempul necesar pentru ca semnalul să parcurgă suportul dintr-un capăt în celalalt.

Depinde de :

- ♦ natura suportului
- ♦ distanța
- ♦ Frecvența semnalului

• **cablu torsadat**

$$T_p \approx 4\text{-}5 \mu\text{s} / \text{km}$$

• **câblu coaxial**

$$10\mu\text{s} \leq T_p \leq 40\mu\text{s} / \text{km}$$

• **satelit**

$$T_p \approx 270 \text{ ms}$$

Caracteristica unei linii de comunicare

Durată de transmisie → T_t

$$T_t = \frac{\text{Numar de biti transmisi (mesajul)}}{\text{Debitul canalului}}$$

Exemplu :

Fie un mesaj de 10 000 bits transmis intr-o retea Ethernet de 10 Mbit/s

$$T_t = 10000 / (10 * 10^6) = 1 \text{ ms}$$

Caracteristica unei linii de comunicare

Durată de transfer $\rightarrow T_r$

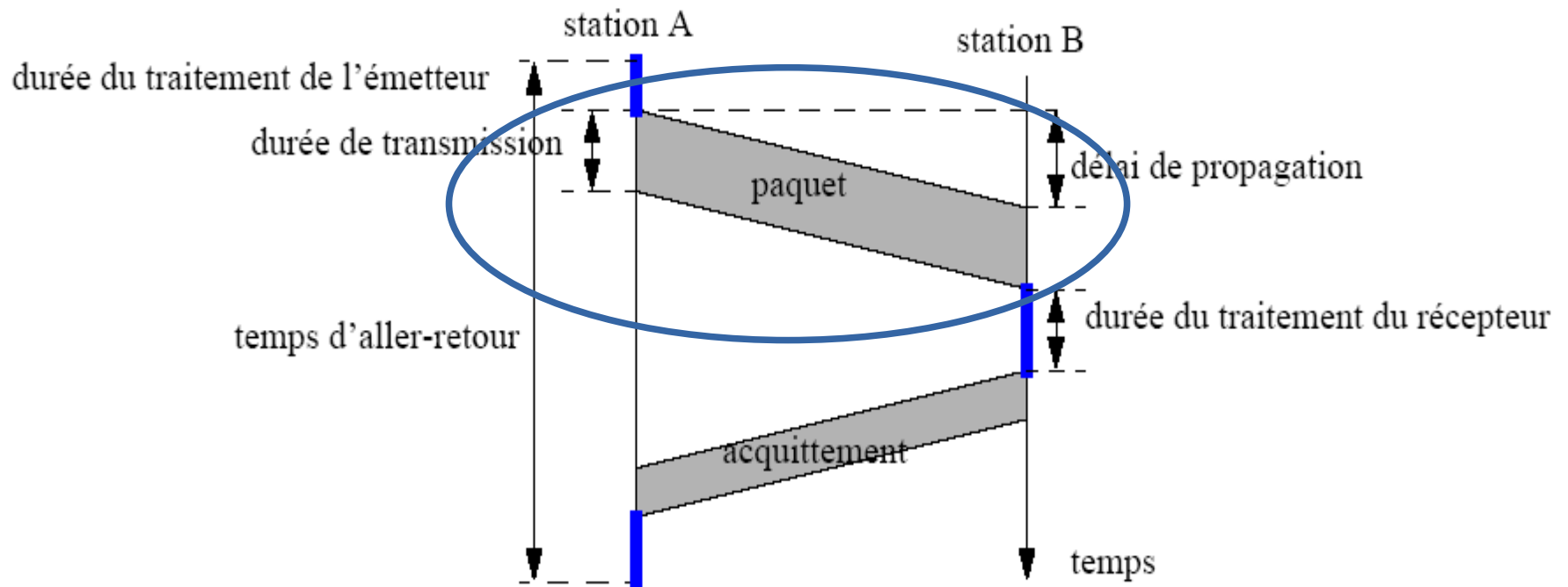
$$T_r = T_p + T_t$$

Exemplu :

Calculați durată de transfer a unui fișier de 20 octeti la un debit de 10 Mbit/s cu lungimea liniei coaxiale de 100 m.

- $T_p \approx 4\mu s / km \rightarrow T_p \approx 4/10 \mu s = 0.4 \mu s$ (pentru 100 m)
 - $T_t = (20 \times 1024 \times 8) / (10 \cdot 10^6) = 16.4 \text{ ms}$
- $T_r = 16.8 \text{ ms}$

Întârzierea



Debitul binar al unei linii de comunicare

Un mesaj = succesiune de semnale (analogice sau numerice)

2 parametri care caracterizeaza o linie

- Viteza de transmisie (sau debitul binar) (biti/sec)
 - Debit binar - numarul de biti transmisi intr-o unitate de timp
- Rapiditatea de modulare (baud)
 - Rapiditatea de modulare - numarul maximal de pulsatii (schimbari) a unei valori electrice (de regula tensiunea) pe unitate de timp

Este una caracteristica fizica a liniei

Rapiditatea de modulare: $R = 1/\Delta$ (in baud)

Δ - interval semnificativ

Debitul binar al unei linii de comunicare

***Interval semnificativ:** timp în care caracteristicile semnalului transmis nu sunt modificate (în transmiterea datelor, aceasta înseamnă că semnalele nu variază în timpul unui interval de timp corespunzător intervalului semnificativ). Intervalul semnificativ corespunde și intervalului de timp dintre 2 momente semnificative*

***Moment semnificativ:** moment ales pentru evaluarea semnalului transmis (cel mai favorabil moment este, în general, cel care corespunde mijlocului intervalului semnificativ).*

***Valență:** numărul stărilor semnificative distincte utilizate într-o modulație pentru a caracteriza elementele de semnal care urmează să fie transmise.*

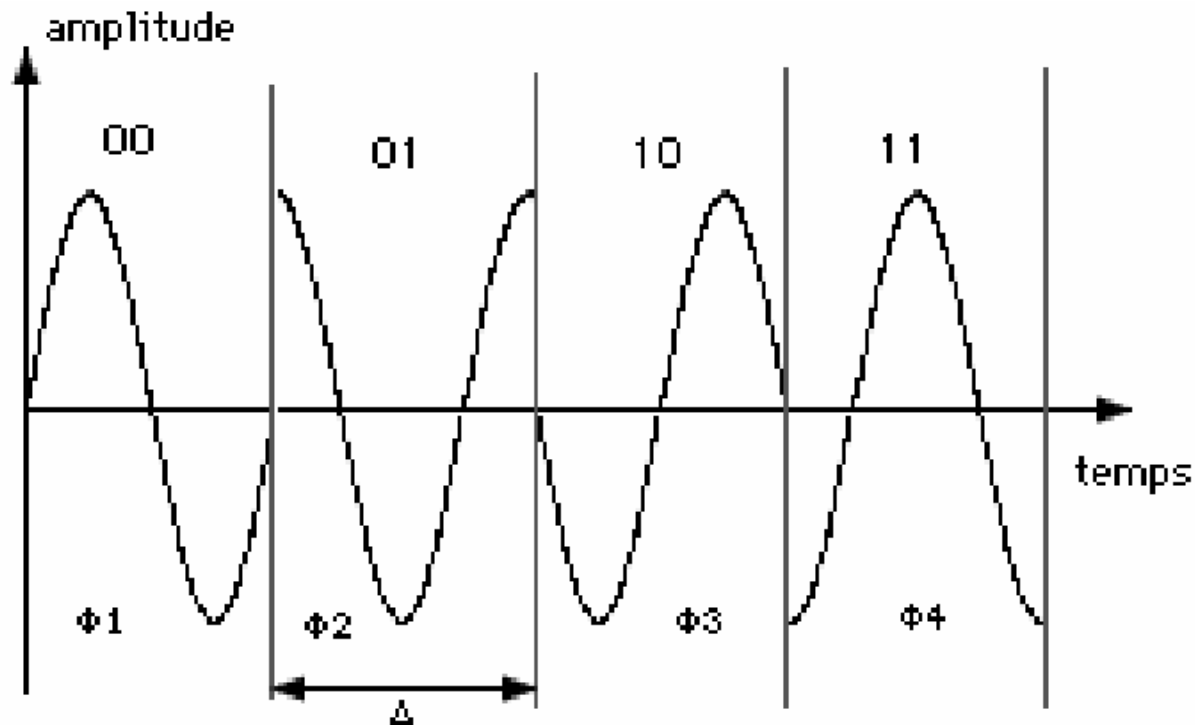
Dacă mesajul este binar, fiecare semnal poate transporta n biți (cantitate de informații)

Pentru un semnal care are q nivele și $q=2^n$ unde n este numărul de biți ai fiecărui nivel

$$D = R \log_2 q = R \log_2 2^n = nR$$

Rapiditate de modulare si debit

Exemplu: modulare de fază (semnal analogic)

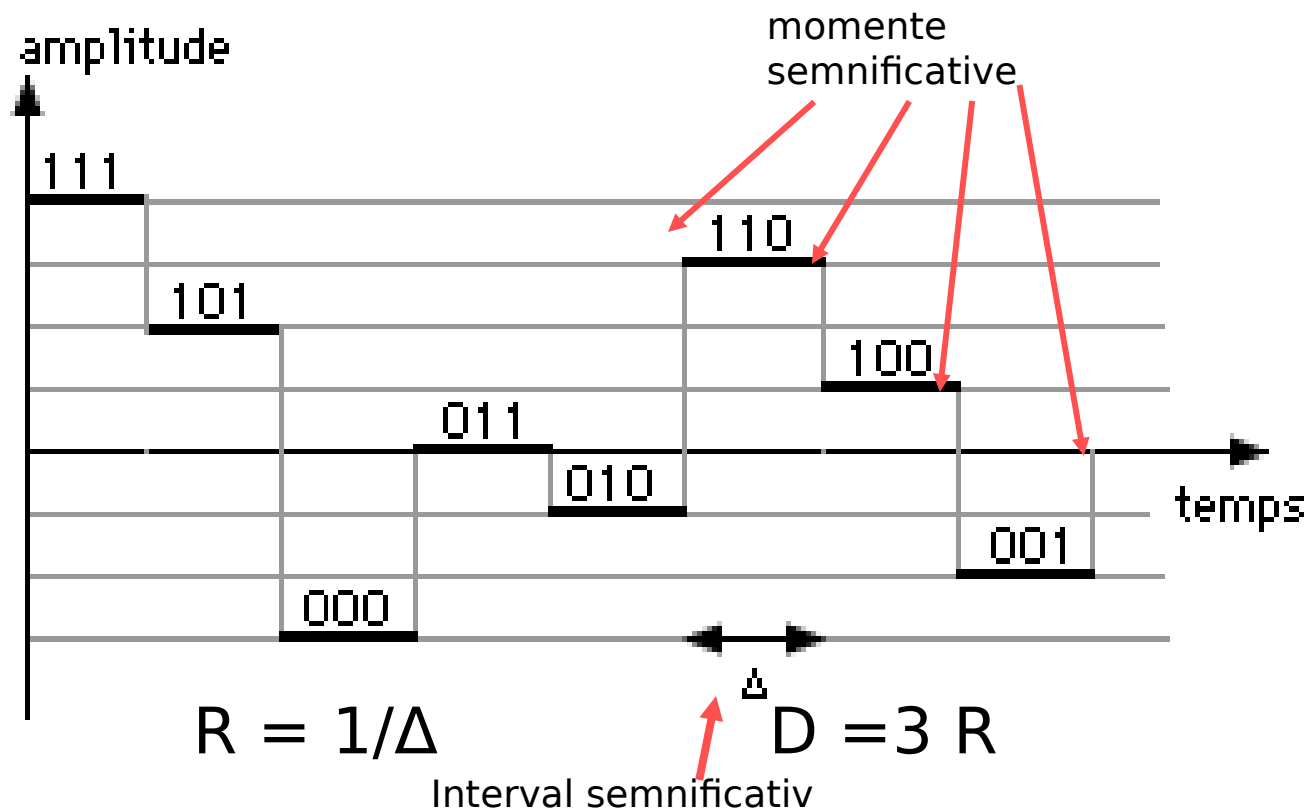


$$R = 1/\Delta$$

$$D = 2R$$

Rapiditate de modulare și debit

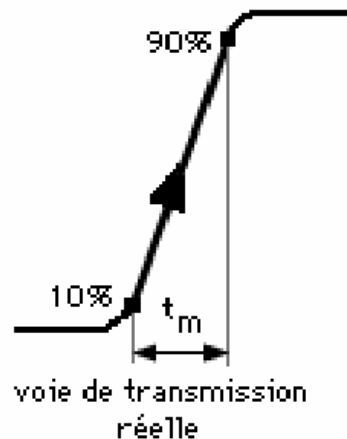
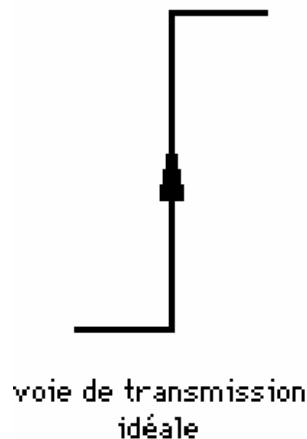
Exemplu 2 : transmisie prin modulare de amplitudine a semnalelor numerice



Capacitatea unui canal fără de zgomot

Deoarece $D = nR$, debitul poate fi marit prin 2 metode

- marind n , dar zgomotul nu ne permite sa o facem (difficultate de a deosebi semnalele de zgomote)
- marind R , dar exista o valoare maxima $R_{\max}$



Empiric :

$$D \geq t_m$$

$$R_{\max} \sim 1/t_m \sim W$$

$$\text{Nyquist (1928) : } R_{\max} = 2*W$$

$$(\text{in practica } R_{\max} = 1,2*W)$$

Capacitatea unui canal fără de zgomot

Formula lui Nyquist (1928)

$$R_{\max} = 2 * W$$

Daca semnalul are q nivele semnificative (e de valență q), atunci debitul maximal $D_{\max}$ in bit/s :

$$D_{\max} = 2W \log_2 q$$

Capacitatea unui canal cu zgomot

Raport semnal/zgomot (S/B) este un parametru esențial care limitează capacitatea canalului

Deseori este exprimat in decibeli

Fie doua puteri P_0 et P_1 , raportul dintre ele in decibeli

$$X_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_0} \right)$$

Pentru raportul dintre tensiuni sau dintre curenți:

$$X_{dB} = 10 \log_{10} \frac{b^2}{a^2} = 10 \log_{10} \left(\frac{b}{a} \right)^2 = 10 \left(2 \log_{10} \left(\frac{b}{a} \right) \right) = 20 \log_{10} \frac{b}{a}.$$

Capacitatea unui canal cu zgomot

Teorema lui Shannon (1948) :

$$n_{\max} = \log_2 \sqrt{1 + \frac{S}{B}}$$

$$C = D_{\max} = R_{\max} n_{\max} = 2W \log_2 \sqrt{1 + \frac{S}{B}} = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{B} \right)$$



C – debitul maxim (capacitatea) liniei de transmisie

Raportul S/B – **valori reale nu dB !**

Exemplu : o linie telpofonica cu $W = 3100$ Hz si raportul $S/B = 30$ dB
 $\Rightarrow C = 30,9$ Kbit/s (aproximativ)

Exercițiu

- Dacă $(P_1/P_2)_{dB} = 3$ dB care este raportul real dintre cele doua puteri ?
- Știind ca pentru o linie telefonica $(S/B)_{dB} = 30$ dB, ce parte ocupa zgomotul in semnalul recepționat?
- Calculați debitul maximal teoretic al unei linii telefonice știind ca ea ocupa spațiul dintre 300 și 3400Hz iar $(S/B)_{dB} = 30$ dB.
- Comparați valoarea debitului obținut cu debitul modemurilor actuale care este de 56 kbits/s. Încercați sa explicați