

Sygnaty i ich parametry





Sygnał

wielkość fizyczna, przenosząca w pewien sposób informację o stanie układu fizycznego lub systemu; model matematyczny używany w tym celu

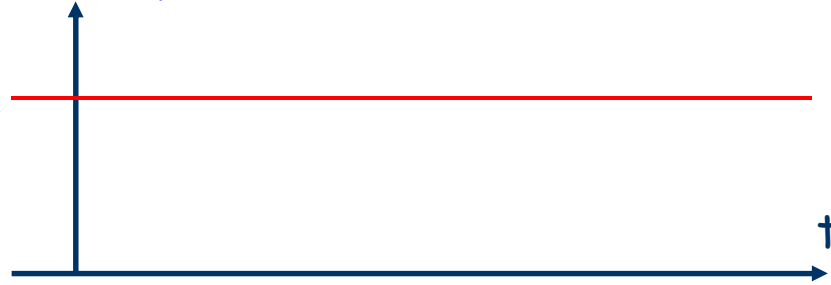


sensowne parametry zależą od tego, z jakim sygnałem mamy do czynienia
dobrze jest wiedzieć, co mierzymy i czego się możemy spodziewać

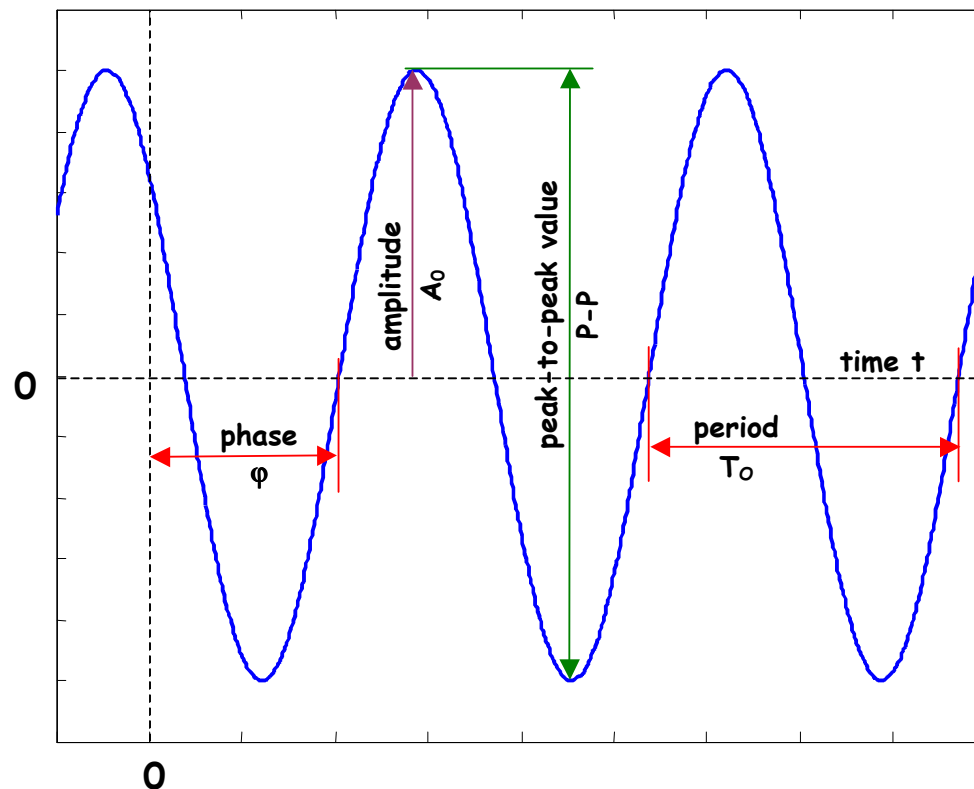


Podstawowe sygnały i ich parametry

sygnał stały (DC)



sygnał harmoniczny (sinusoidalny, AC)

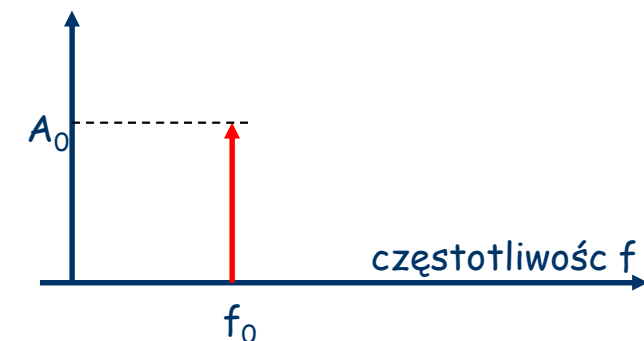


$$y(t) = A_0 \sin(2\pi f_0 t - \varphi)$$

$$T_0 = \frac{1}{f_0}$$

$$y(t + nT_0) = y(t)$$

reprezentacja widmowa

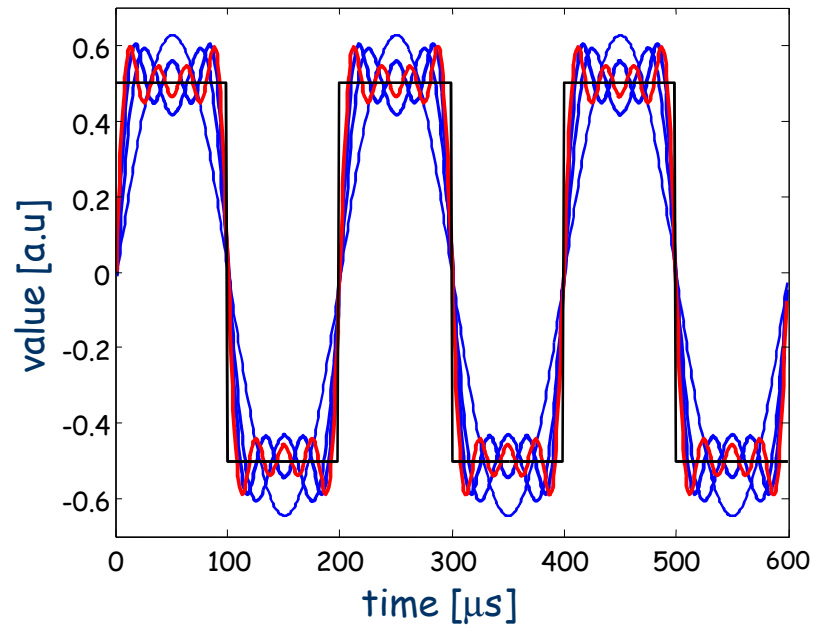




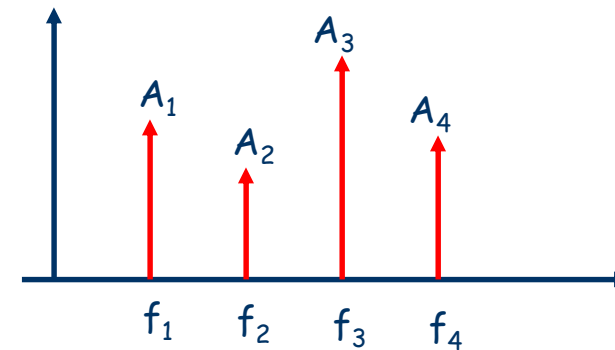
Sygnał poliharmoniczny

reprezentacja czasowa

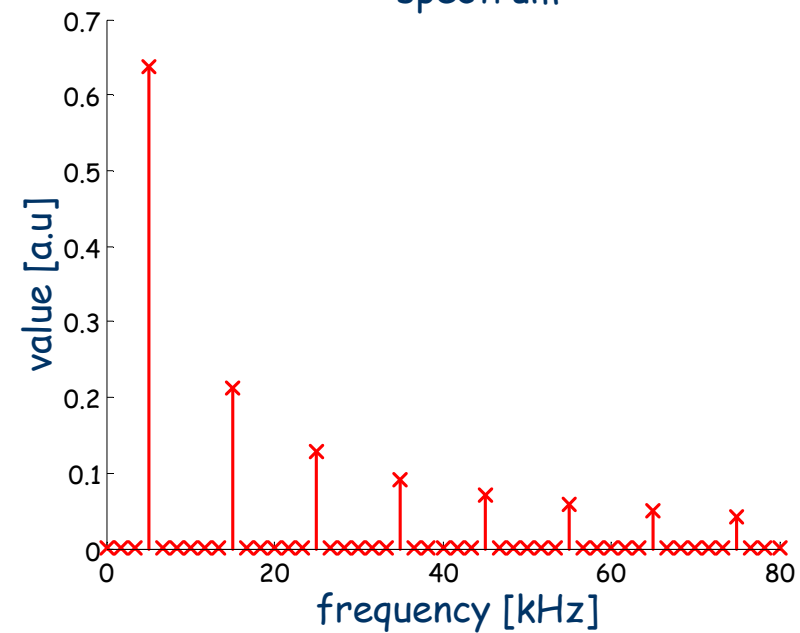
$$y(t) = \sum_n A_n \sin(2\pi \cdot n \cdot f_0 \cdot t + \varphi_n)$$



reprezentacja widmowa

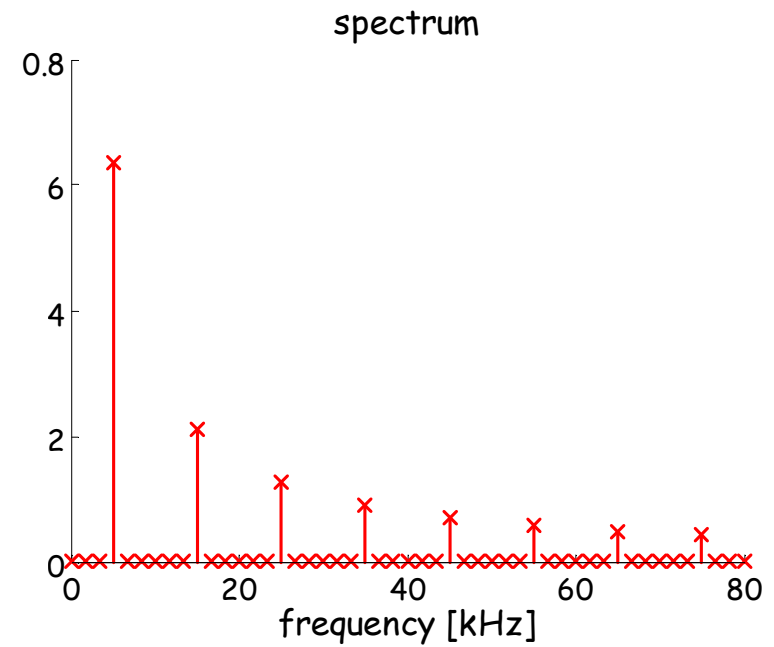
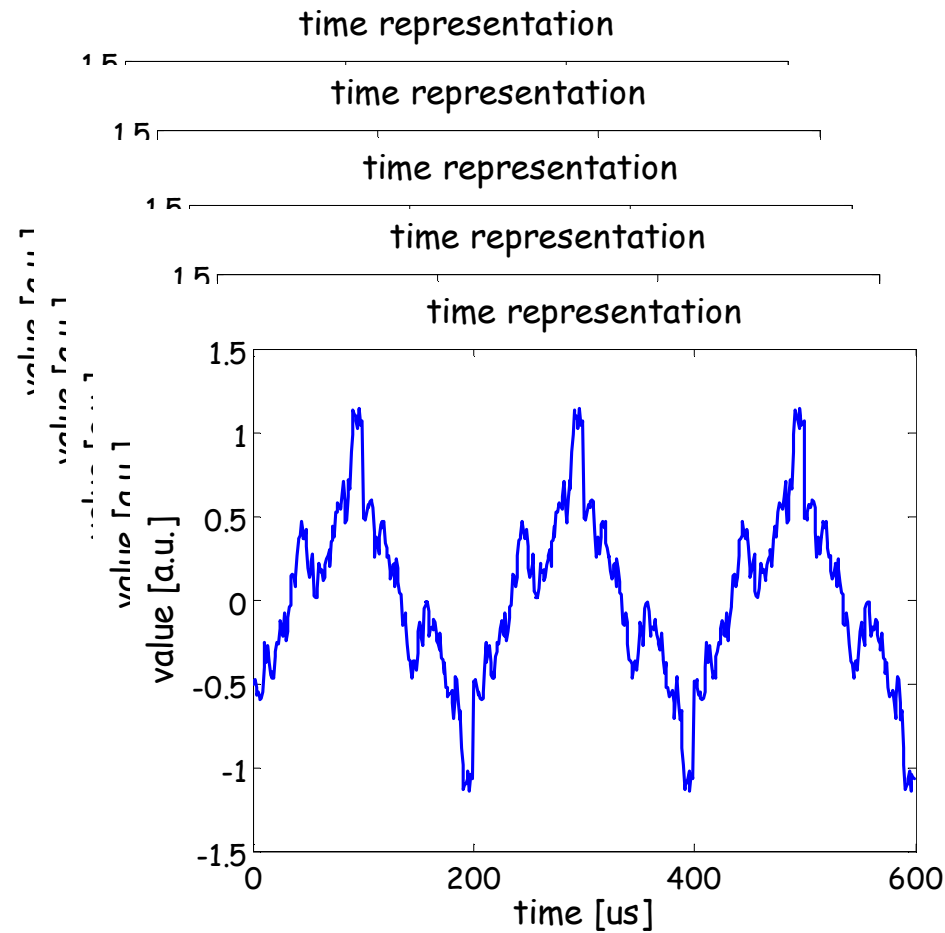


spectrum



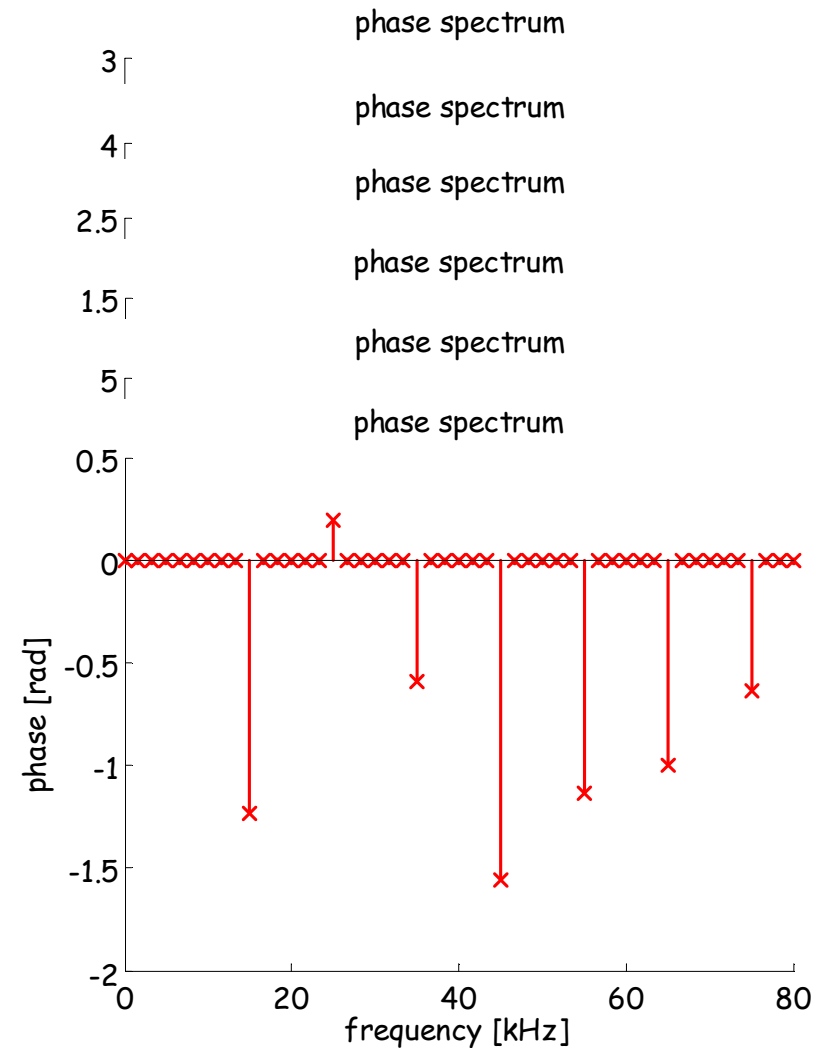
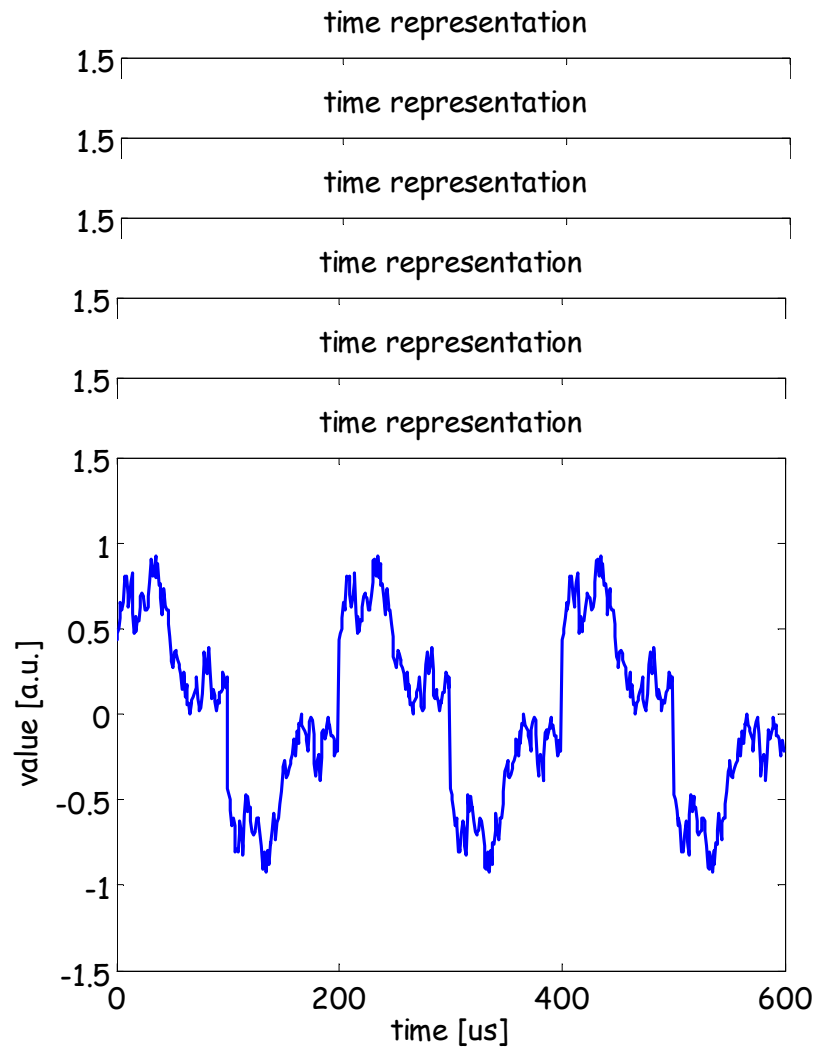


Sygnal poliharmoniczny - c.d.





Sygnal poliharmoniczny - c.d.



widmo ma dwie składowe - amplitudę i fazę



Podstawowe parametry

wartość średnia (ang. *average* - AVG)

sygnał okresowy

$$y_{\text{śr}} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} y(t) dt$$

sygnał nieokresowy
sygnał losowy

$$y_{\text{śr}} = \lim_{\tau \rightarrow \infty} \frac{1}{\tau} \int_{t_0}^{t_0+\tau} y(t) dt$$

wartość skuteczna (ang. *root-mean-square* - RMS)

$$y_{\text{sk}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} y^2(t) dt}$$

$$y_{\text{sk}} = \sqrt{\lim_{\tau \rightarrow \infty} \frac{1}{\tau} \int_{t_0}^{t_0+\tau} y^2(t) dt}$$

Jaki to ma sens?

ekwiwalentna wartość napięcia (prądu) stałego, która powoduje w rezystancji R wydzielanie takiej samej mocy jak sygnał zmienny

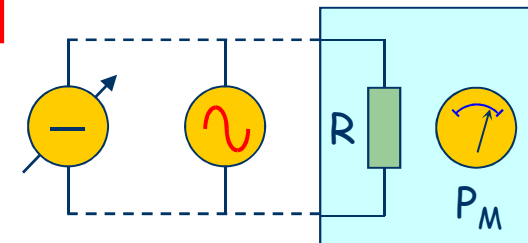
$$P_{\text{śr}} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) \cdot i(t) dt = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u(t) \cdot \frac{u(t)}{R} dt = \frac{1}{R} \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} u^2(t) dt$$

$$P_{\text{AV}} = \frac{U_{\text{RMS}}^2}{R} = R \cdot I_{\text{RMS}}^2; \quad U_{\text{RMS}} = \sqrt{R \cdot P_{\text{AV}}}$$

składowa stała, składowa zmienna, RMS-AC

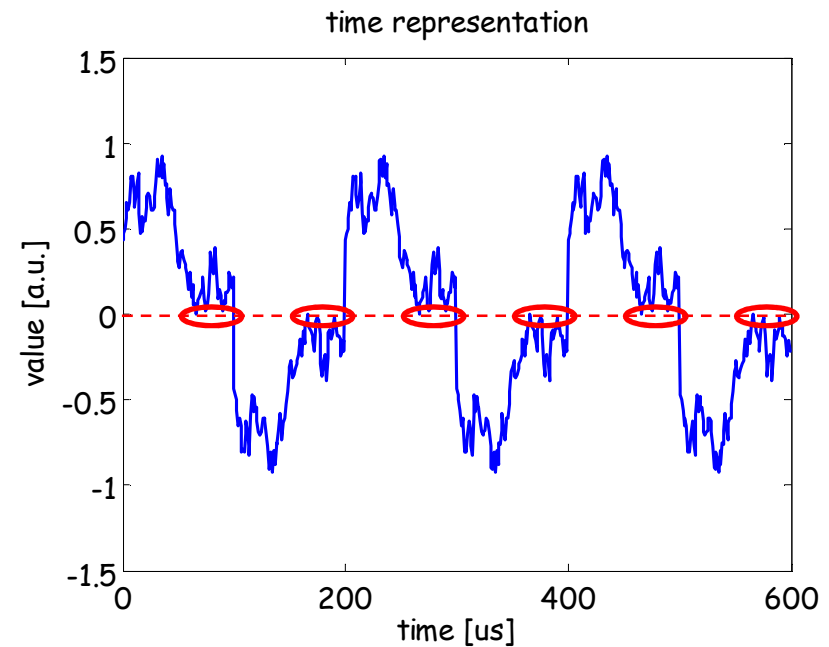
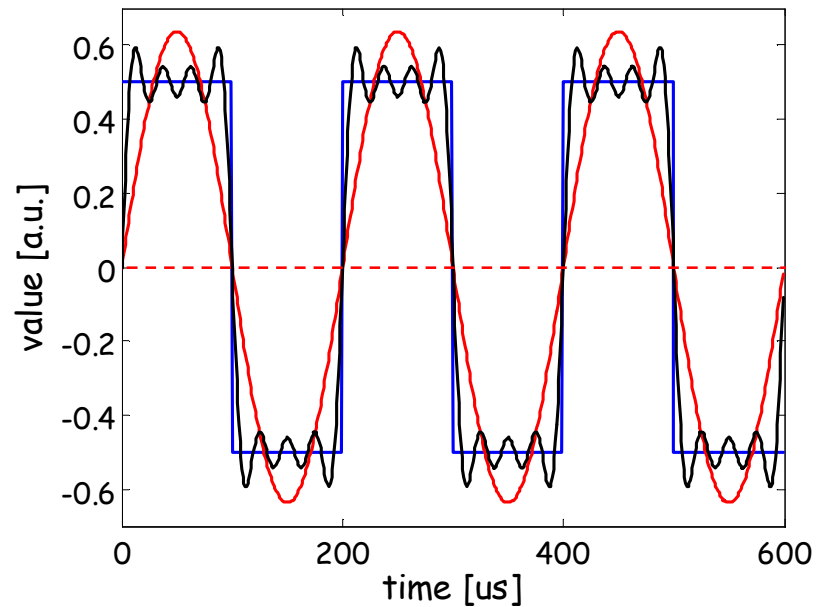
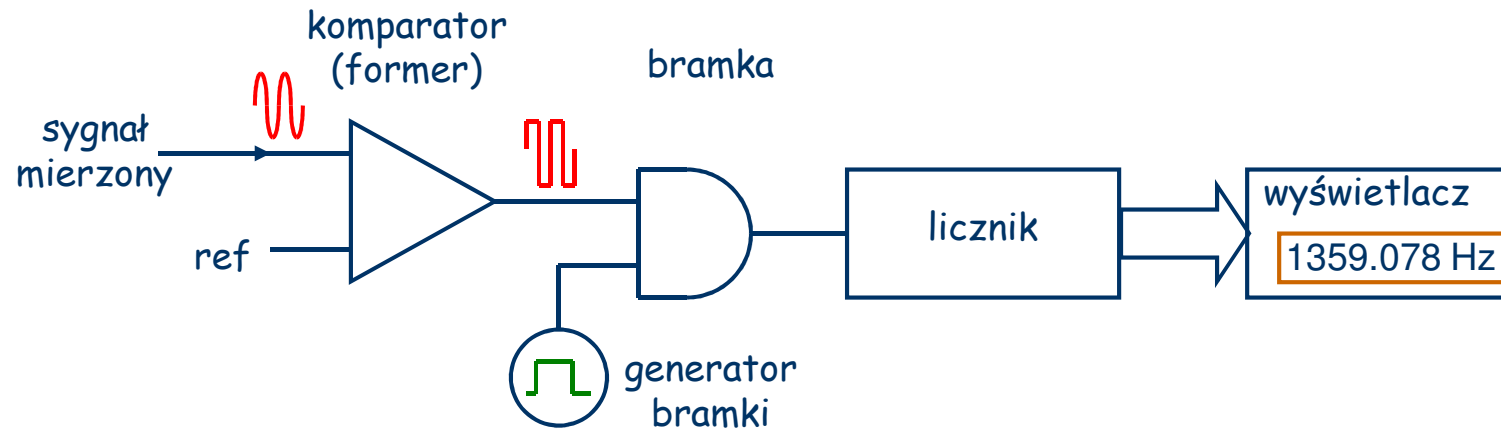
pomiar metodą
podstawieniową

watomierz





Pomiar częstotliwości





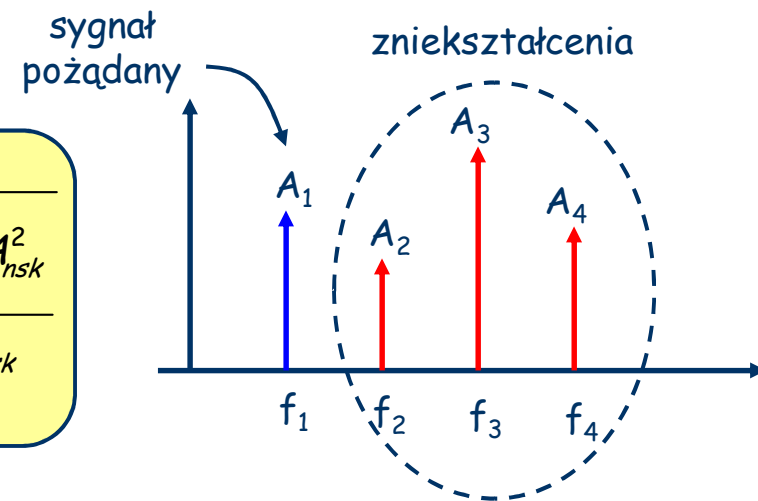
Podstawowe parametry - c.d.

współczynnik zawartości harmonicznych (ang. *harmonic distortion*)

$$y(t) = \sum_n A_n \sin(2\pi \cdot n \cdot f_0 \cdot t + \varphi_n)$$

$$h = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} A_{nsk}^2}}{\sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} A_{nsk}^2}} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} A_{nsk}^2}}{y_{sk}}$$

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} A_n^2}}{A_1} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} A_{nsk}^2}}{A_{1sk}}$$

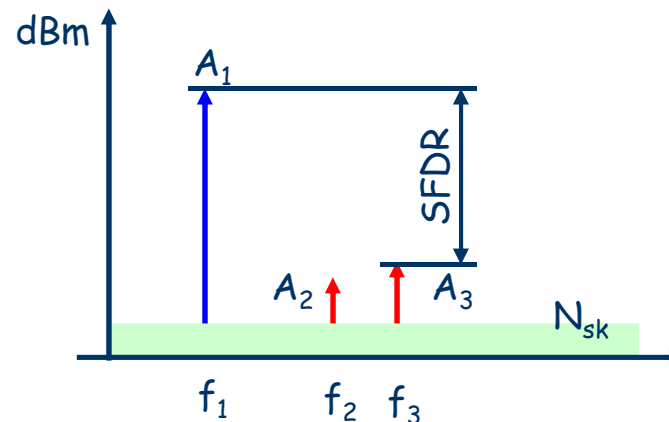


rozszerzenie na sygnały niekoniecznie harmoniczne:

Total Harmonic Distortion + Noise THD+N

Spurious-Free Dynamic Range SFDR

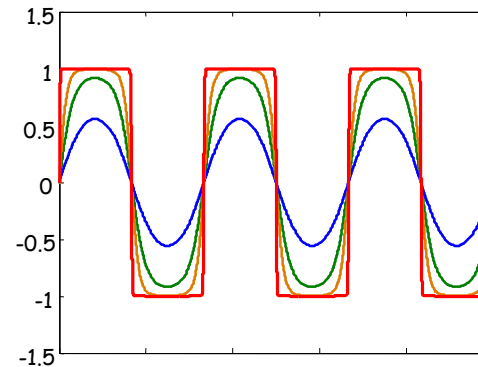
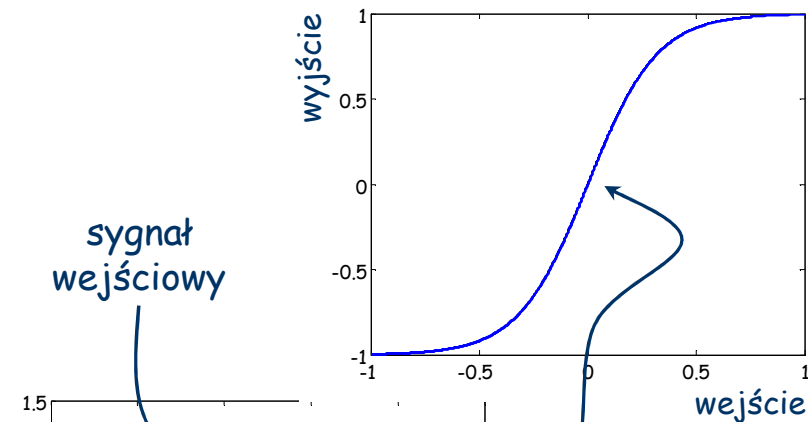
$$THD + N = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} A_{nsk}^2 + N_{sk}^2}{A_{1sk}^2}}$$



$$SFDR[\text{dBc}] = A_1[\text{dBm}] - A_3[\text{dBm}]$$

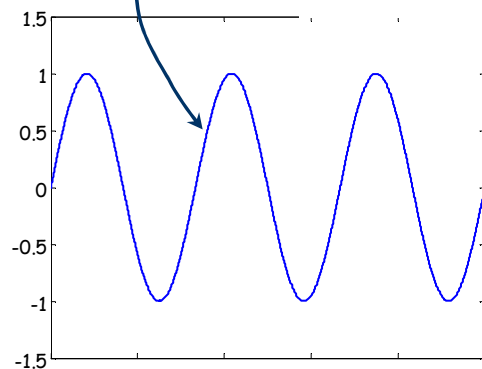


Zniekształcenia nieliniowe



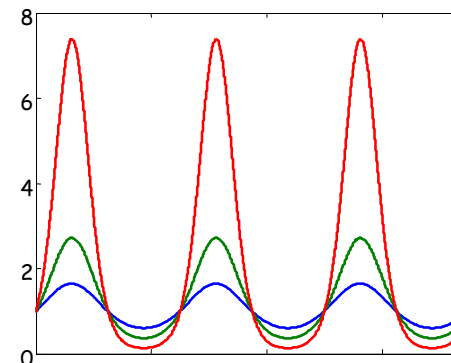
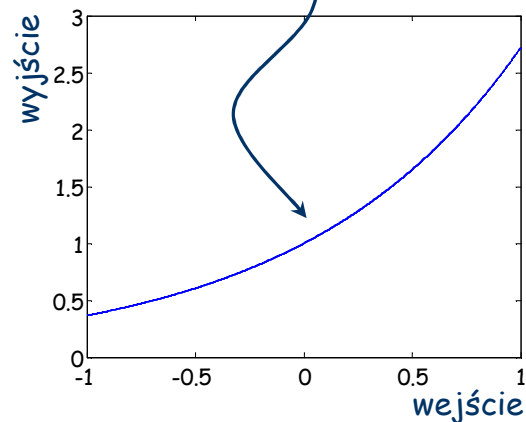
k	h [%]	THD [%]
0.2	3	3
0.5	13	13
1	25	26
10	42	46

$$y = \tanh(k \cdot \pi \cdot x)$$



charakterystyka przejściowa
zależność
wejście/wyjście

odkształcony
przebieg
wyjściowy

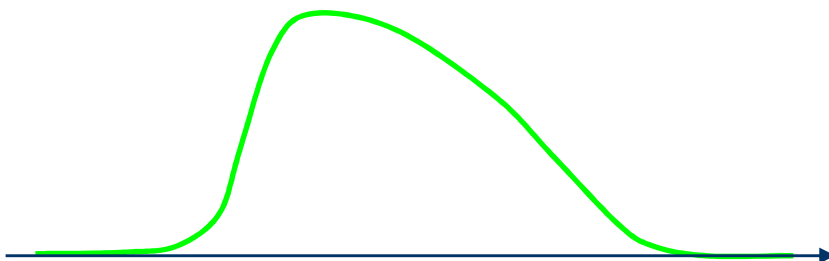
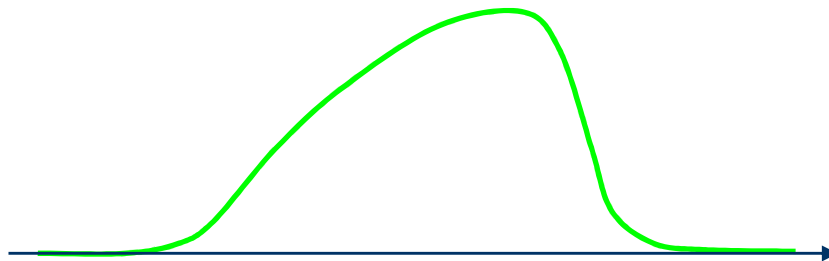
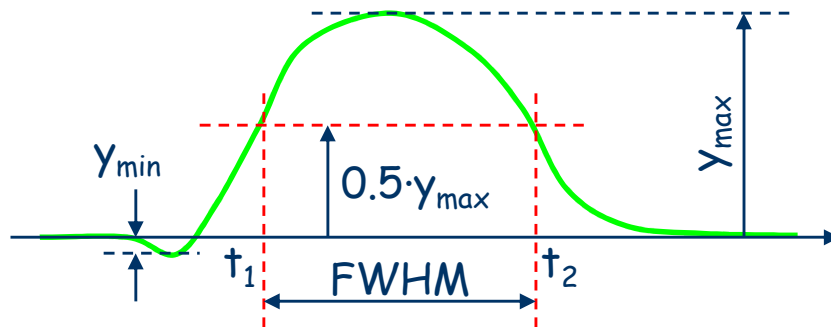


k	h [%]	THD [%]
0.5	12	13
1	24	24
2	41	45

$$y = \exp(k \cdot x)$$



Przebiegi impulsowe



„ładunek”

$$Q = \int i(t) dt$$

„energia”

$$E = \int y^2(t) dt$$

wartość szczytowa
(ang. *peak value*)

$$y_{\max} = \max|y(t)|$$

wartość międzyszczytowa
(ang. *peak-peak value*)

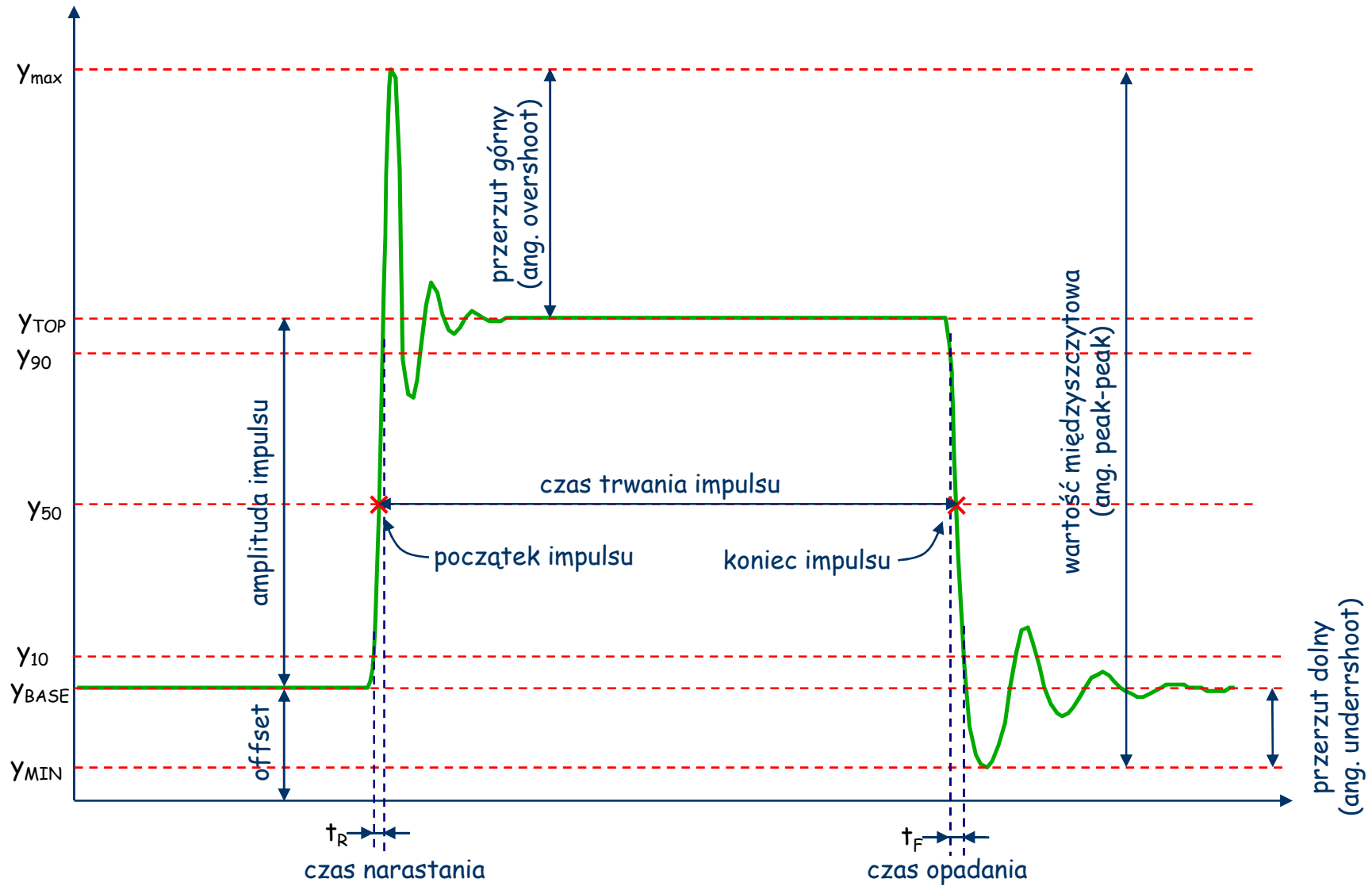
$$y_{p-p} = \max y(t) - \min y(t)$$

szerokość połówkowa
(ang. *Full Width at Half Maximum*)

$$t_{FWHM} = t_2 - t_1 \Big|_{y(t_1)=y(t_2)=0.5y_{\max}}$$



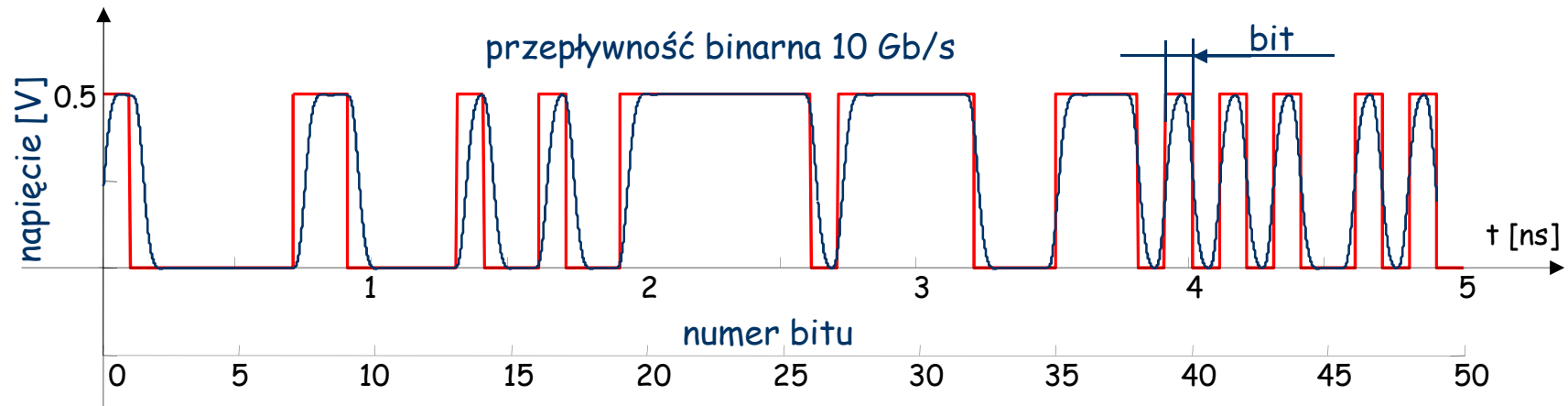
Przebiegi impulsowe - c.d. (ANSI/IEEE 194-1977)





Cyfrowy sygnał telekomunikacyjny

binarny sygnał synchroniczny



ramka



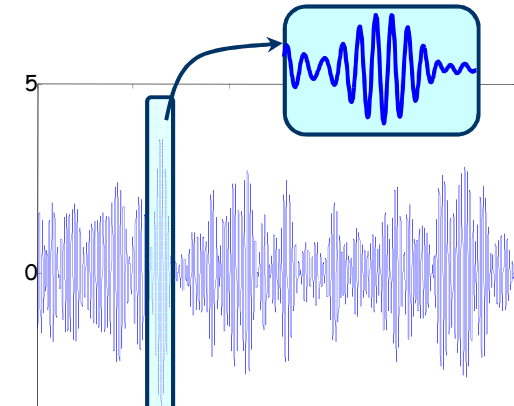
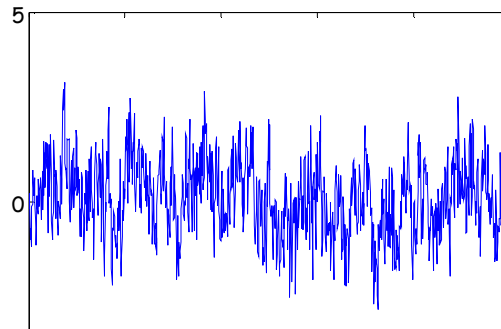
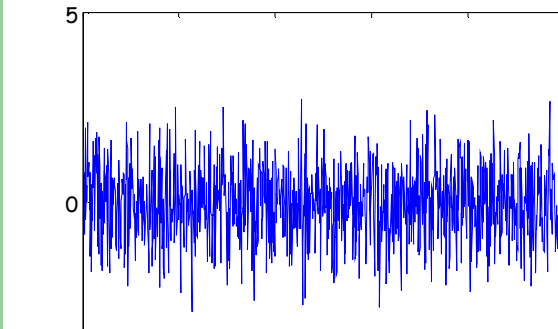
binarny sygnał asynchroniczny



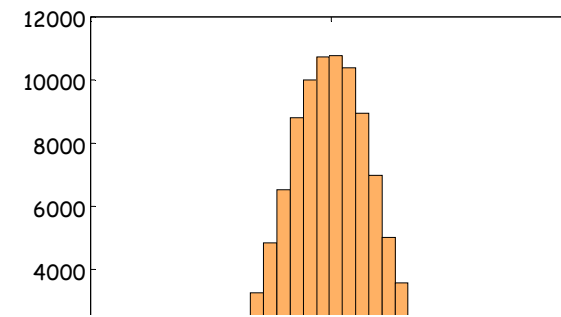
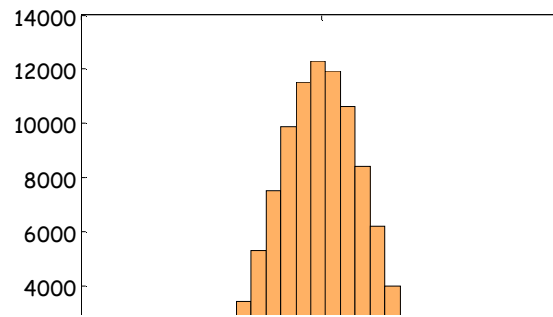
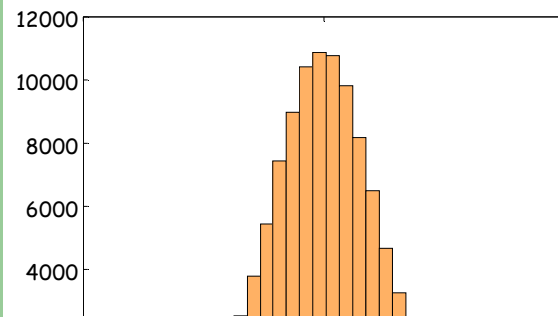


Przebiegi losowe

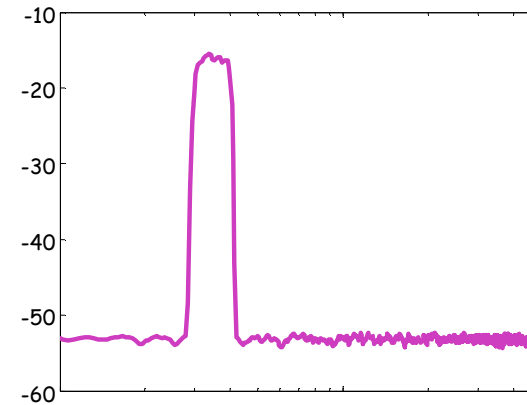
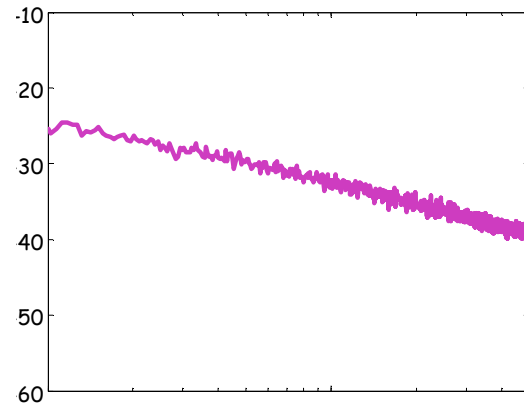
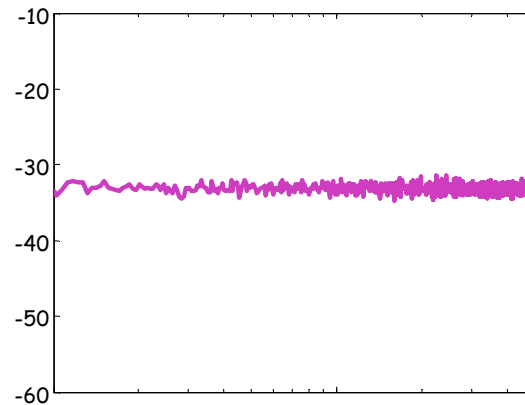
szum (ang. *noise*)



przebieg czasowy



histogram

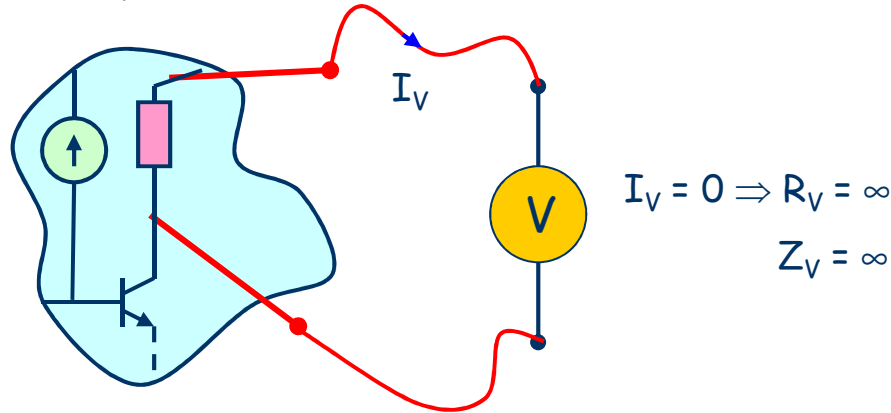


widmo

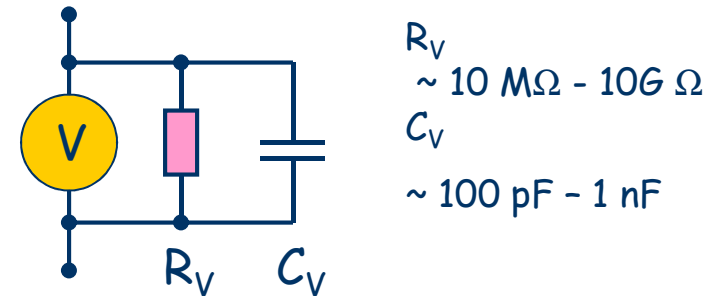


Elementarz - pomiar napięcia

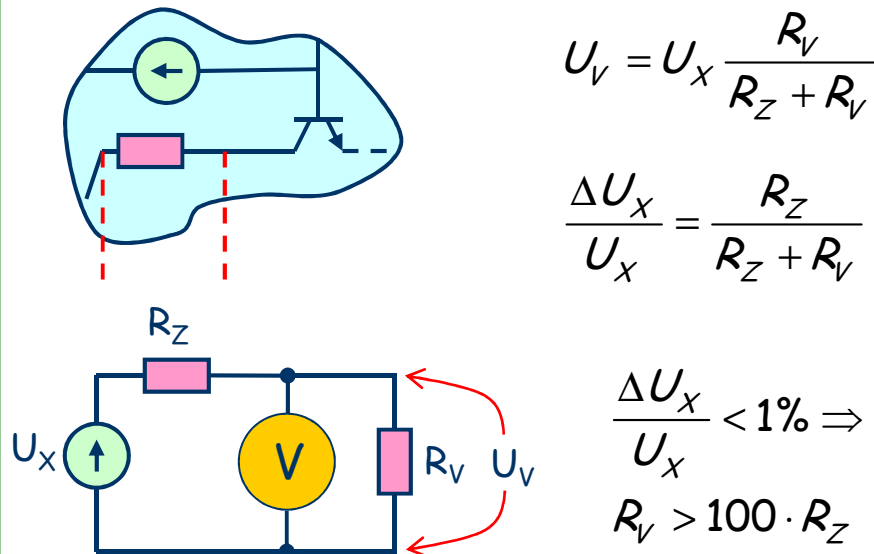
idealny woltomierz



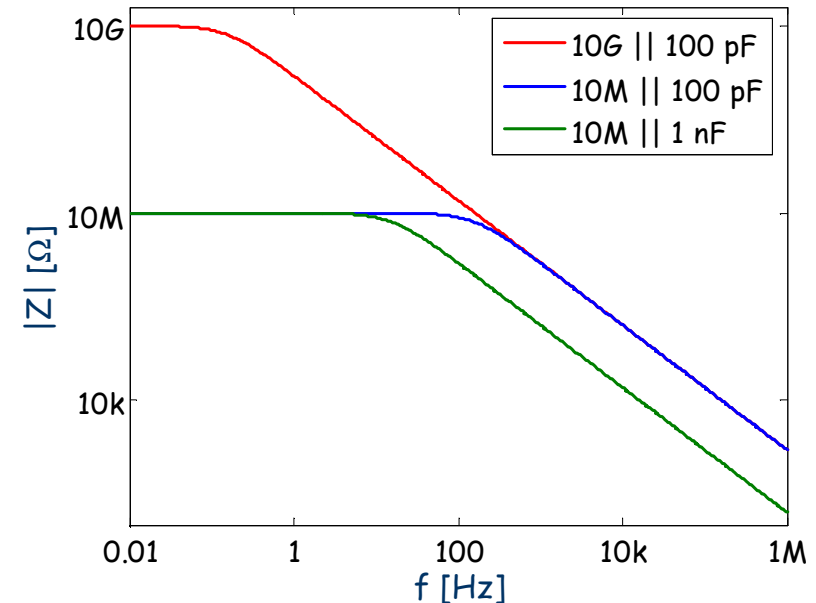
woltomierz rzeczywisty



efekt dzielnika napięcia



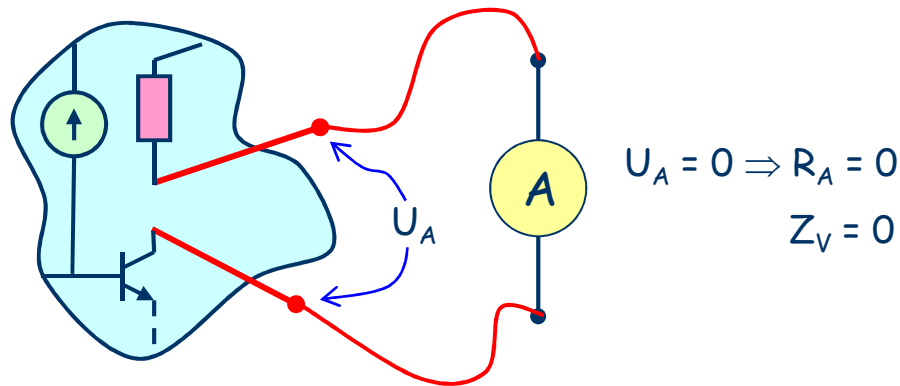
impedancja woltomierza



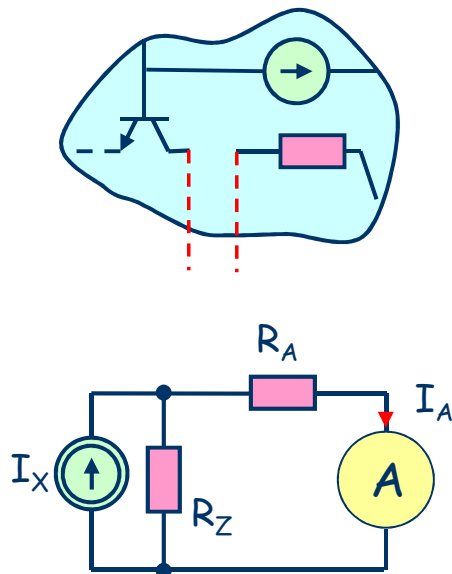


Elementarz - pomiar prądu

idealny amperomierz



efekt dzielnika prądu

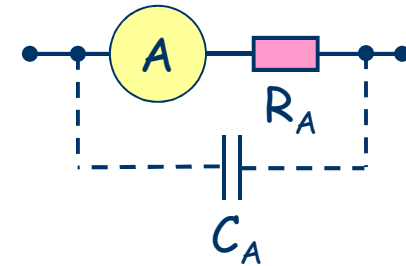
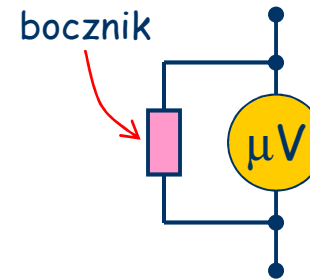


$$I_A = I_X \frac{R_Z}{R_Z + R_A}$$

$$\frac{\Delta I_X}{I_X} = \frac{R_A}{R_Z + R_A}$$

$$\frac{\Delta I_X}{I_X} < 1\% \Rightarrow R_A < 0.01 \cdot R_Z$$

amperomierz rzeczywisty



R_A	
0-400 μA :	1 mV/ μA
0-400 mA:	1 mV/mA
0-20 A:	10 mV/A



0-5 mA:	100 Ω
0-500 mA:	1 Ω
0-10 A:	0.01 Ω



C_A

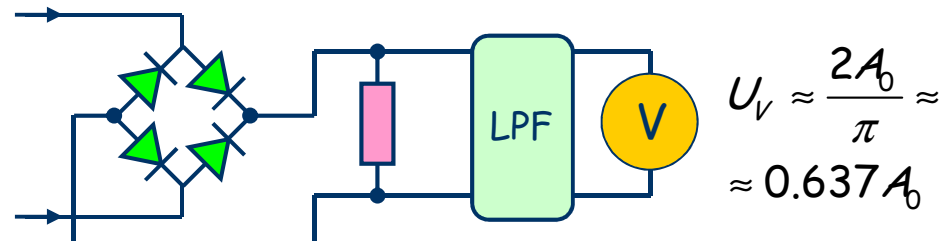
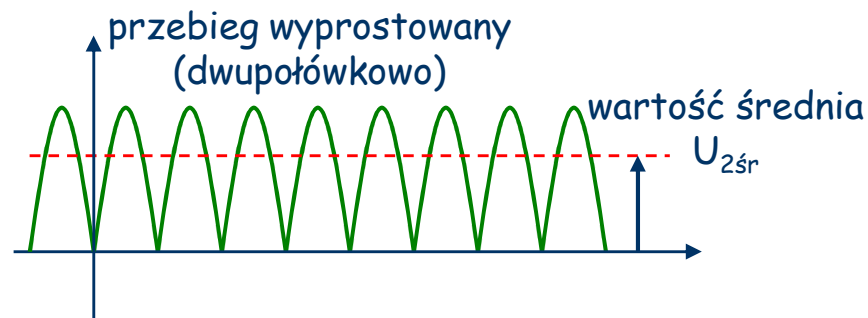
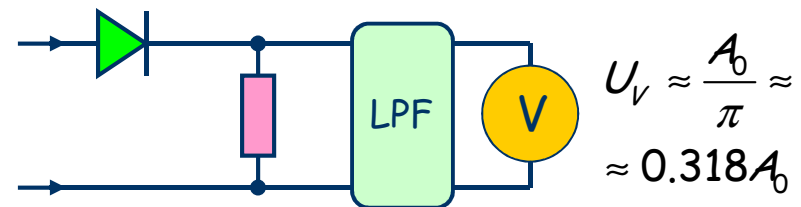
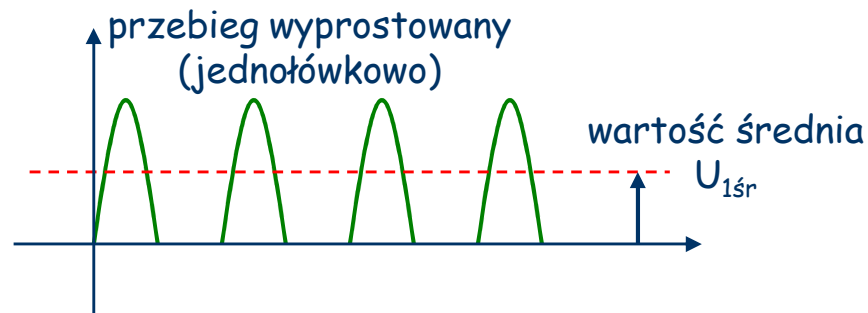
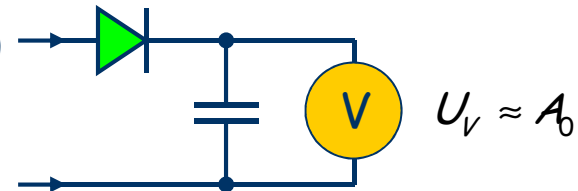
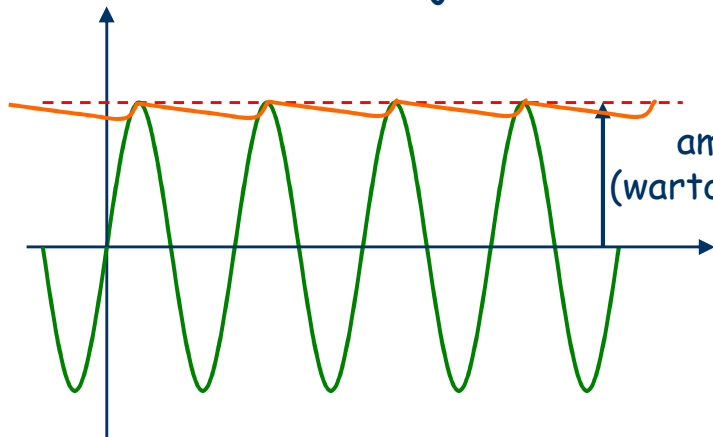
~ ???



Elementarz – pomiar napięć/prądów przemiennych

sygnały stałe można mierzyć znacznie dokładniej niż sygnały zmienne w czasie

⇒ konwersja AC → DC





Elementarz – pomiar napięć/prądów przemiennych

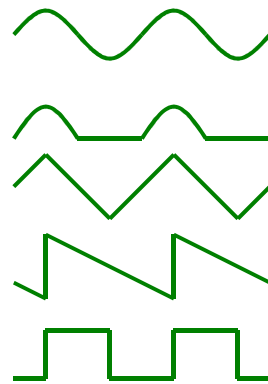
jeśli chcemy zmierzyć wartość RMS???

współczynnik kształtu przebiegu
(ang. *waveform factor*)

$$k_k = \frac{Y_{sk}}{Y_{1sr}}$$

współczynnik szczytu przebiegu
(ang. *crest factor*)

$$k_{sz} = \frac{Y_{max}}{Y_{sk}}$$



	k_k	k_{sz}
sinusoidalny	1.111	1.414
wyprostowany	1.571	2
trójkątny	1.155	1.732
piłokształtny	1.155	1.732
prostokątny	1	1

przebieg sinusoidalny

$$U_{sk}^{\sin} = k_W \cdot U_{1sr} \approx 1.11 \cdot U_{1sr}$$

przebieg odkształcony

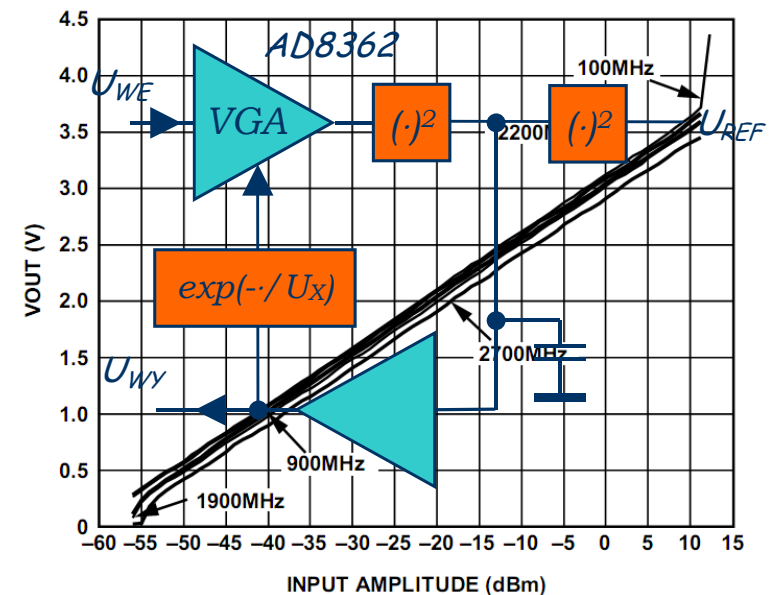
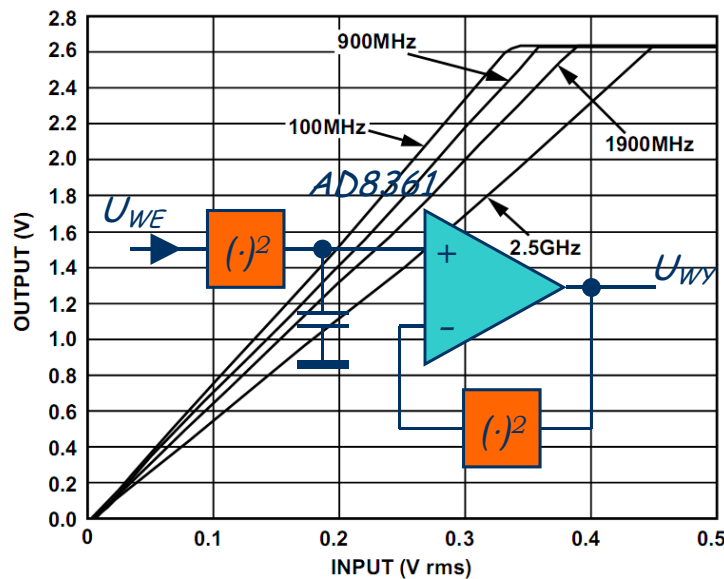
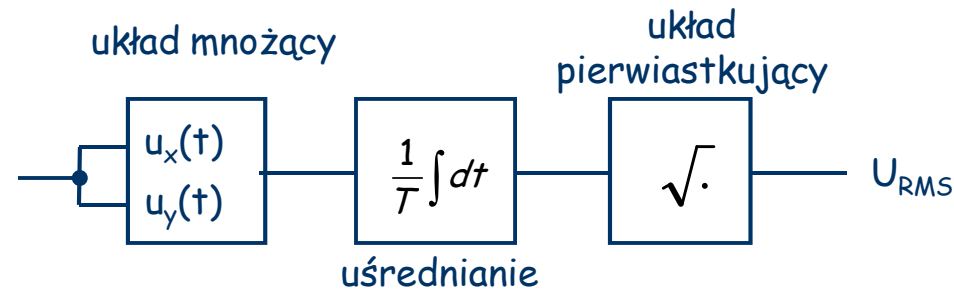
$$U_{sk}^d = \left(U_{sk}^{\sin} / k_W^{\sin} \right) \cdot k_W^d$$



Pomiar wartości skutecznej

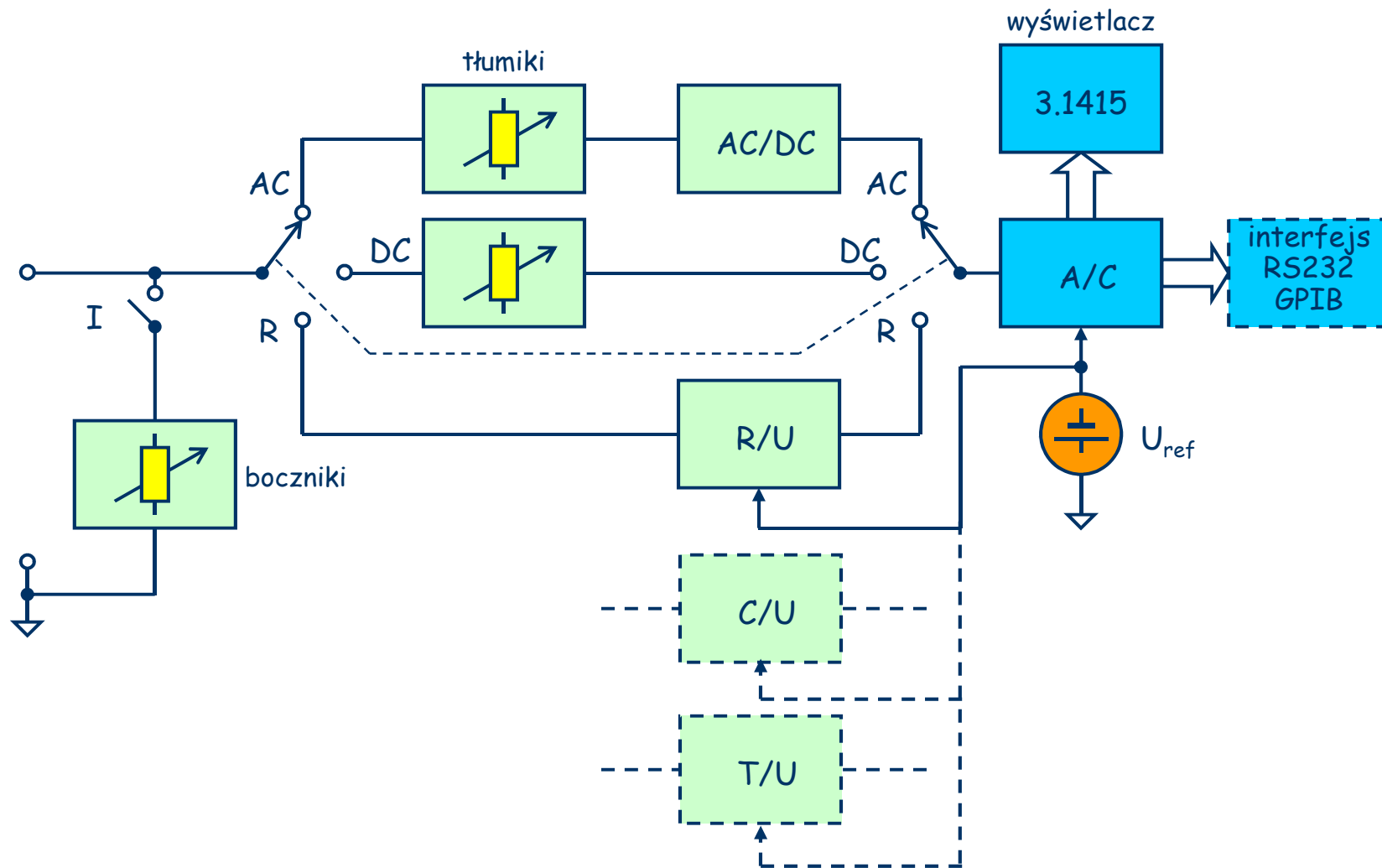
podjęcie „dokładne” - pomiar *True RMS*

$$y_{sk} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} y^2(t) dt}$$





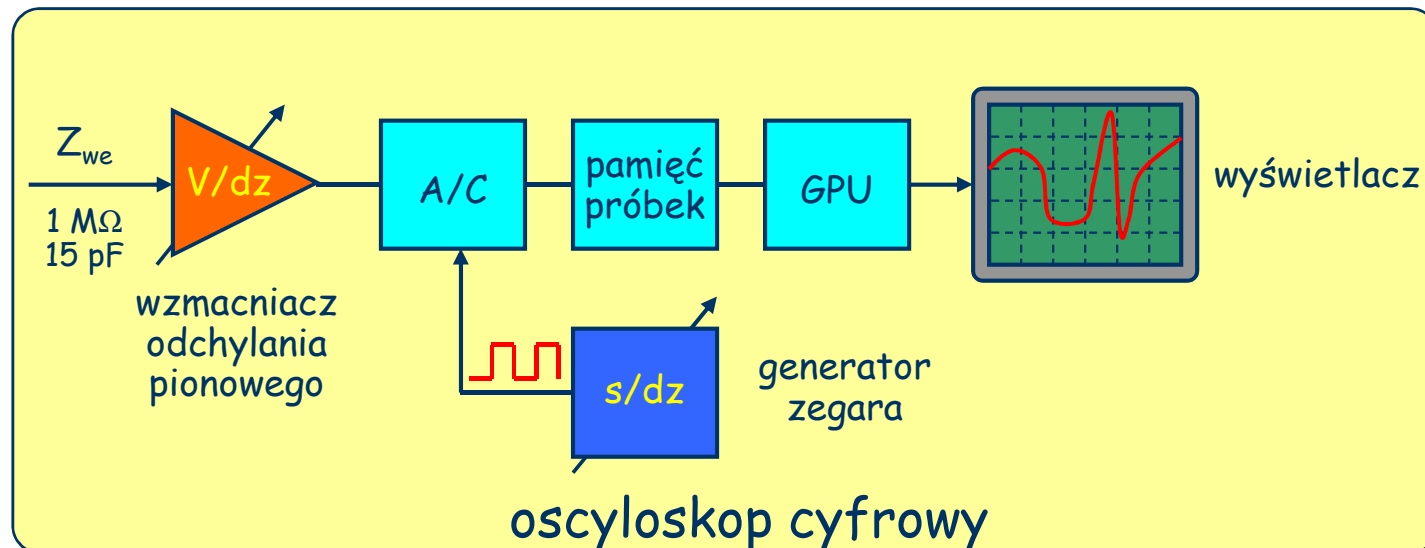
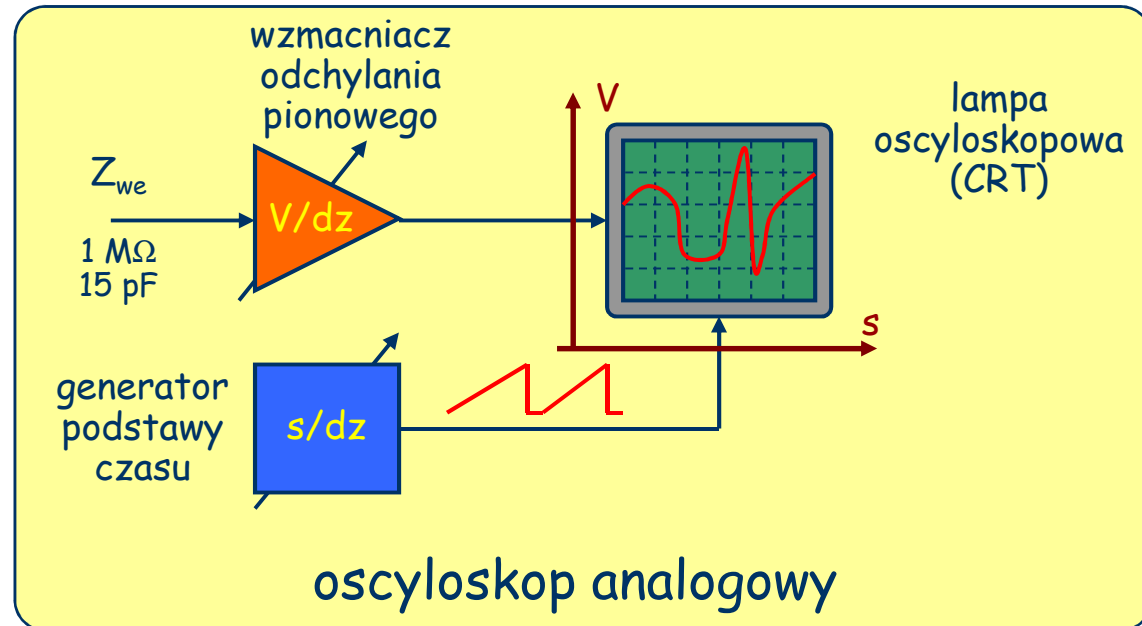
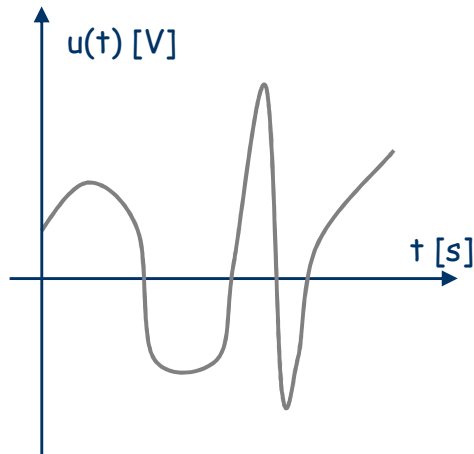
Elementarz - multymetr (cyfrowy - DMM)





Elementarz - pomiary parametrów czasowych

oscylloskop





Elementarz - pomiary widma sygnałów

