## Srednja snaga i energija

(Ako nije drugačije zadano, R = 1Ω!)

$$E=\int_{-\infty}^{\infty}Ri^2(t)dt=\int_{-\infty}^{\infty}\frac{u^2(t)}{R}dt$$

$$P=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}}Ri^2(t)dt$$

## Periodični signali

$$\cos x=\frac{e^{jx}+e^{-jx}}{2}\qquad \sin x=\frac{e^{jx}-e^{-jx}}{2j}$$

$$x(t)=\sum_{k=-\infty}^{\infty}c_k e^{jk\omega_0 t}$$

$$c_k=\frac{1}{T_o}\int_{-\infty}^{\infty}x(t)e^{-jk\omega_0 t}dt$$

$$c_k=|c_k|e^{-j\theta_k}$$

$$P=\sum_{k=-\infty}^{\infty}|c_k^2|=|c_0|^2+2\sum_{k=1}^{\infty}|c_k^2|=\frac{1}{2}(A_1^2+\cdots+A_n^2)$$

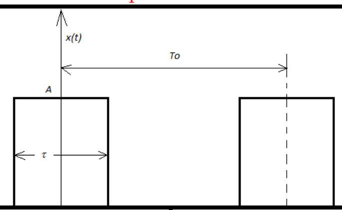
Snaga istosmjerne komponente: $|c_0|^2$.

$\omega_0=\frac{2\pi}{T_0}\to T_0$ - osnovni period

## Periodičan slijed pravokutnih impulsa

$$x(t)=\begin{cases}A, & 0\le|t|\le\frac{\tau}{2}\\ 0, & \frac{\tau}{2}<|t|\le\frac{T_0}{2}\end{cases}$$

$\tau$ - trajanje signala
$T_0$ - osnovni period
$A$ - amplituda




$$P=A^2\frac{\tau}{T_0}$$

Omjer impuls/pauza:

$$\frac{\tau}{T_0-\tau}$$

$$c_k=A\frac{\tau}{T_0}\frac{\sin\left(\frac{k\omega_0\tau}{2}\right)}{\frac{k\omega_0\tau}{2}}\leftrightarrow|c_k|=A\frac{\tau}{T_0}\left|\frac{\sin\left(\frac{k\omega_0\tau}{2}\right)}{\frac{k\omega_0\tau}{2}}\right|$$

Kroz 0 prolazi u $\frac{k}{\tau}, k\in\mathbb{Z}$.

$$c_0=A\frac{\tau}{T_0}$$

Snaga istosmjerne komponente: $P_0=A^2\left(\frac{\tau}{T_0}\right)^2$

## Neperiodični signali

$$E=\int_{-\infty}^{\infty}[x(t)]^2dt=\lim_{T\to\infty}\int_{-T}^{T}[x(t)]^2dt$$

$$P=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{2T}\int_{-T}^{T}[x(t)]^2dt$$

$$X(f)=\int_{-\infty}^{\infty}x(t)e^{-j2\pi ft}dt$$

$$X(\omega)=\int_{-\infty}^{\infty}x(t)e^{-j\omega t}dt$$

$$x(t)=\int_{-\infty}^{\infty}X(f)e^{j2\pi ft}df$$

$$x(t)=\frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty}x(t)e^{j\omega t}d\omega$$

Pravokutni impuls:

$$X(f)=A\tau\frac{\sin\left(\frac{2\pi f\tau}{2}\right)}{\frac{2\pi f\tau}{2}}$$

Signal energije: $E<\infty\to P=0$

Signal snage: $P>0\to E\to\infty$

Ni jedno ni drugo: $E\to\infty,\ P\to\infty$

## Slučajni signali

$$\mu_X(t)=\int_{-\infty}^{\infty}xf(x,t)dx$$

$$S_X(f)=\int_{-\infty}^{\infty}R_X(\tau)e^{-j2\pi f\tau}d\tau$$

$$R_X(\tau)=\int_{-\infty}^{\infty}S_X(f)e^{j2\pi f\tau}df$$

$$P=R_X(0)=\int_{-\infty}^{\infty}S_X(f)df$$

$$S_Y(f)=S_X(f)|H(f)|^2$$

$$S_N(f)=\frac{N_0}{2}$$

$$y(t)=\int_{-\infty}^{\infty}x(\tau)h(t-\tau)d\tau$$

$$H(f)=\int_{-\infty}^{\infty}h(t)e^{-j2\pi ft}dt$$

$$h(t)=\int_{-\infty}^{\infty}H(f)e^{j2\pi ft}df$$

NPK: $B=f_g$
PPK: $B=f_g-f_d$

$\mu_X$ – srednja vrijednost slučajnog procesa
$R_X$ – autokorelacijska funkcija
$S_{X,Y,N}$ – spektralna gustoća snage
X – ulaz; Y – izlaz; može biti i obrnuto!!
S ili $P_S$ – srednja snaga signala
P ili $P_N$ – srednja snaga šuma
h(t) – impulsni odziv
H(f) – prijenosna funkcija
H(X) – entropija
$N_0$ – spektralna gustoća AWGN
$N_q$ – srednja snaga kvantizacijskog šuma
u – uzorkovanje
m – multipleksiranje
n – broj kanala koji se multipleksiraju
r – broj bitova
L – broj razina
B – širina pojasa
A – pojačanje
$E_b$ – energija bita
C – kapacitet kanala
D – dinamika
$m_{max}$ – maksimalna amplituda ulaznog signala
$\Delta$ - korak kvantizacije
$\sigma_q^2$ - srednja kvadratna greška (brže i lakše)
$\overline{N_q}^2$ - srednja kvadratna greška (sporije i teže)
f(u) ili p(u) – funkcija gustoće vjerojatnosti razine signala
f(q) – funkcija gustoće vjerojatnosti razine kvantizacijskog šuma
(1) – ako imamo odstupanje od polazne vrijednosti
(2) – kod odstupanja od vrha do vrha;
$U_p$ = |zadano u postocima|
Frekvencijsko miješalo poduplava frekvencije!

## Uzorkovanje

$$f_u=2B$$

$$R=\frac{H(X)}{T}$$

$$R_m=nR$$

$$L=2^r$$

$$N=N_0B$$

$$H(X)=-\sum_{i=1}^{n}p(x_i)\log_2 p(x_i)$$

$$A=\frac{S_2}{S_1}$$

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

$$C\ge R$$

$$C=\log_2 e\frac{S}{N_0},\text{kad } B\to\infty$$

$$\frac{E_b}{N_0}=\frac{2^{\frac{C}{B}}-1}{\frac{C}{B}}$$

$$D=0.5\log\left(1+\frac{S}{N}\right)=\frac{C}{2B}$$

## Kvantizacija

$$\frac{S}{N}=\frac{3}{2}2^{2r}=\left(\frac{3S}{m_{max}^2}\right)2^{2r}$$

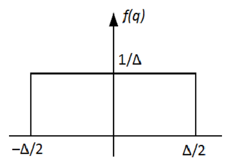
$$\left(\frac{S}{N_q}\right)_{dB}=1.76+6.02r$$

$$\Delta=\frac{2m_{max}}{L}$$

$$-\frac{\Delta}{2}\le q\le\frac{\Delta}{2}$$

$$P_S=\int_{-\infty}^{\infty}u^2f(u)du$$

$$P_N=\int_{-\infty}^{\infty}q^2f(q)dq$$




(1) $\frac{\Delta}{2}=\frac{m_{max}}{L}$

(2) $\frac{\Delta}{2}=U_p2m_{max}$

$$\overline{N_q}^2=\int_{u_{qi}-\frac{\Delta}{2}}^{u_{qi}+\frac{\Delta}{2}}(u-u_{qi})^2p(u)du$$

$$\sigma_q^2=\frac{1}{3}m_{max}^2 2^{-2r}$$