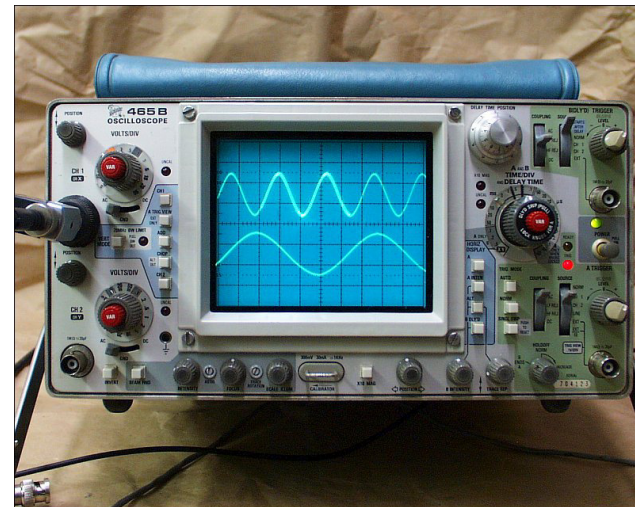
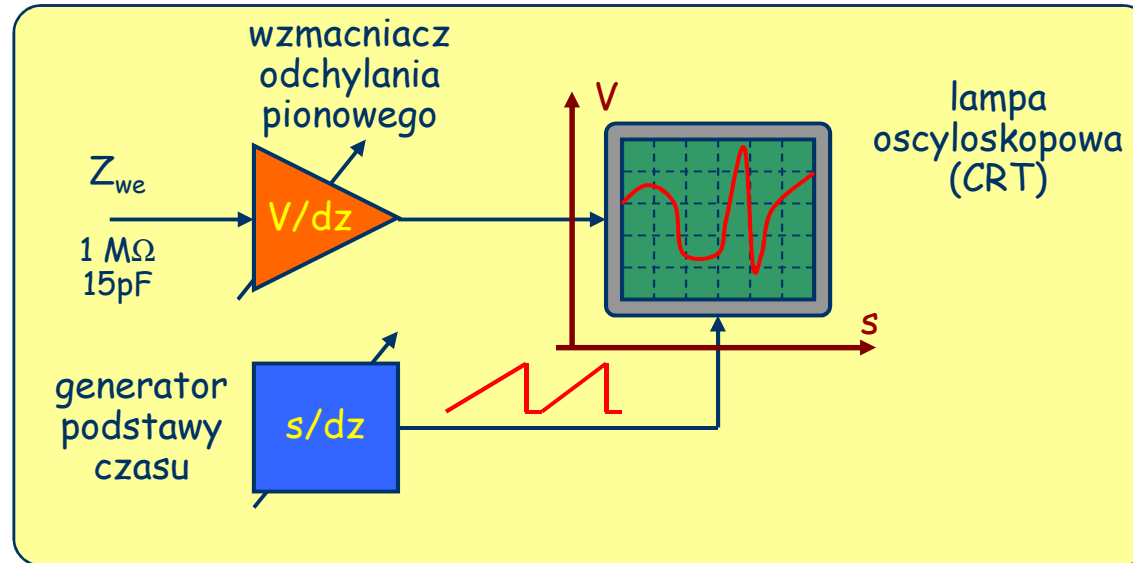


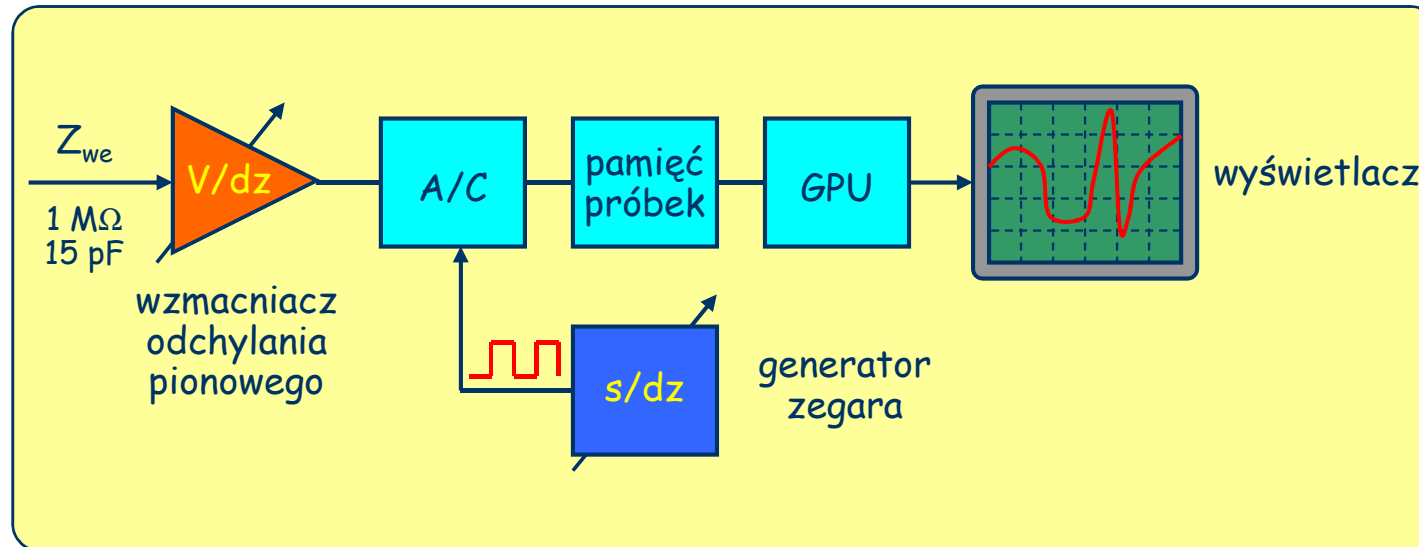
Oscyloskop i pomiary oscyloskopowe



Oscyloskop analogowy



Oscyloskop cyfrowy

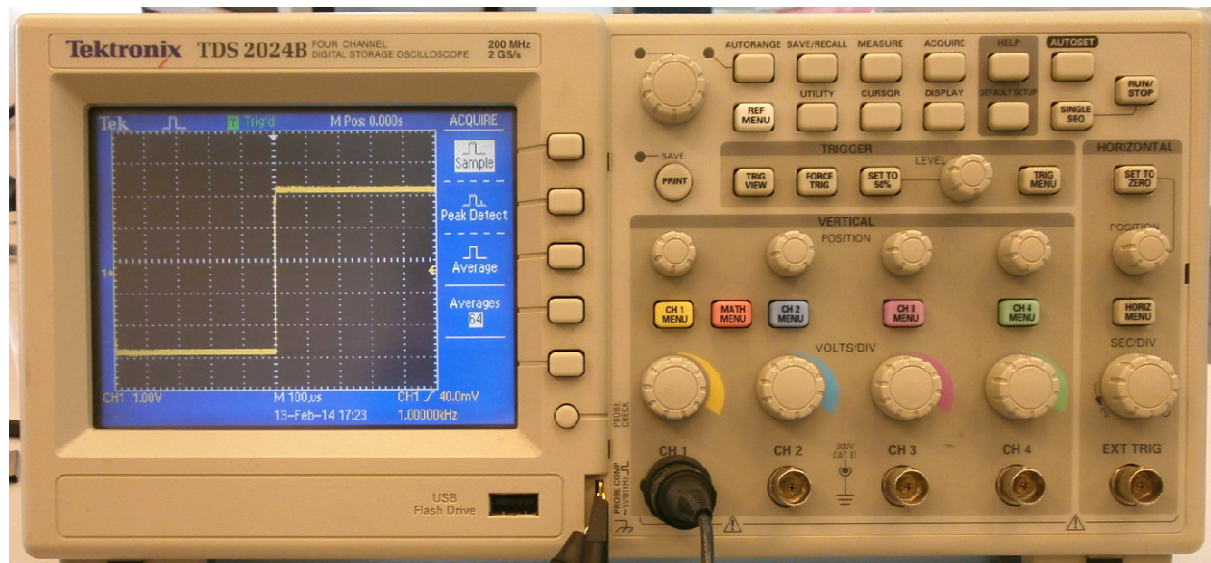


DSO

Digital Storage Oscilloscope
Digital Sampling Oscilloscope

MSCO

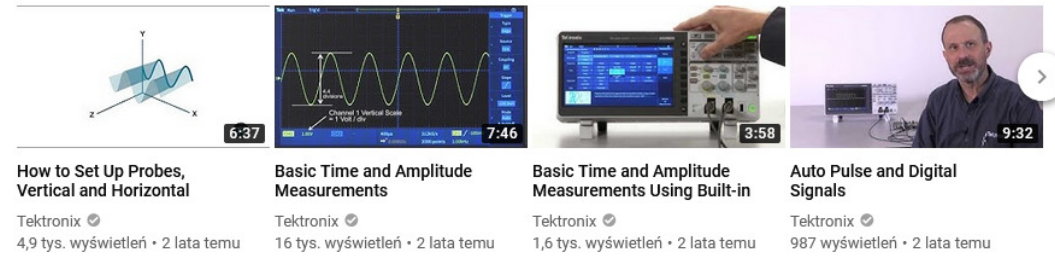
Mixed Signal Oscilloscope



Materiały dostępne w sieci Youtube

jeśli ktoś nie jest usatysfakcjonowany wykładem...

XYZs of Oscilloscopes Tutorials ▶ ODTWÓRZ WSZYSTKIE



Np. od Tektronix'a:

How to use an oscilloscope

<https://www.youtube.com/watch?v=tzndcBJu-Ns>

How to set up oscilloscope triggering:

https://www.youtube.com/watch?v=uZuL6QUTe_w

How to set up probes, vertical and horizontal settings

<https://www.youtube.com/watch?v=ykRTsDdQAW>

Basic time and amplitude measurements:

<https://www.youtube.com/watch?v=ry8TJFQuP3E>

i z innych źródeł:

How to use O'Scope (Tektronix TDS2024B)

<https://www.youtube.com/watch?v=vIXiHTxiYCA>

Tektronix oscilloscope tutorial

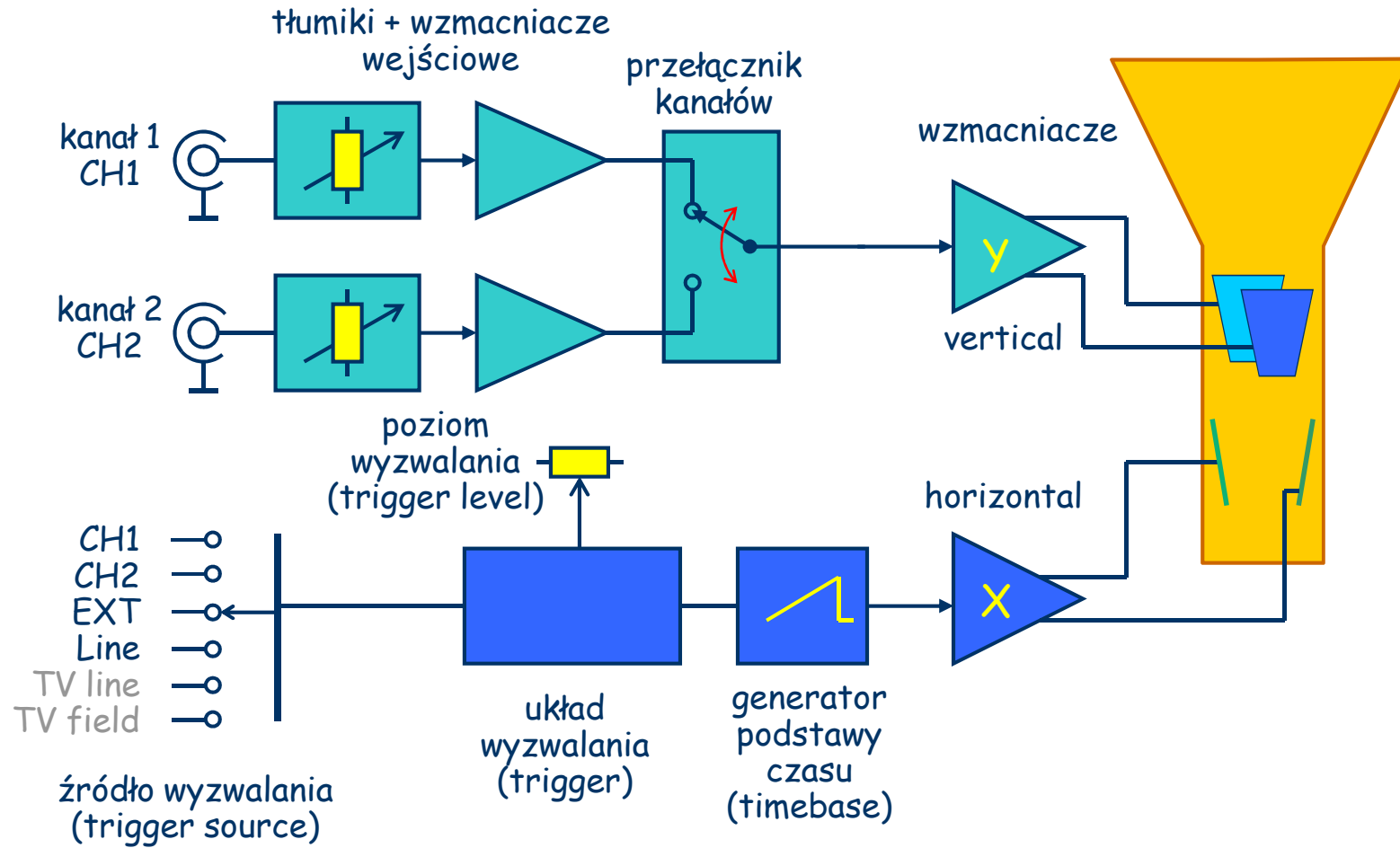
<https://www.youtube.com/watch?v=7nwIIPN9QEY>

How to use an oscilloscope

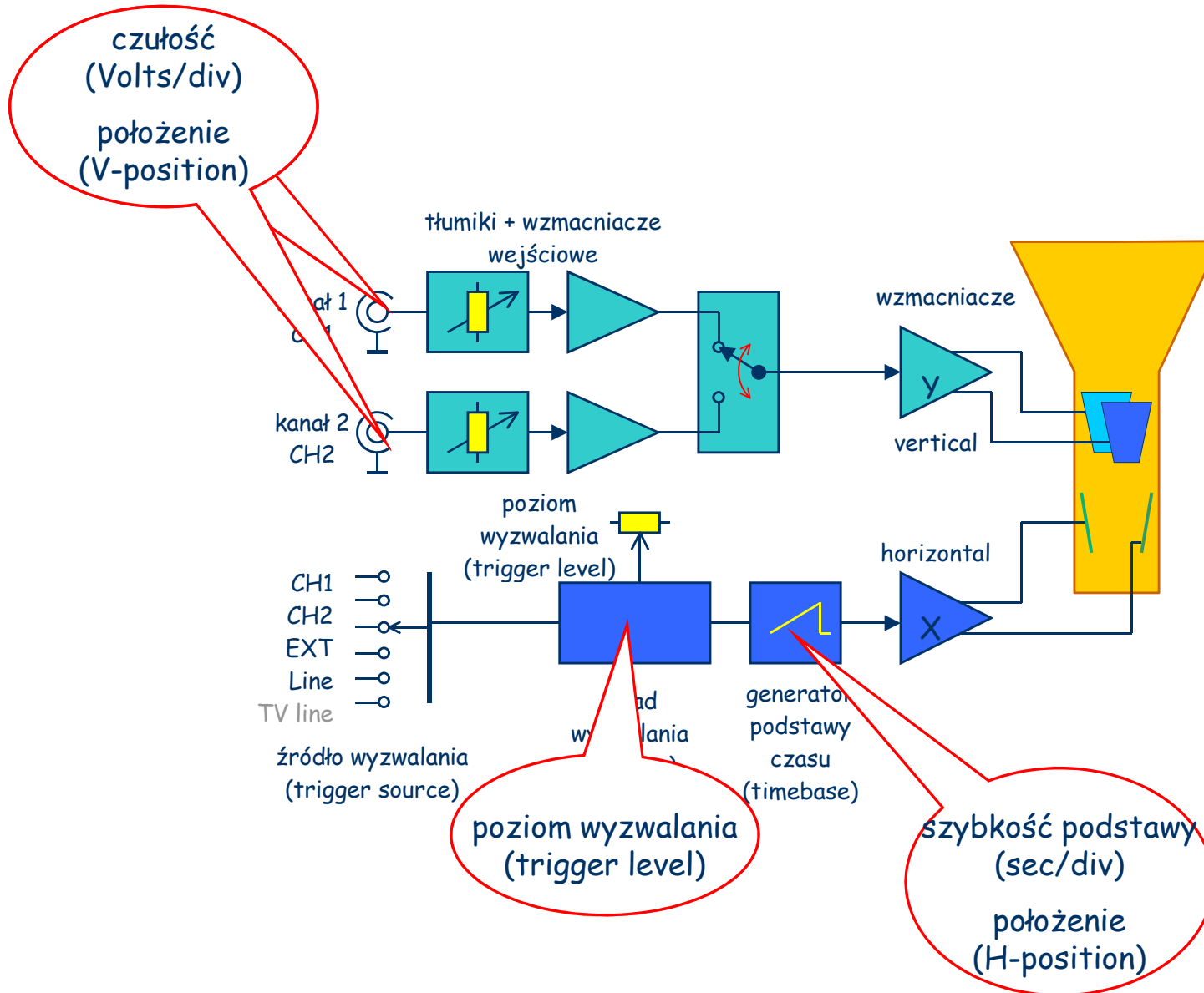
<https://www.youtube.com/watch?v=u4zyptPLIJI>

Angielskiego lepiej zacząć się uczyć wcześniej niż później jeśli ktoś chce zostać inżynierem...

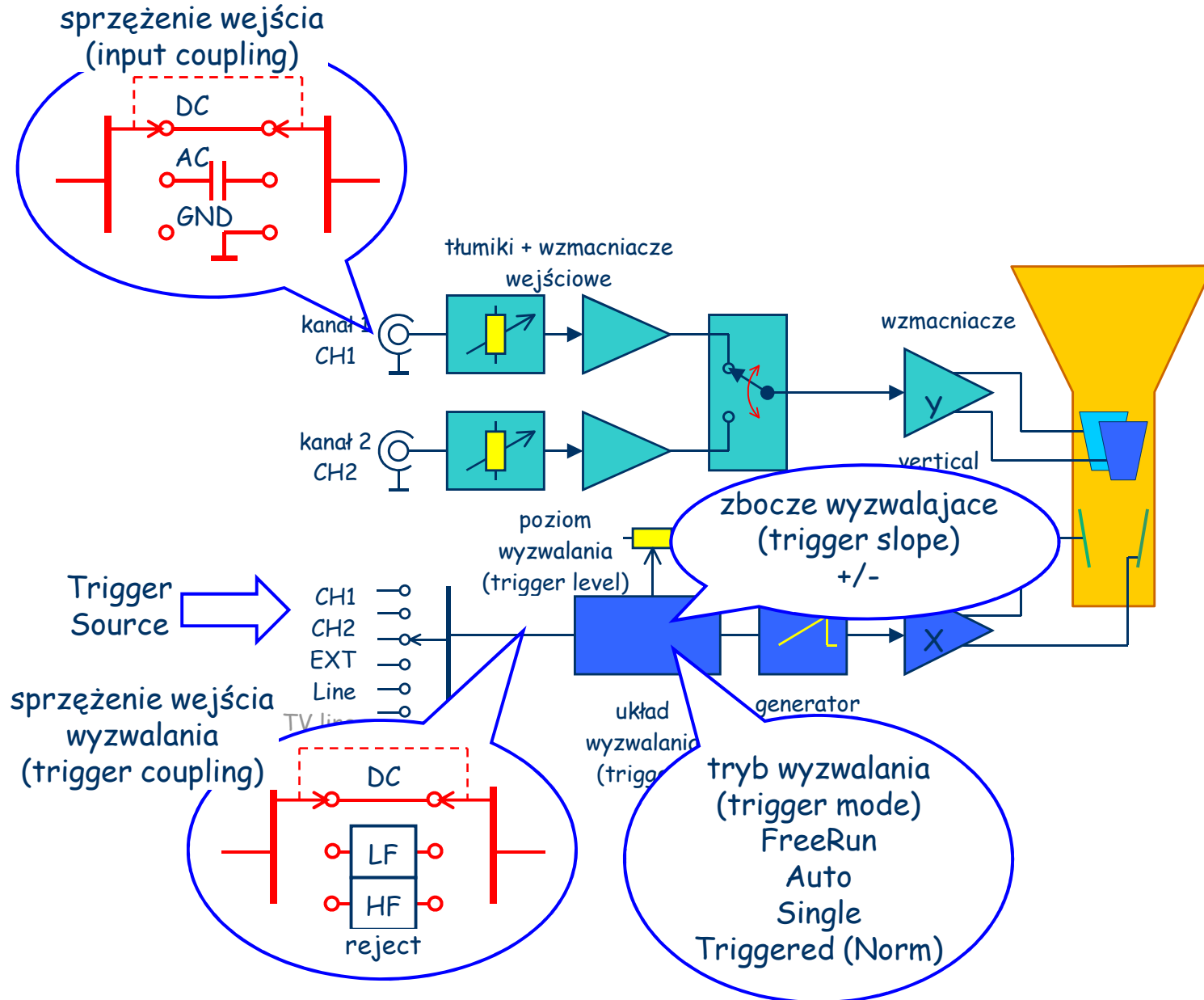
Budowa oscyloskopu analogowego



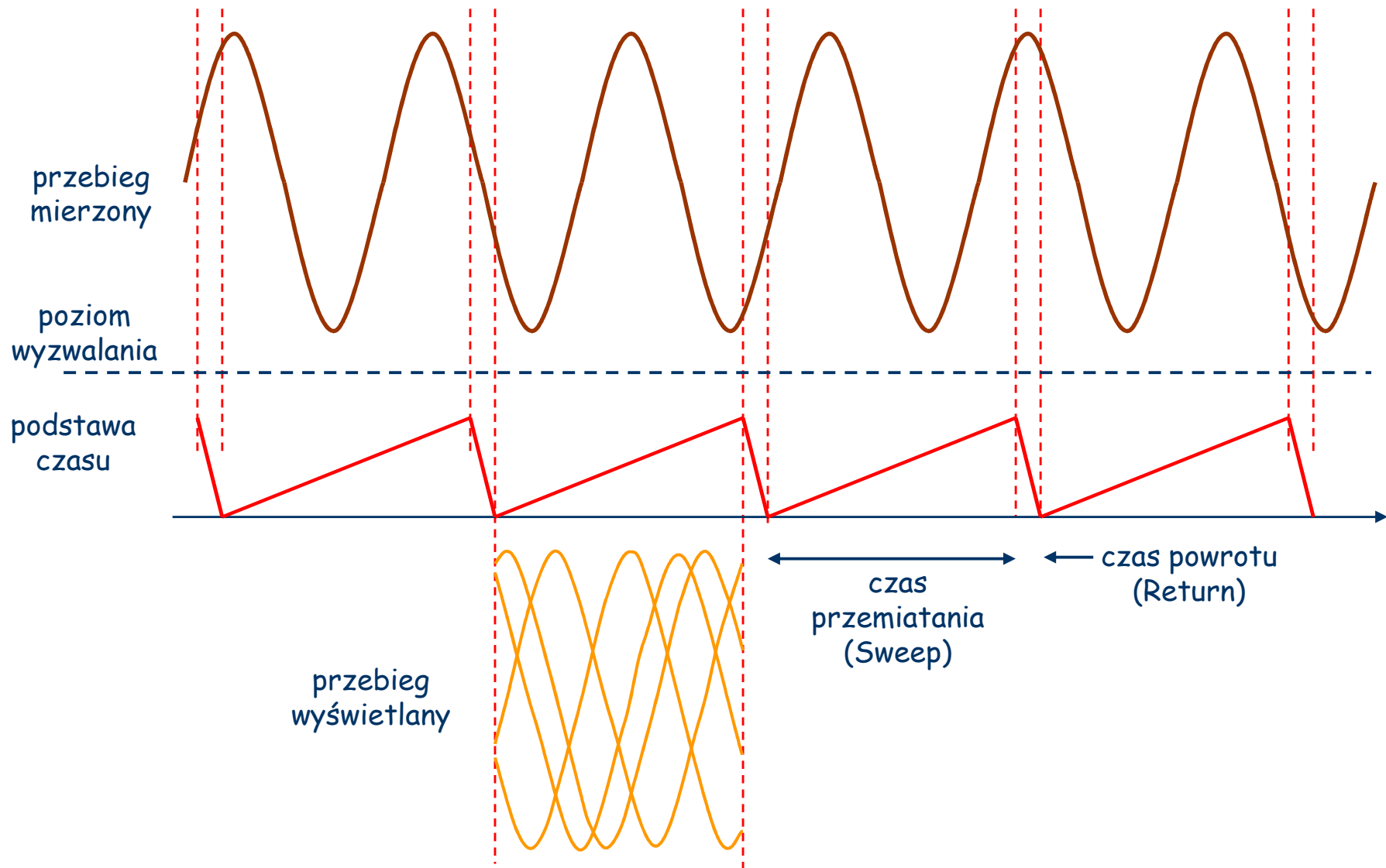
Podstawowe elementy regulacyjne



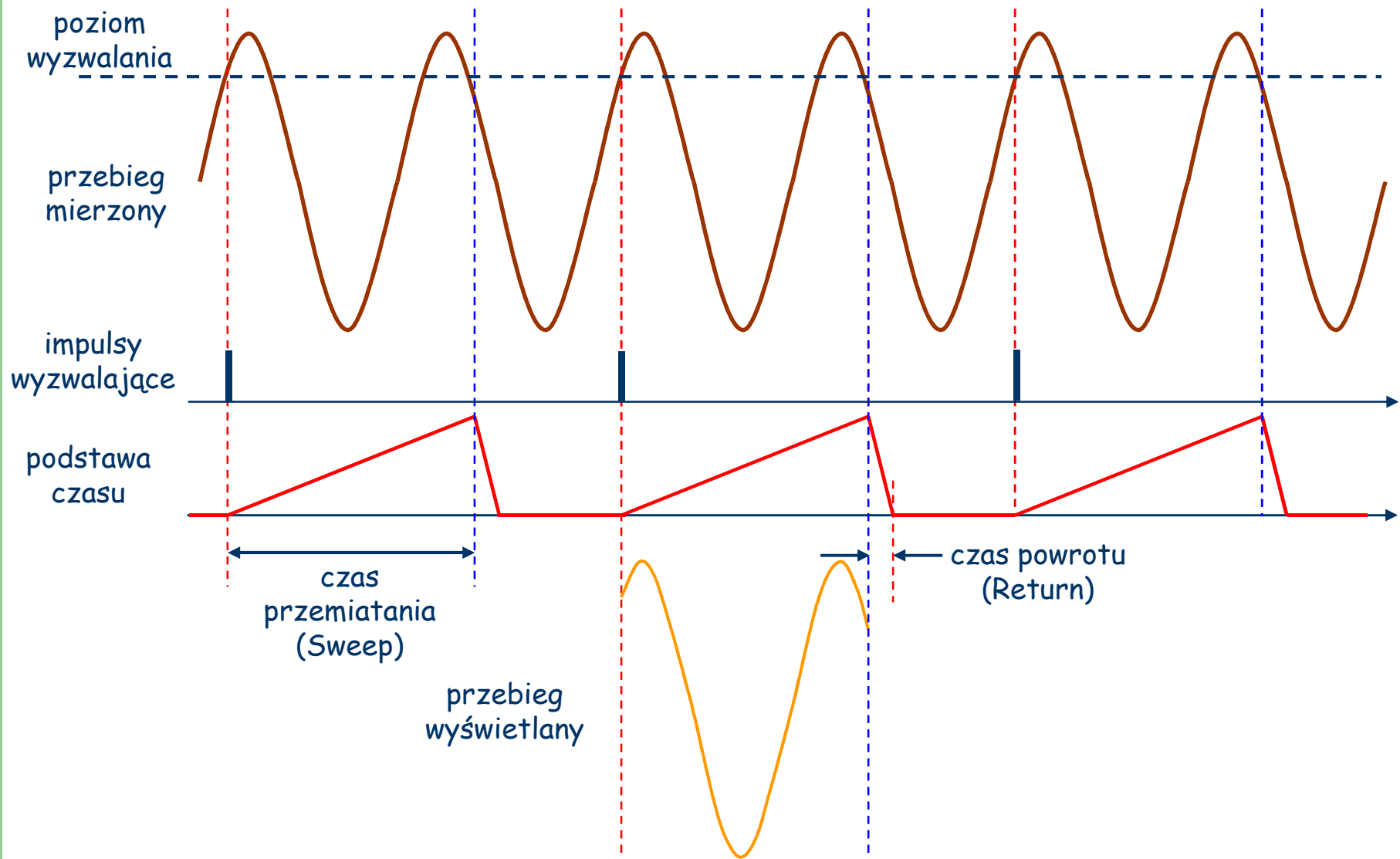
Podstawowe tryby pracy



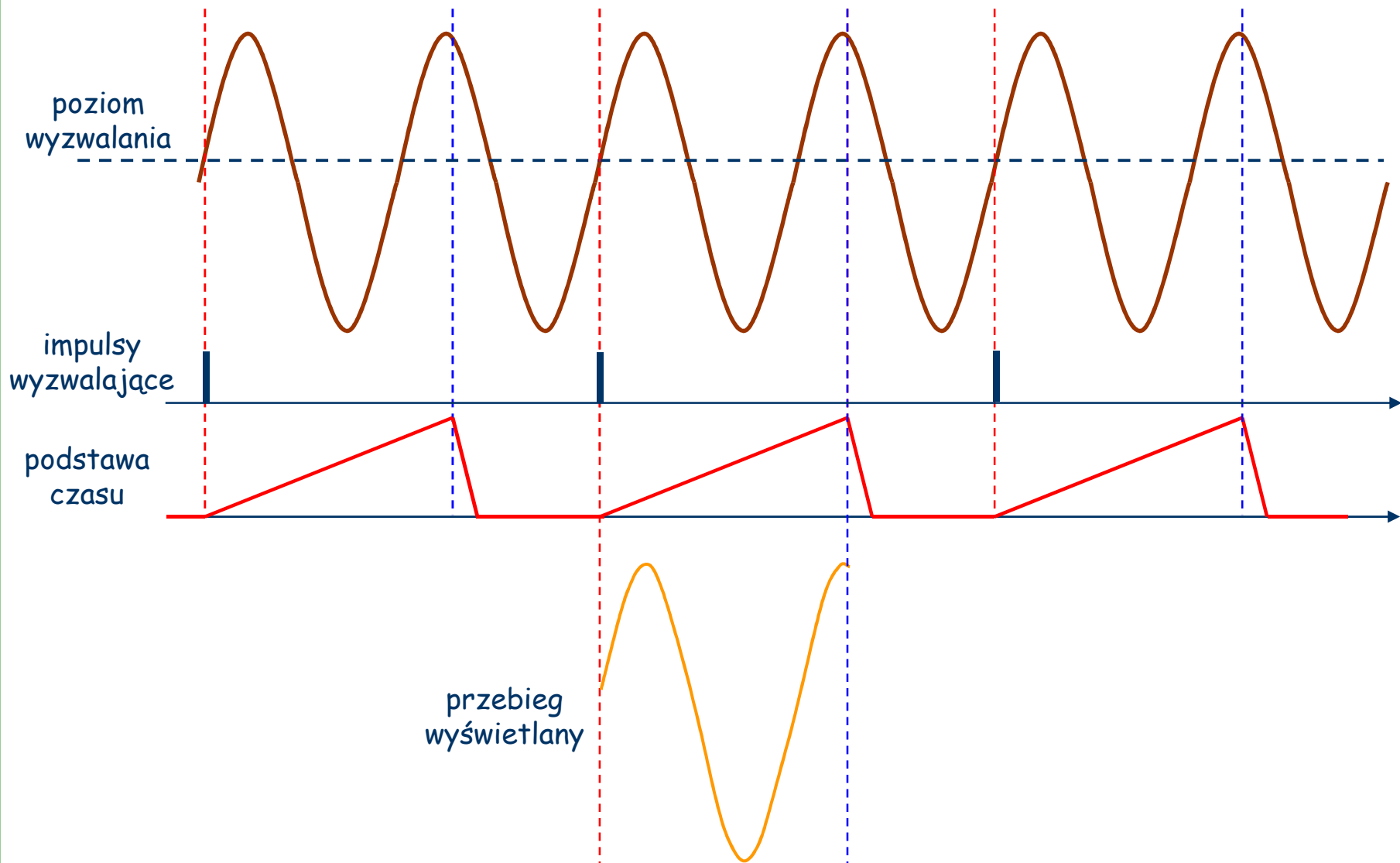
Tryb „Auto” (FreeRun)



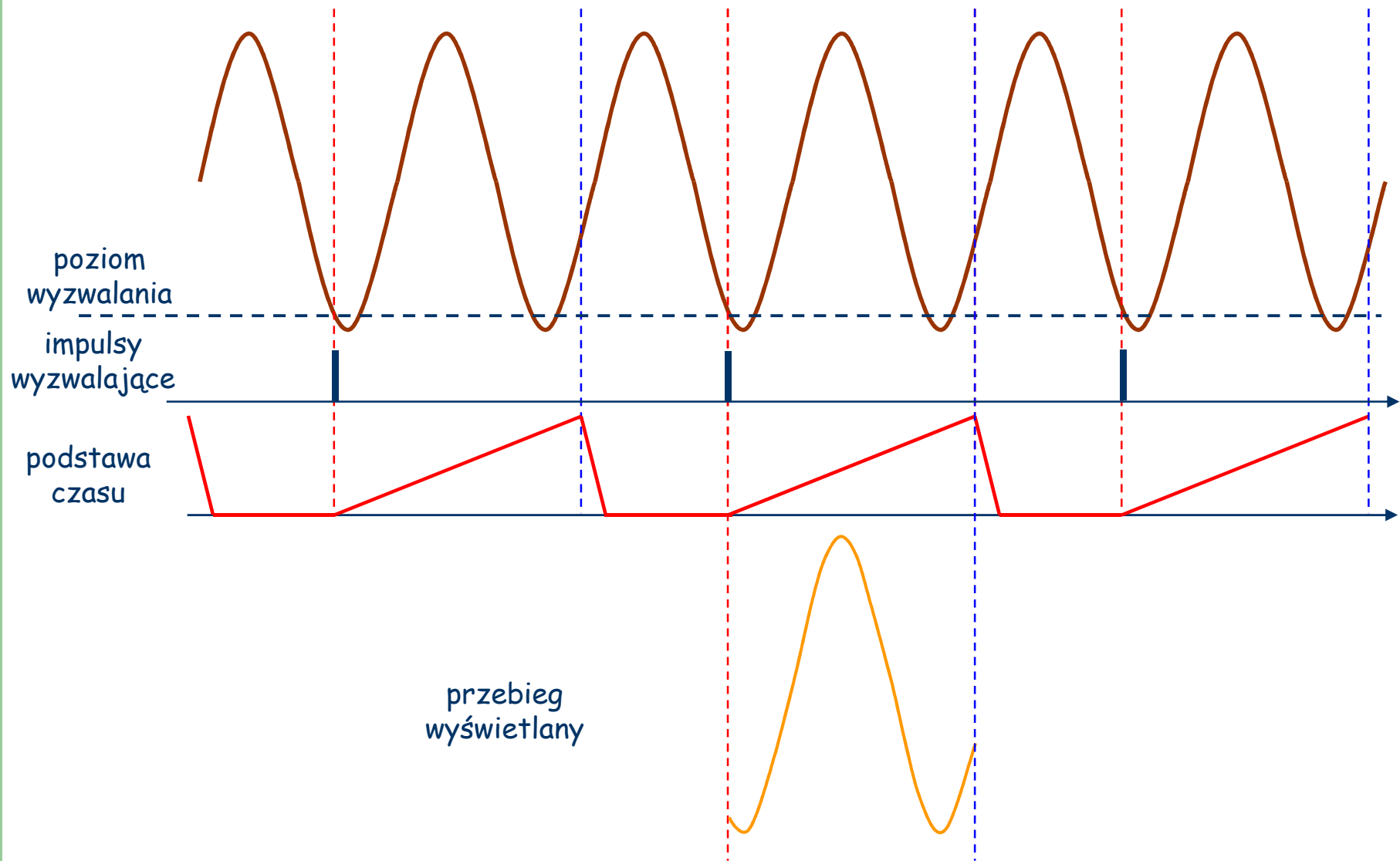
Wyzwalana podstawa czasu (1)



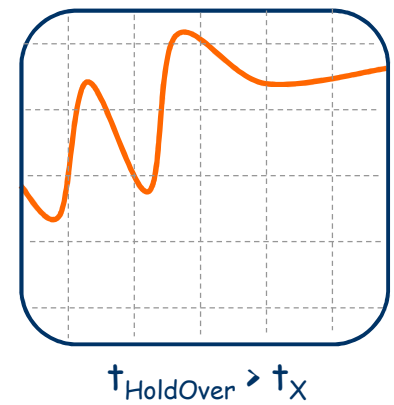
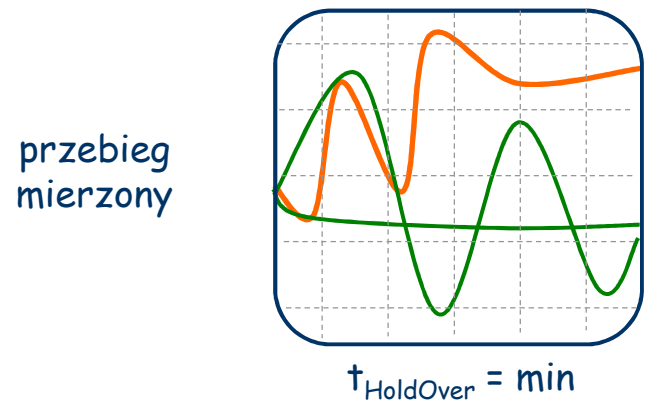
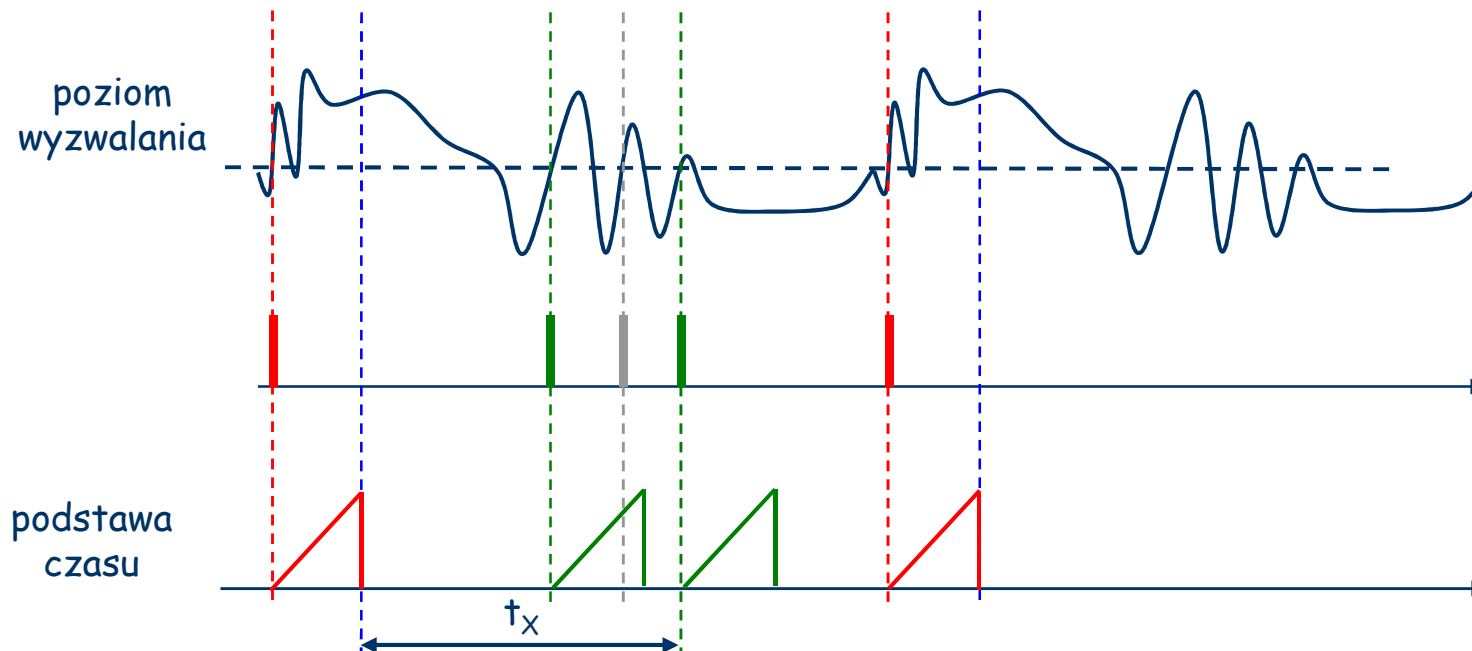
Wyzwalana podstawa czasu (2)



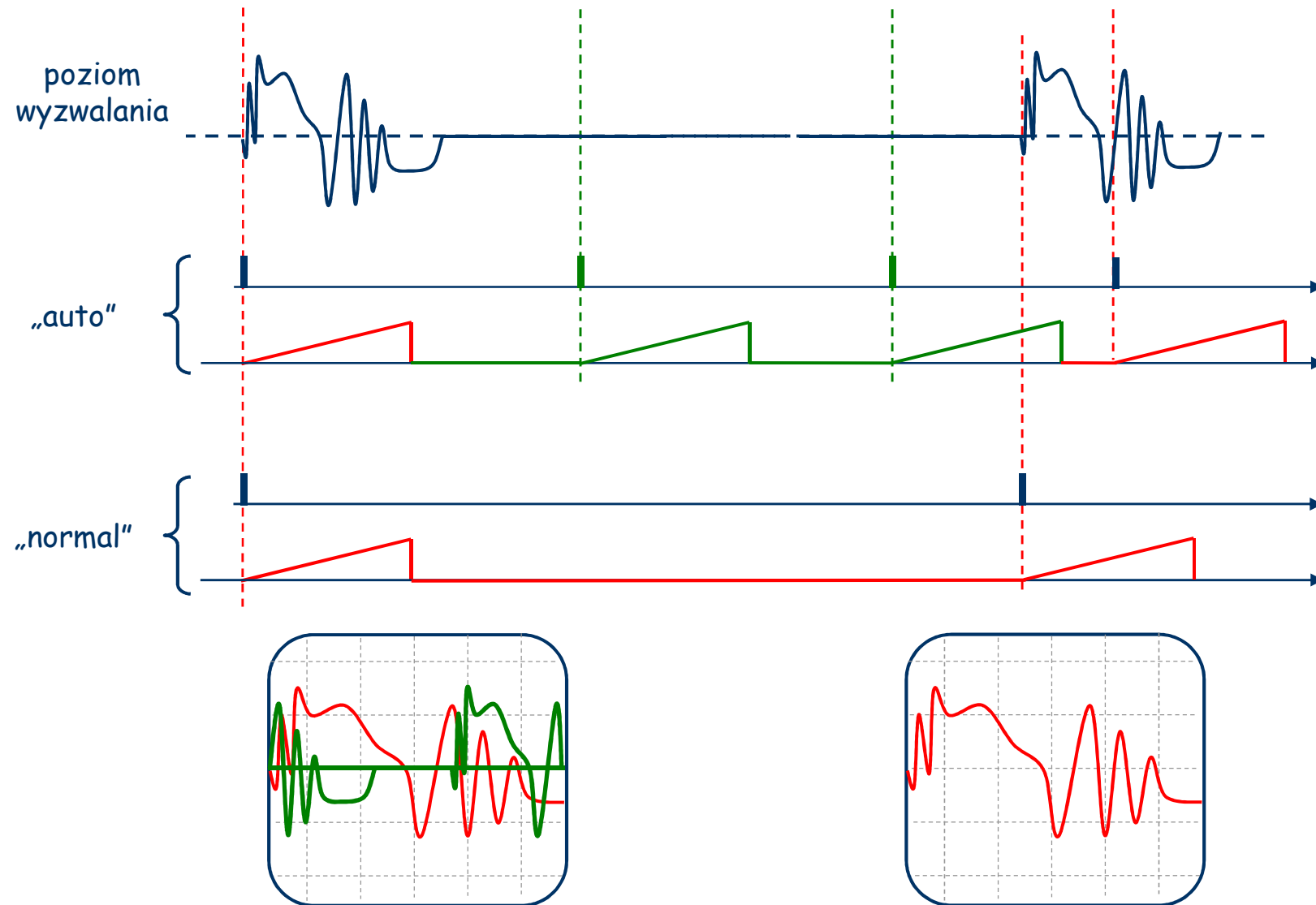
Wyzwalana podstawa czasu (3)



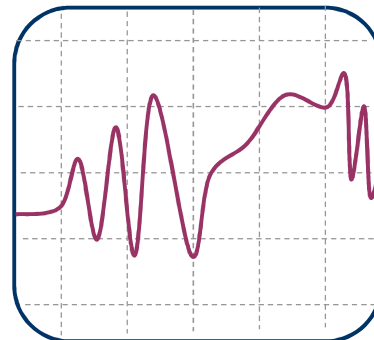
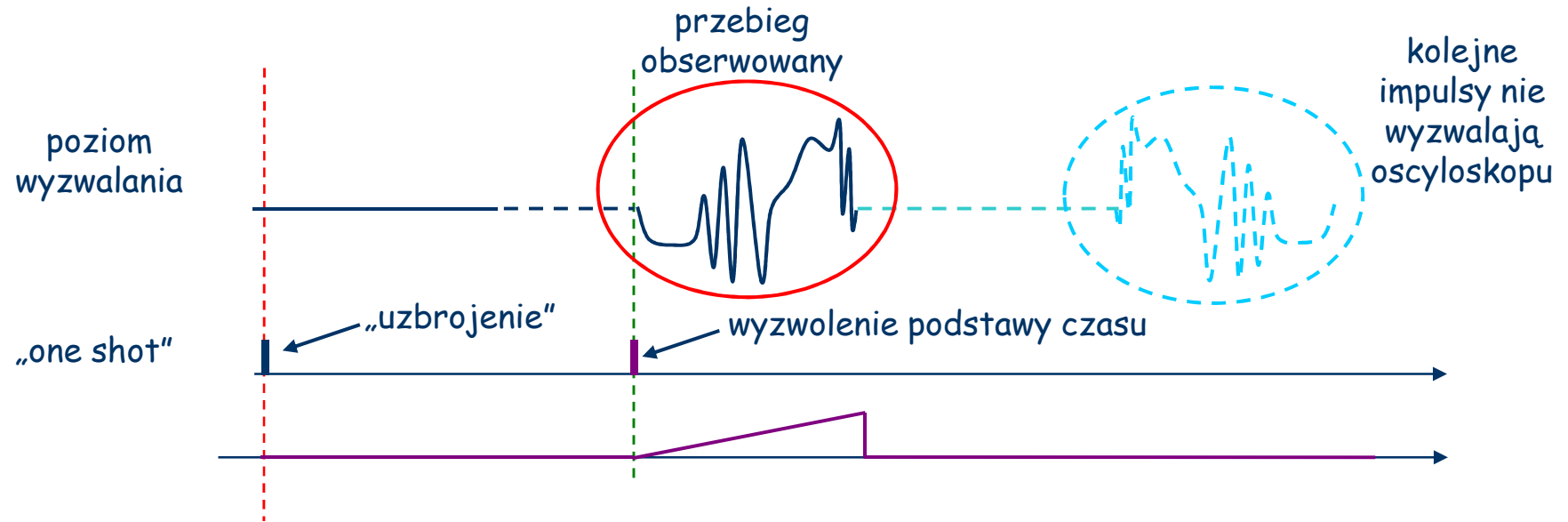
Przebiegi bardziej skomplikowane...



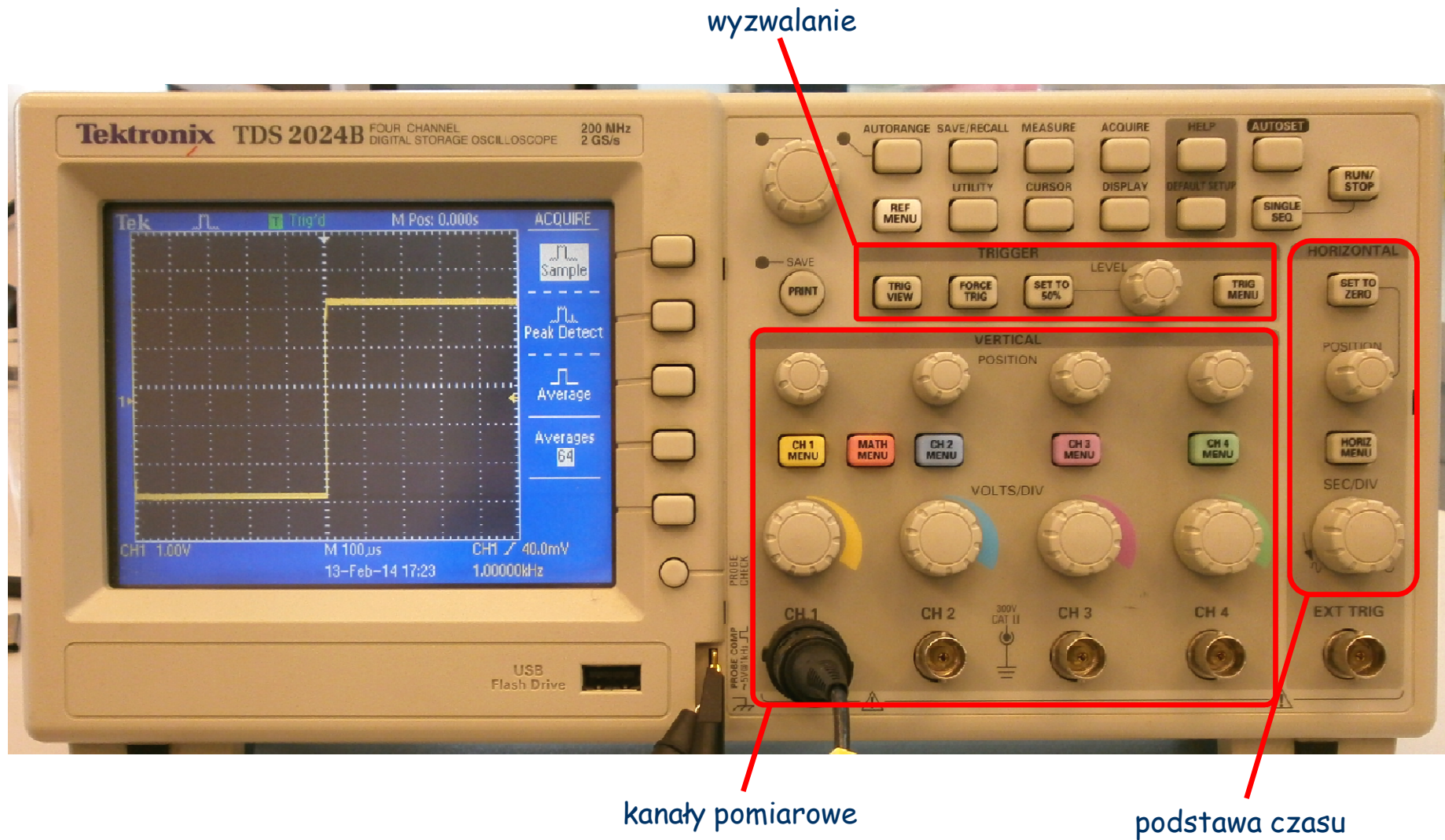
Tryb „Normal” - rzadkie zdarzenia



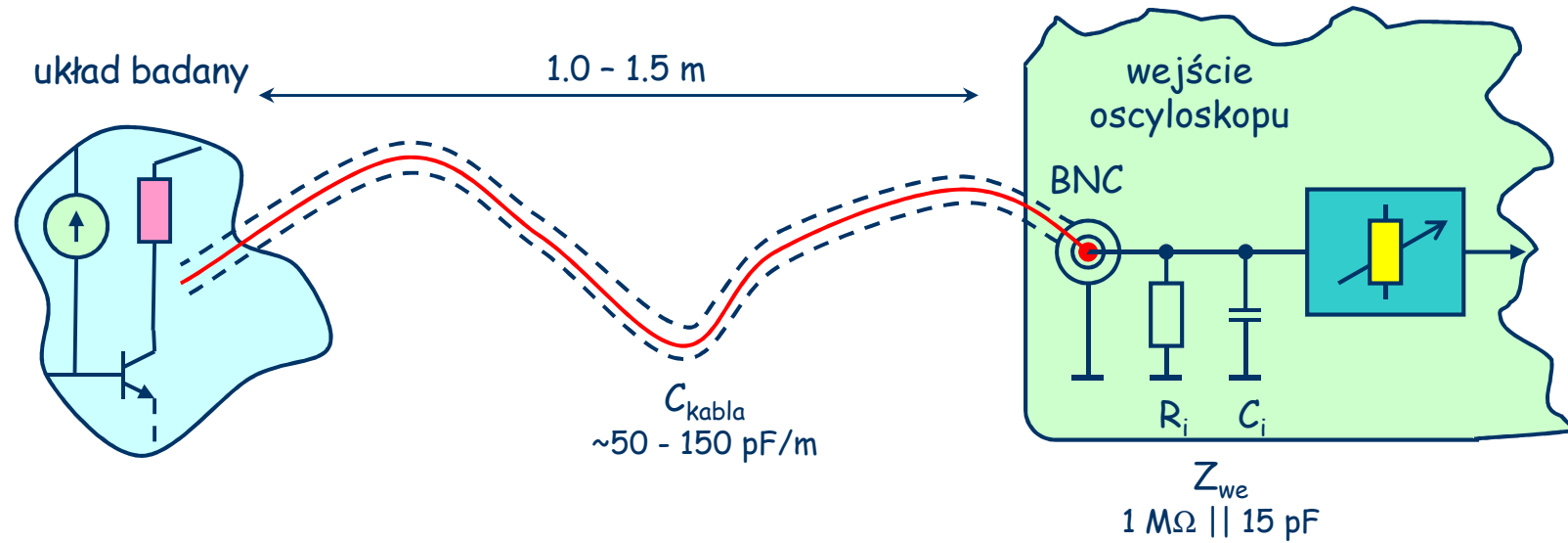
Tryb „One Shot”



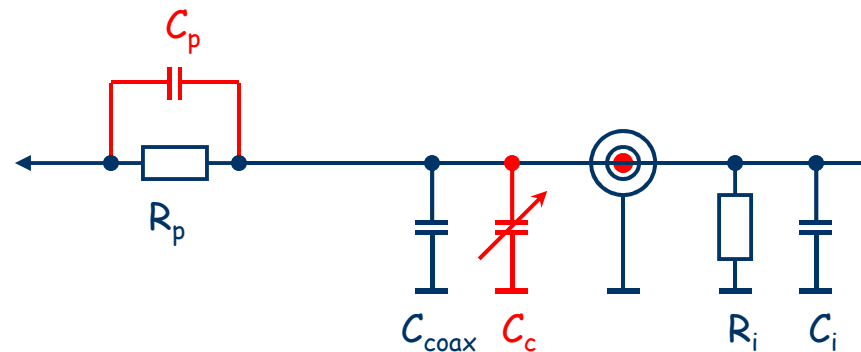
Położenie elementów sterujących



Sonda oscyloskopowa (ang. *probe*)

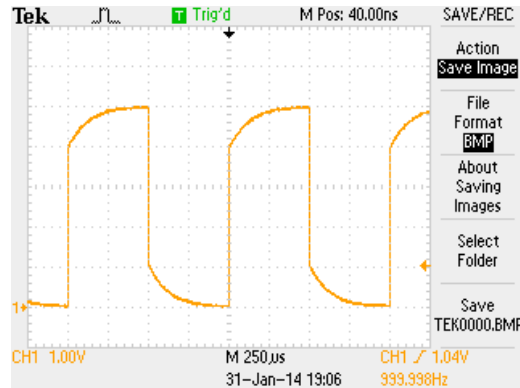


dzielnik skompensowany

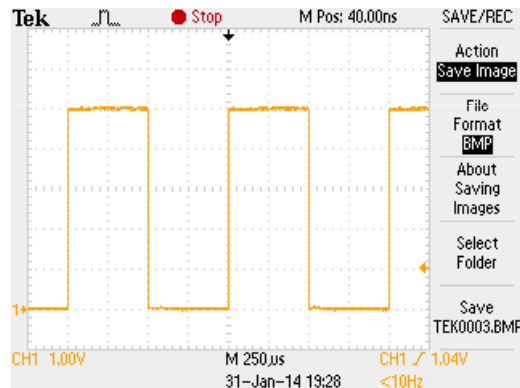


$$\frac{R_i}{R_i + R_p} = \frac{C_p}{C_p + (C_i + C_{coax} + C_c)}$$

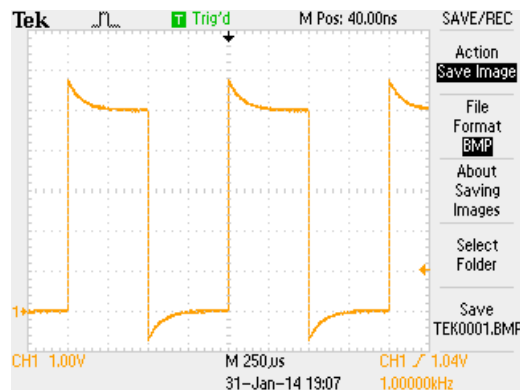
Kompensacja sondy



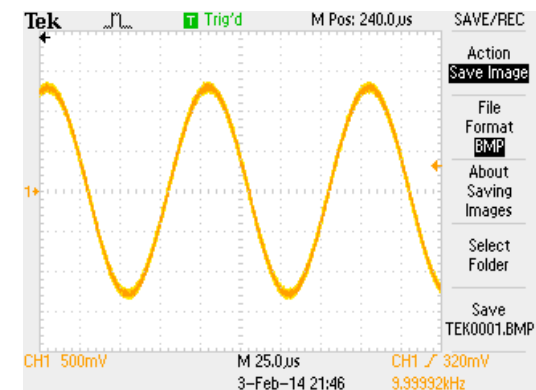
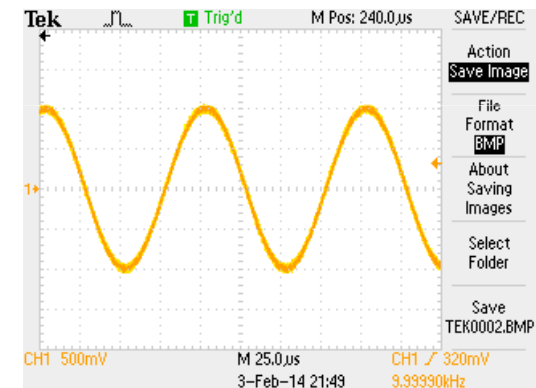
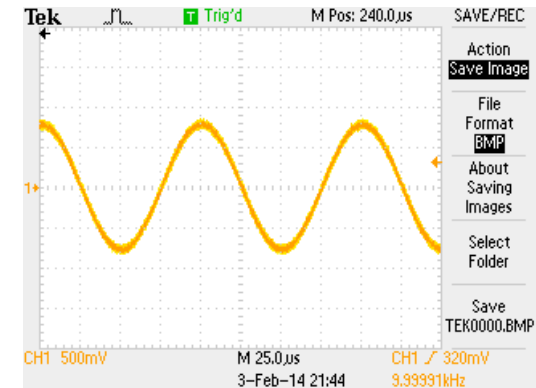
sonda
niedokompensowana



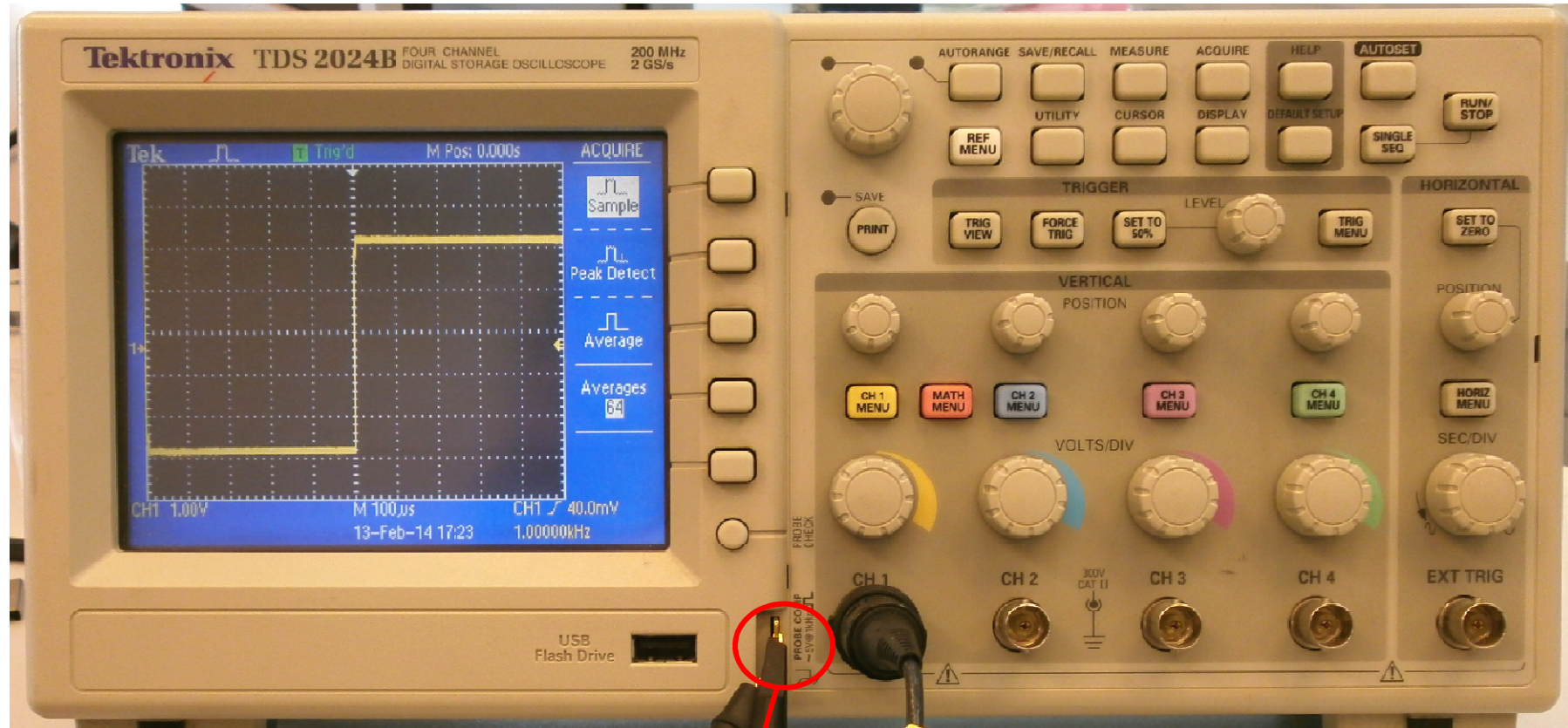
sonda
prawidłowo
skompensowana



sonda
przekompensowana

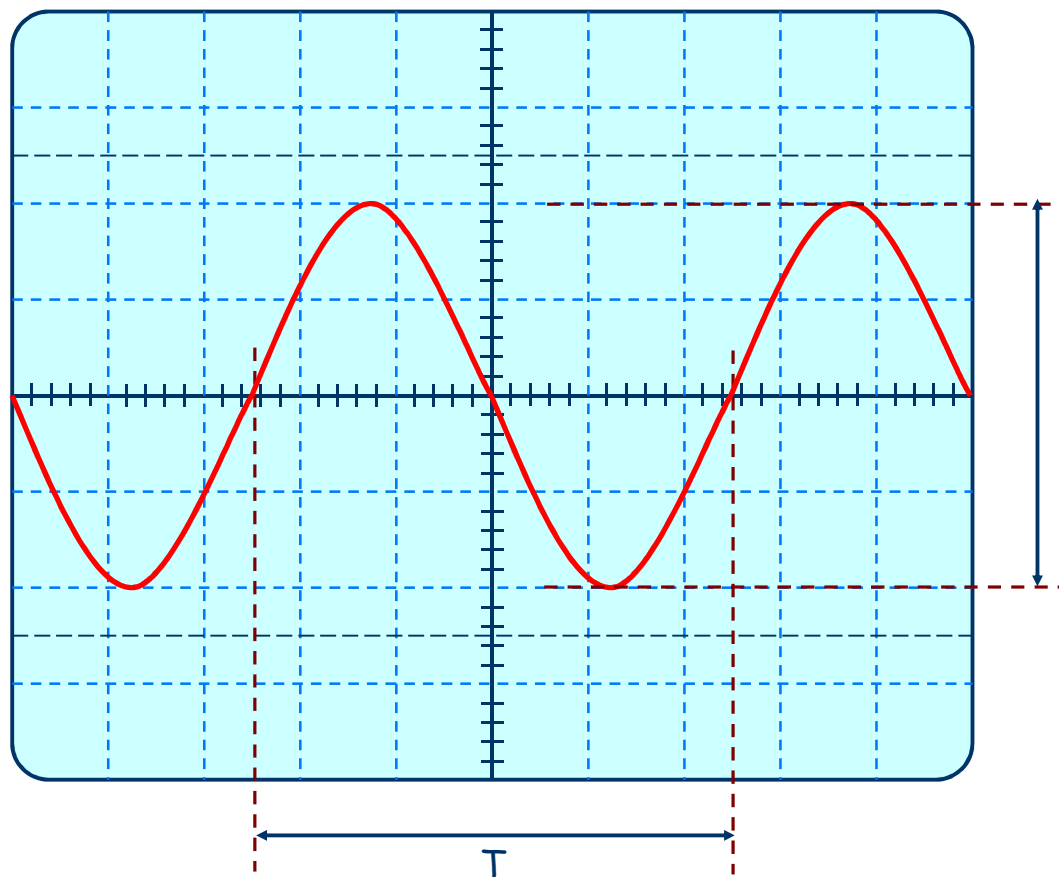


Kalibracja sondy



wyście kalibratora

Pomiary oscyloskopem: amplituda, okres, częstotliwość

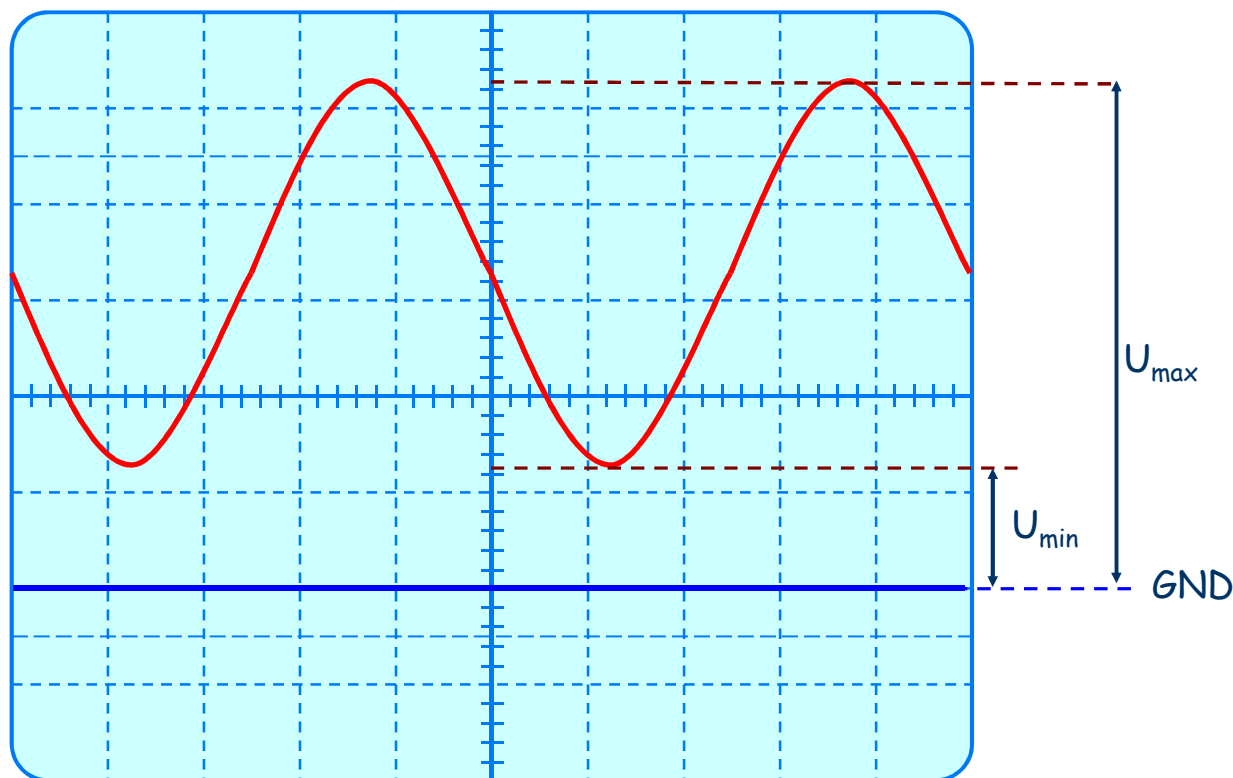


$$U_{pp} = 4 \text{ dz} \quad \times V/\text{dz}$$
$$T = 5 \text{ dz} \quad \times s/\text{dz}$$
$$f = 1/T$$

Pomiary oscyloskopem: wartości bezwzględne

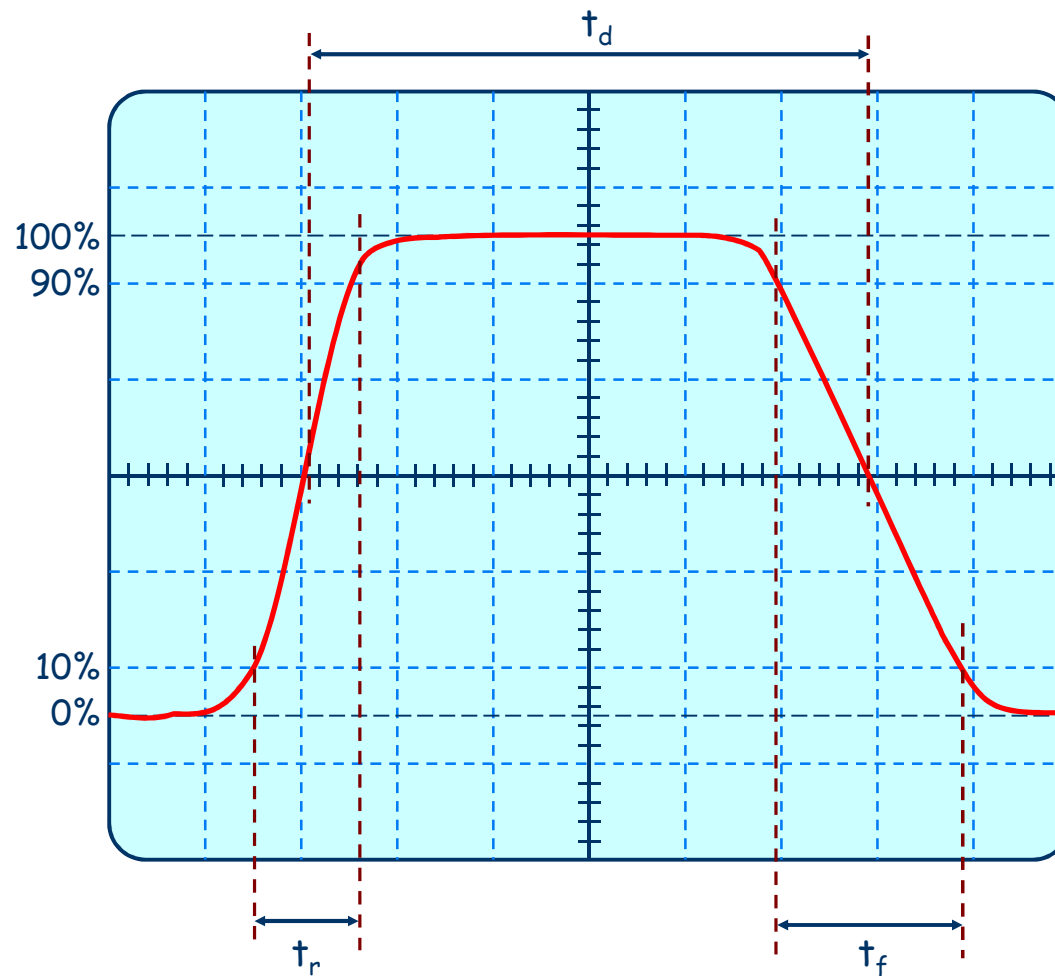
Procedura w trzech krokach:

1. Odłączyć sygnał od wejścia lub połączyć je z masą (GND)
2. Ustawić położenie wyświetlanej linii w „wygodnym” położeniu
3. Podłączyć sygnał wejściowy



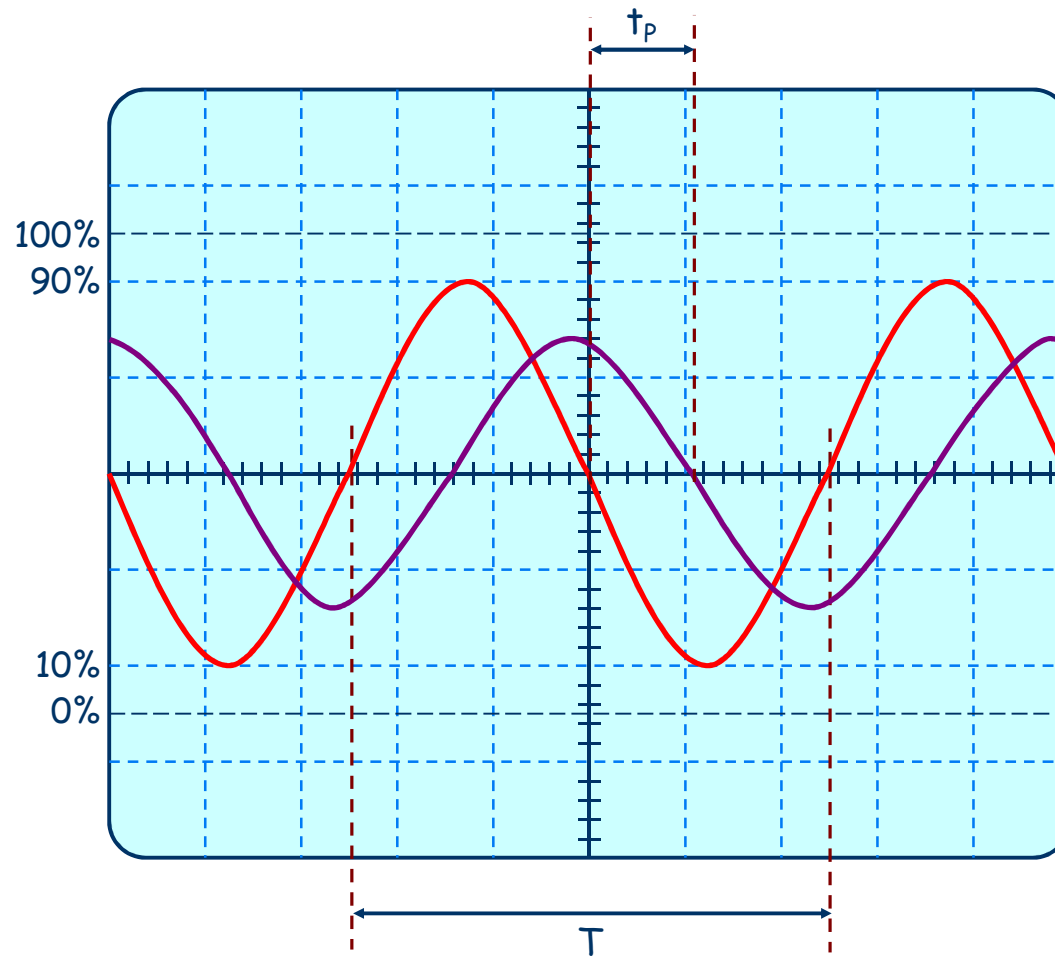
$$\begin{aligned}U_{\min} &= 1.3 \text{ div} \times V/\text{div} \\U_{\max} &= 5.3 \text{ div} \times V/\text{div} \\U_{pp} &= 4 \text{ div} \times V/\text{div}\end{aligned}$$

Pomiary oscyloskopem: czas narastania, opadania, trwania impulsu



$$\left. \begin{array}{l} t_r = 1.1 \text{ dz} \\ t_f = 1.95 \text{ dz} \\ t_d = 5.8 \text{ dz} \end{array} \right\} \times s/\text{dz}$$

Pomiary oscyloskopem: przesunięcie fazy

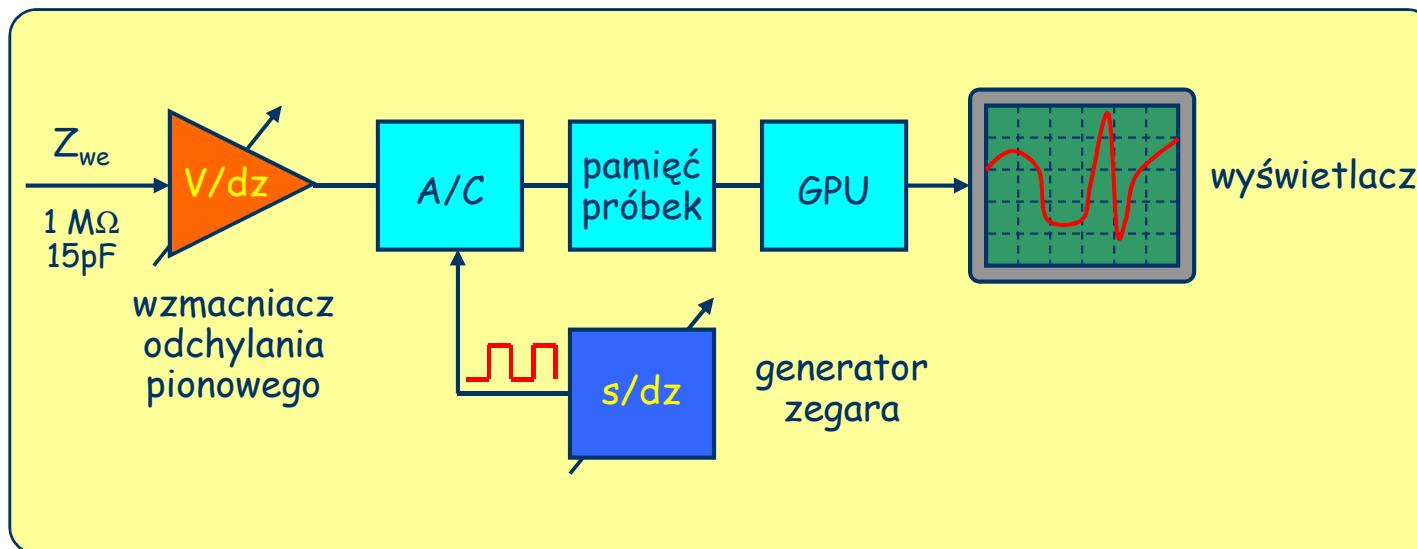


$$t_p = 1.05 \text{ dz}$$

$$T = 5 \text{ dz}$$

$$\varphi = 2\pi \times t_p / T \text{ [rad]}$$

Oscyloskop cyfrowy



DSO

Digital Storage Oscilloscope
Digital Sampling Oscilloscope

MSO

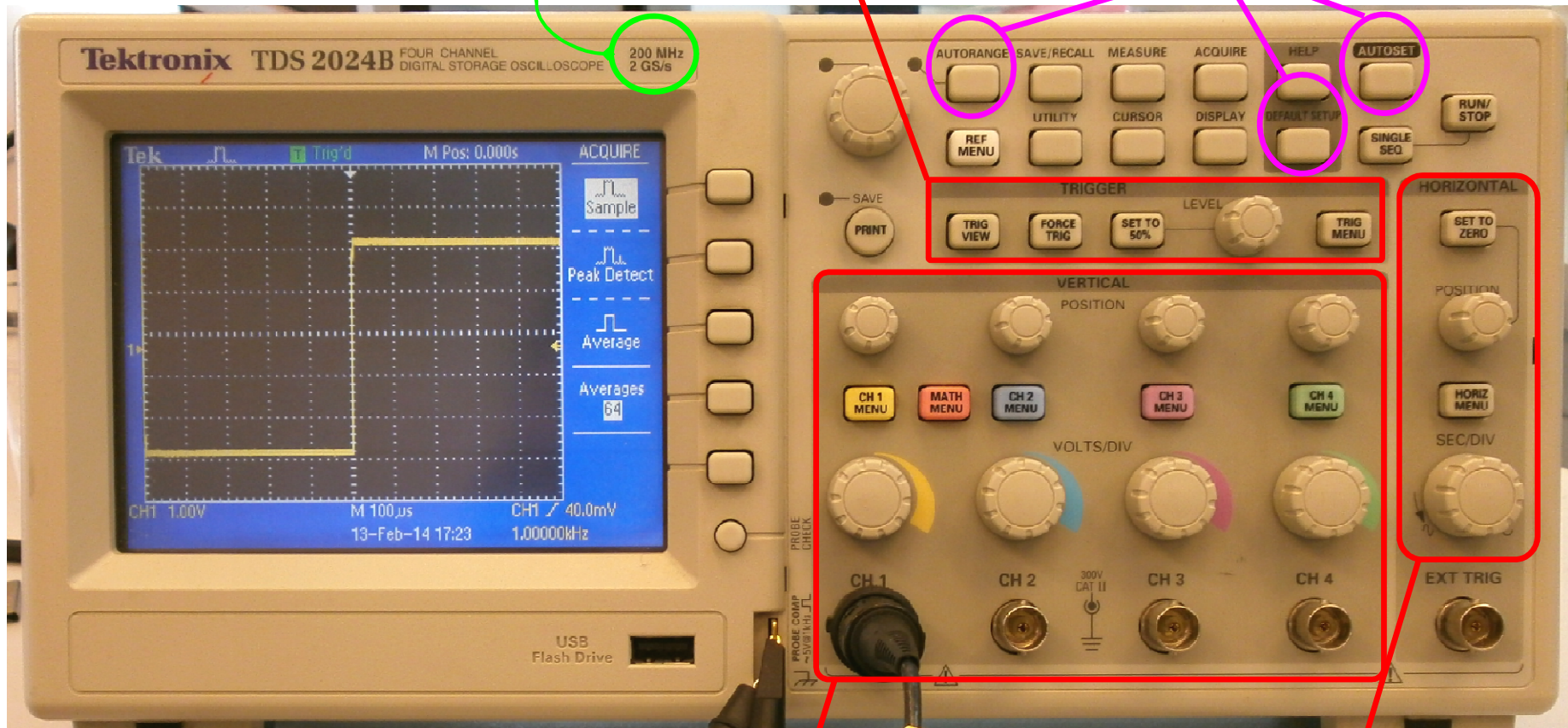
Mixed Signal Oscilloscope

Oscyloskop cyfrowy: w zasadzie wszystko jest tak samo...

pasmo analogowe: 200 MHz
próbkowanie: 2 GS/s

wyzwalanie

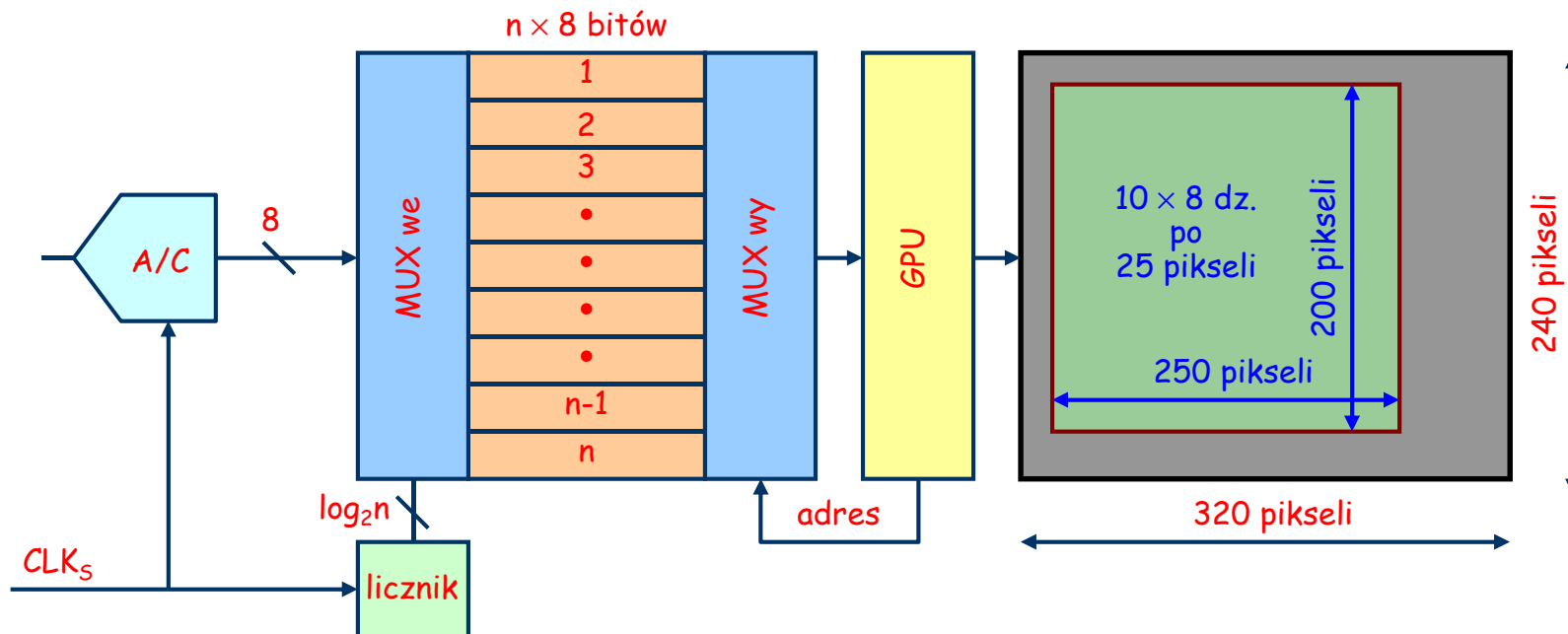
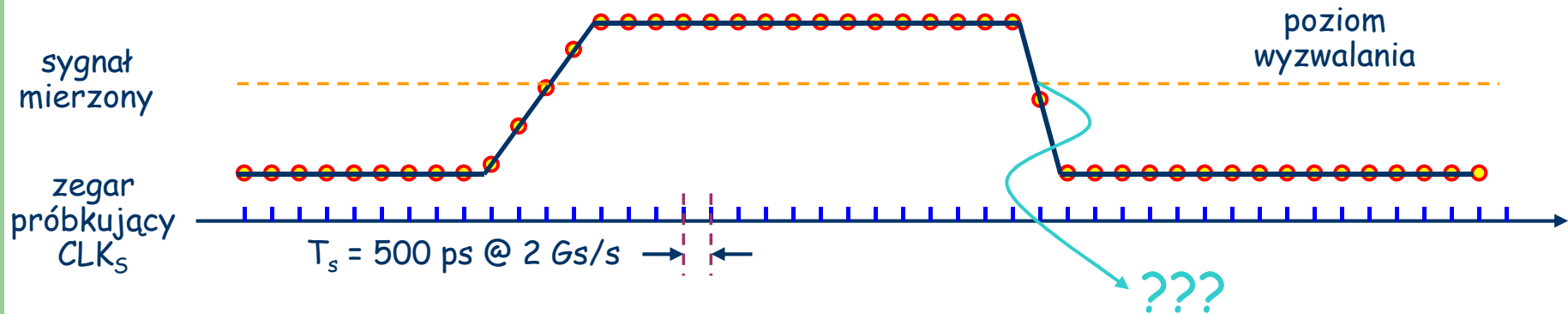
tych guzików szanujący się osobnik nie używa...



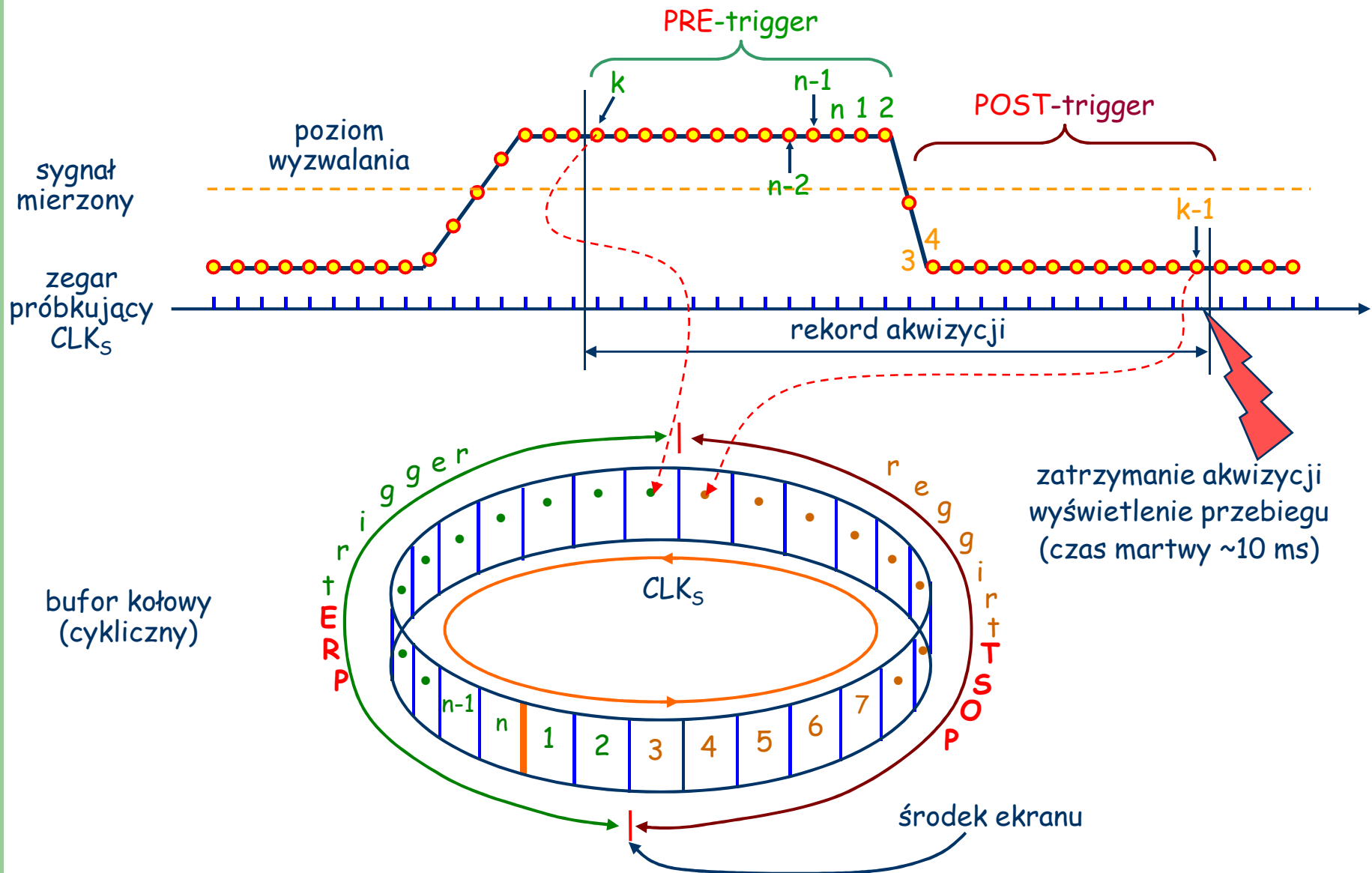
4 kanały pomiarowe

podstawa czasu

...ale działa inaczej...

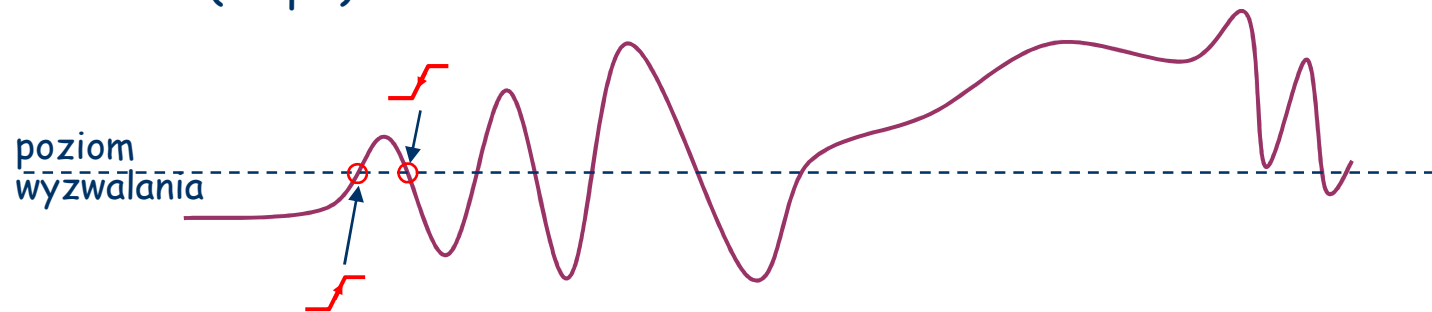


Wyzwalanie



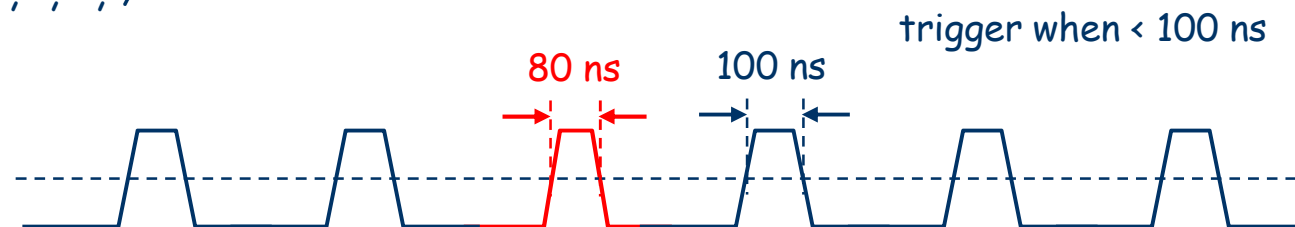
Sposoby wyzwalania (trigger type)

zboczem (slope)



impulsem (pulse width or glitch)

czas trwania impulsu
<, >, =, ≠



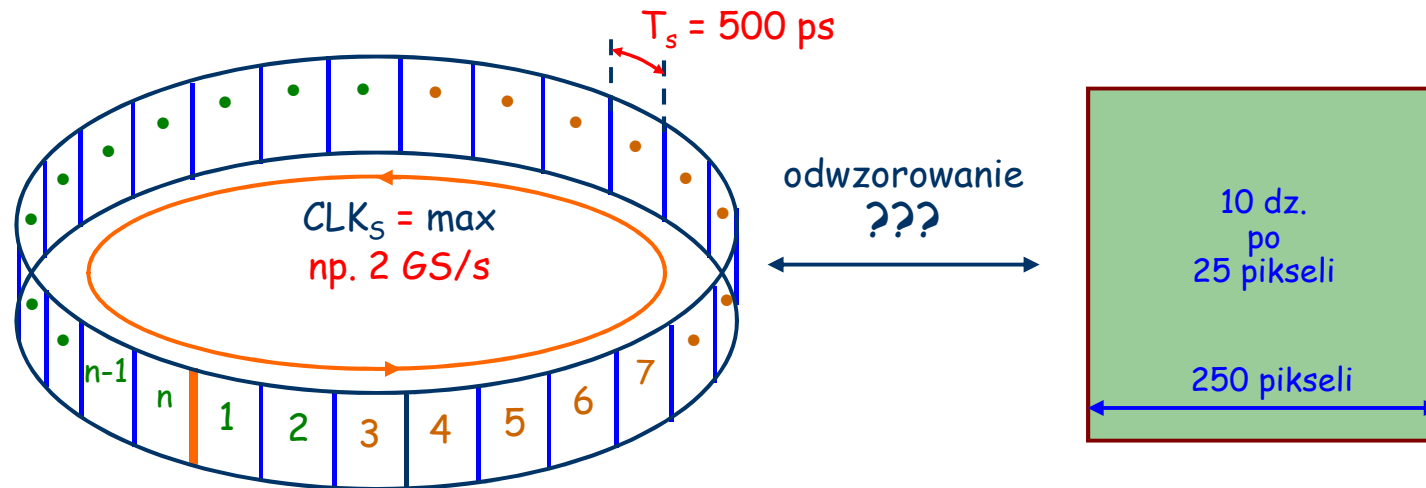
sekwencją impulsów (pattern)

trigger when pattern 1000110010101000



Jak działa podstawa czasu w DSO

„duża” szybkość podstawy czasu („małe” wartości S [s/dz])



liczba próbek/dz:

$$x = S/T_s \text{ [s/dz} \cdot \text{próbek/s]}$$

$$S = 10 \text{ ns/dz} \rightarrow x = 20$$

$$S = 100 \text{ ns/dz} \rightarrow x = 200$$

← interpolacja (GPU)

← decymacja

rekord pełny, za mało próbek

rekord pełny, za dużo próbek

Jak działa podstawa czasu w DSO

„mała” szybkość podstawy czasu („duże” wartości S [s/dz])

obserwowalny przedział czasu:

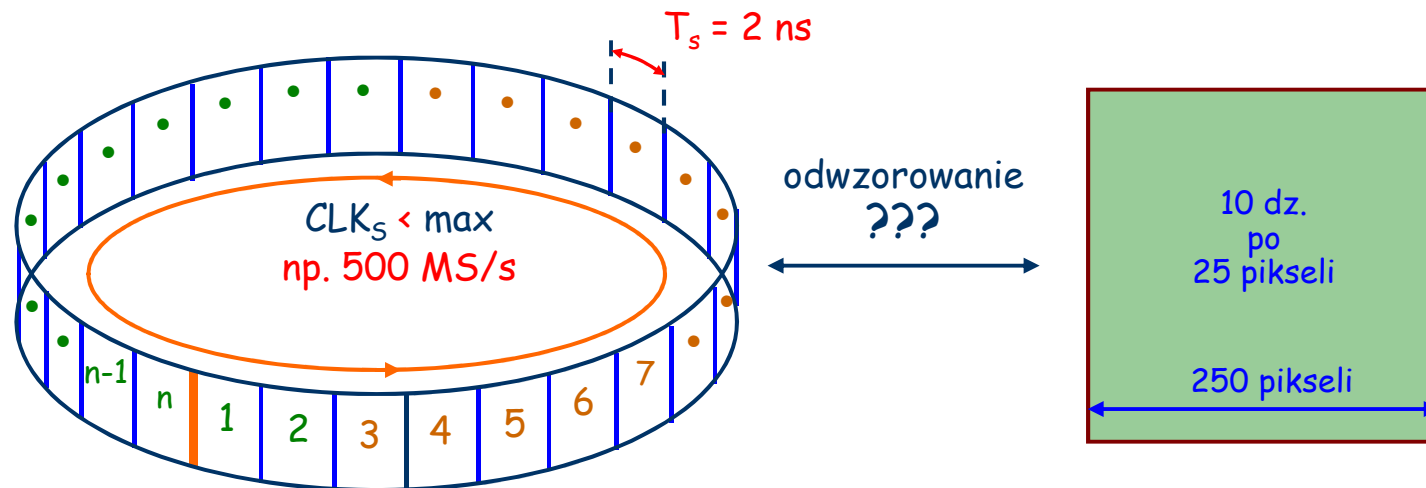
$$\Delta t = L_A \times T_s = L_A / \text{CLK}_S$$

L_A - długość rekordu akwizycji

np.: dla $L_A = 2500$ próbek

$\text{CLK}_S = 2 \text{ GS/s}$	$\rightarrow \Delta t = 1.25 \mu\text{s}$
$\text{CLK}_S = 500 \text{ MS/s}$	$\rightarrow \Delta t = 5 \mu\text{s}$
$\Delta t = 1 \text{ s}$	$\rightarrow \text{CLK}_S = 2.5 \text{ kHz !!!}$

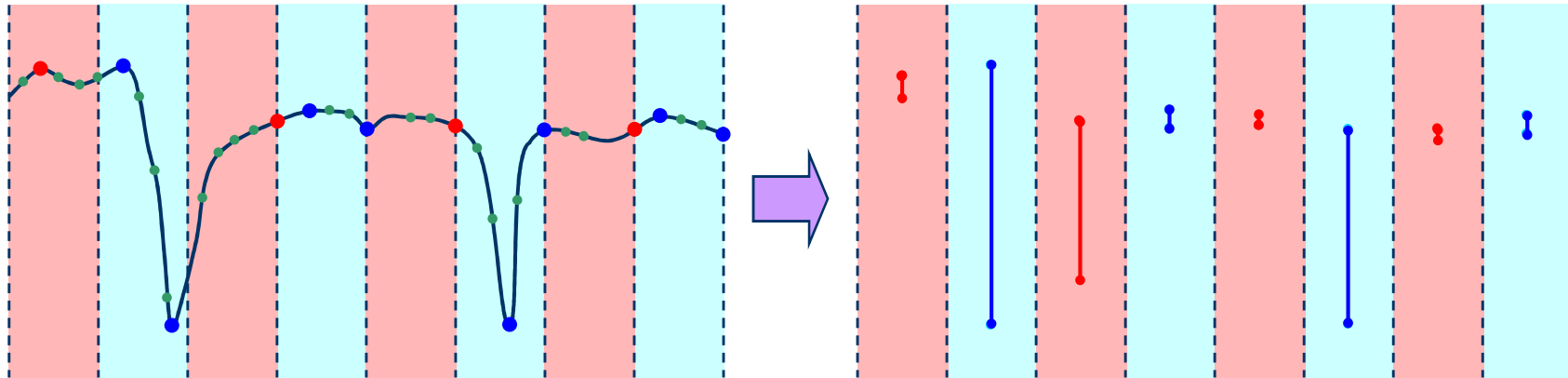
rekord zawsze pełny
 $\text{CLK}_S < \text{CLK}_{\text{max}}$ (decymacja)



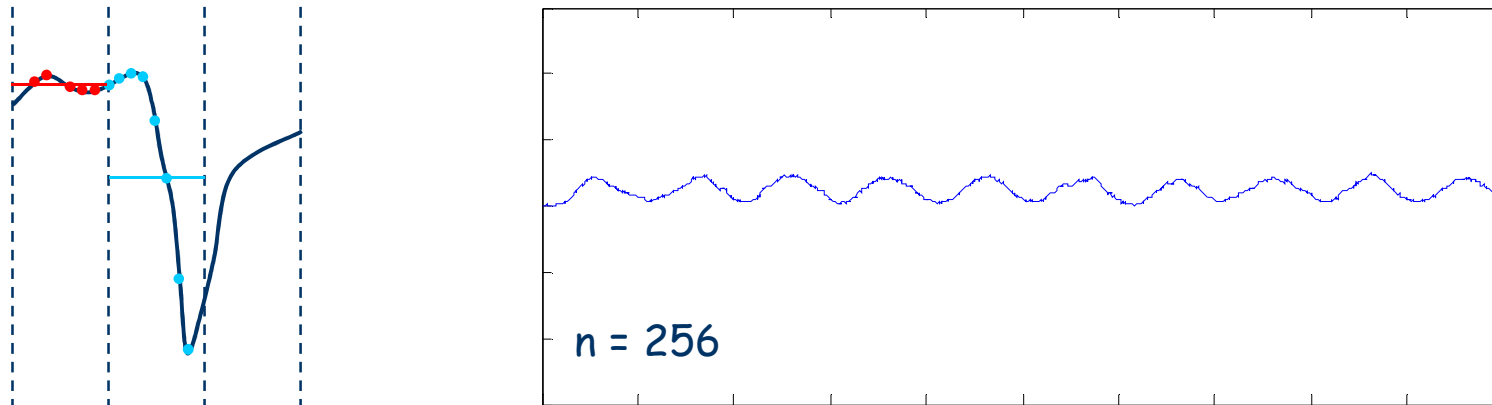
W rzeczywistości częstotliwość zegara CLK_S nie jest zmieniana z powodów praktycznych, natomiast do pamięci trafia tylko co k -ta próbka

Tryby pracy DSO przy małych szybkościach

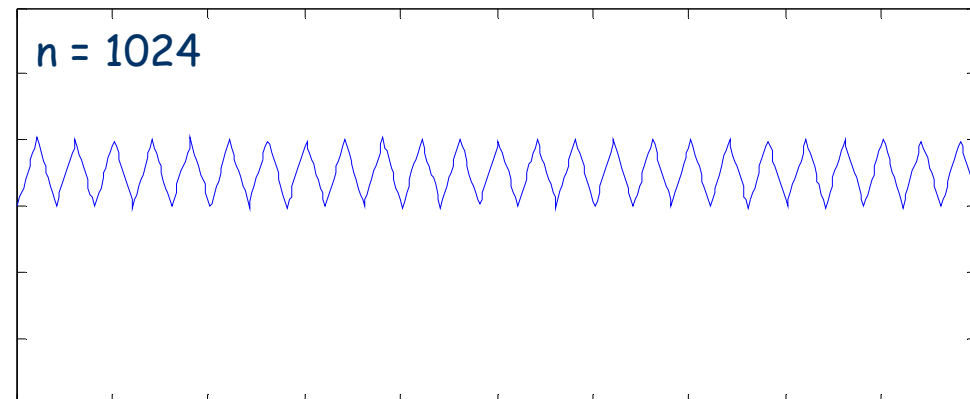
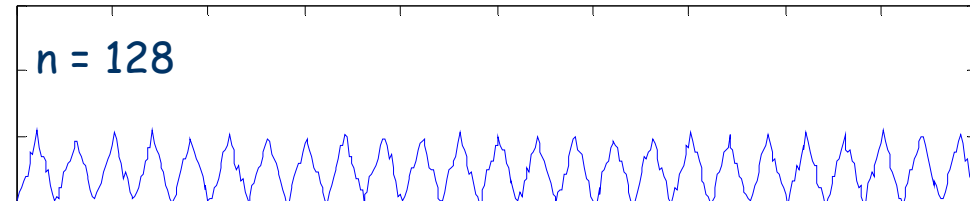
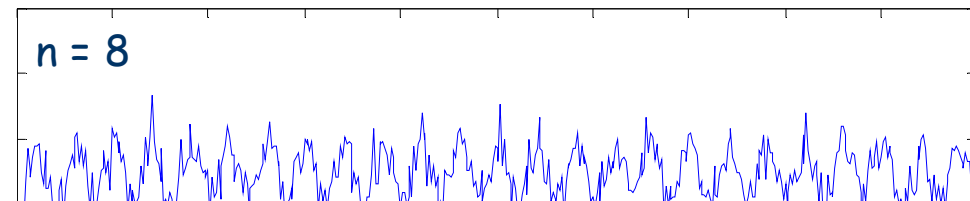
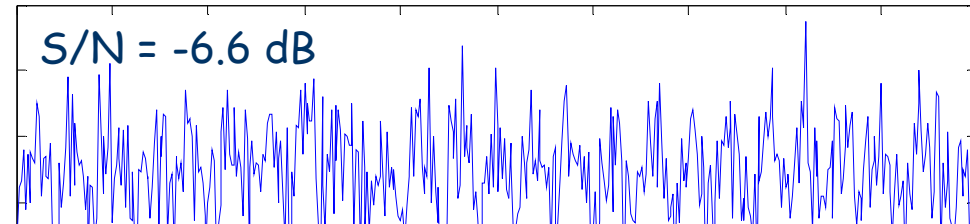
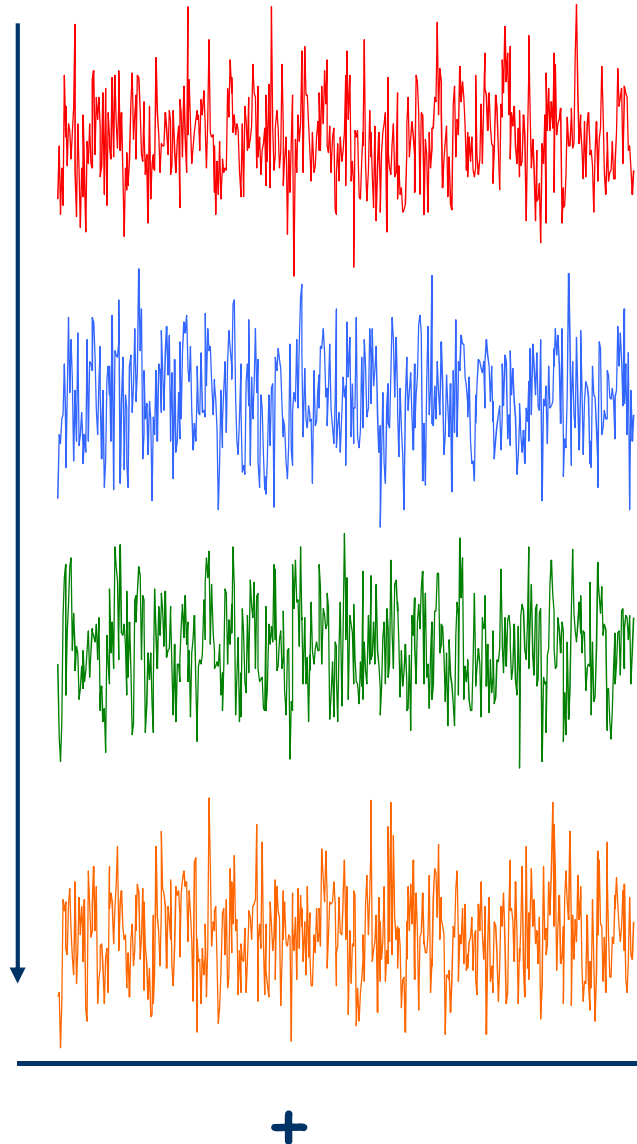
detekcja wartości szczytowej (Peak Detect)



praca z uśrednianiem (HiRes, ERes, Smoothing)



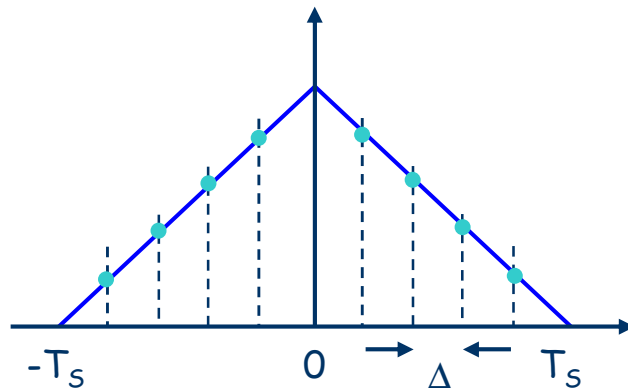
Uśrednianie (Averaging)



Sygnał to nie kropki: metody interpolacji

1. Punkty (Dots)
2. Linie (Vectors)
3. Sin(x)/x

$$\begin{aligned}
 x(t) &= \int_{-\infty}^{+\infty} \sum_{i=-\infty}^{+\infty} x(i \cdot T_s) \cdot \delta(\tau - i \cdot T_s) \cdot I(t - \tau) d\tau = \\
 &= \sum_{i=-\infty}^{+\infty} x(i \cdot T_s) \cdot I(t - i \cdot T_s)
 \end{aligned}$$

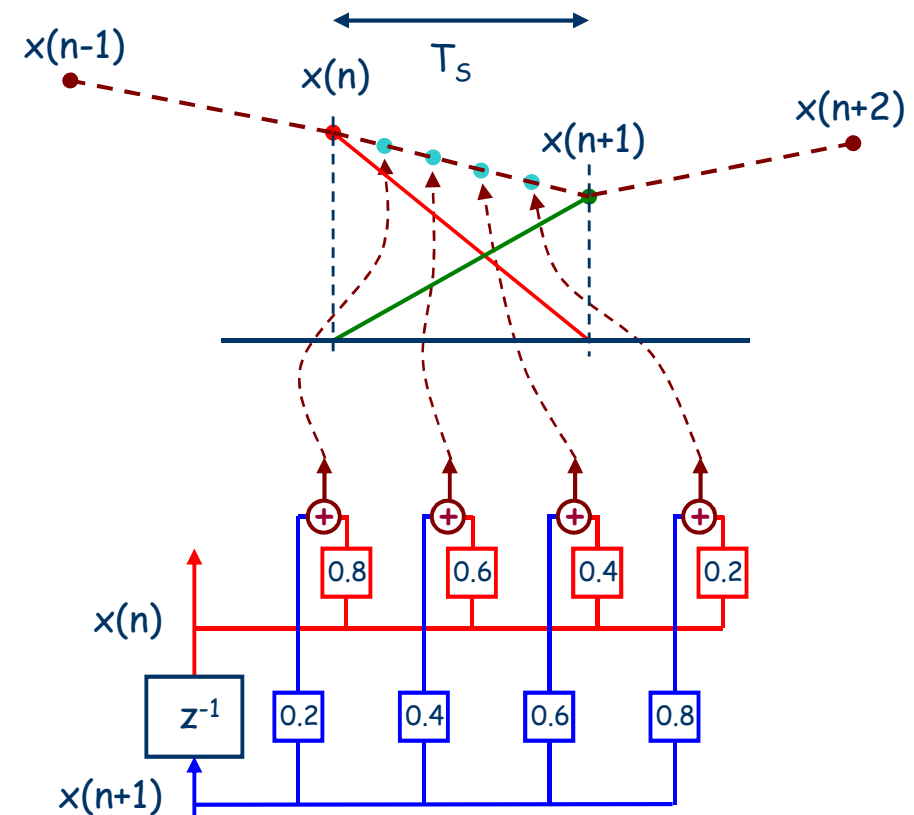


$$t = n \cdot T_s + k \cdot \Delta$$

$$x(n \cdot T_s + k \cdot \Delta) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} x(i \cdot T_s) \cdot \Lambda(k \cdot \Delta + (n - i) \cdot T_s)$$

$$i = n \quad \rightarrow \quad x(n \cdot T_s) \cdot \Lambda(k \cdot \Delta)$$

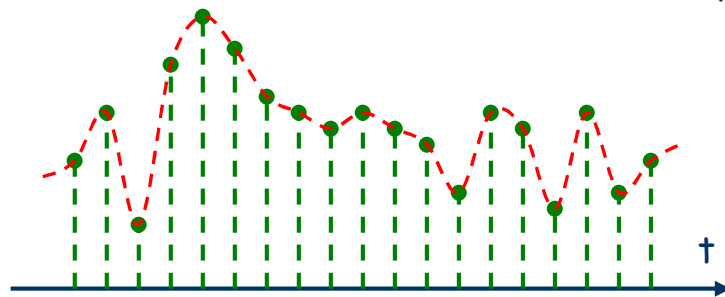
$$i = n + 1 \quad \rightarrow \quad x((n + 1)T_s) \cdot \Lambda(k \cdot \Delta - T_s)$$



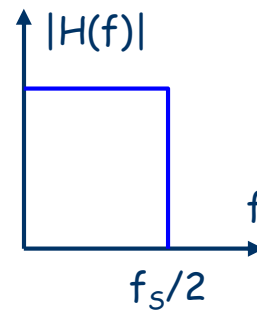
Sposób bardziej wyrafinowany korekcja $\sin(x)/x$

Wersja „analogowa”

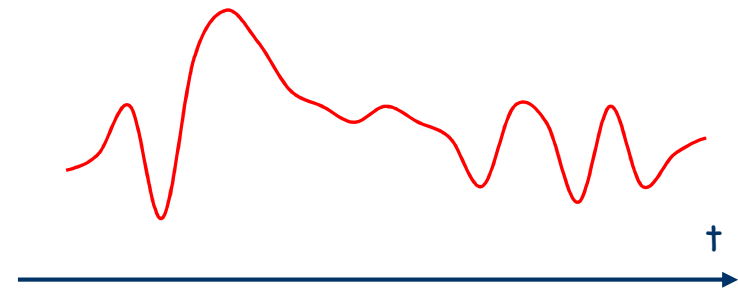
Wyjście idealnego przetwornika C/A



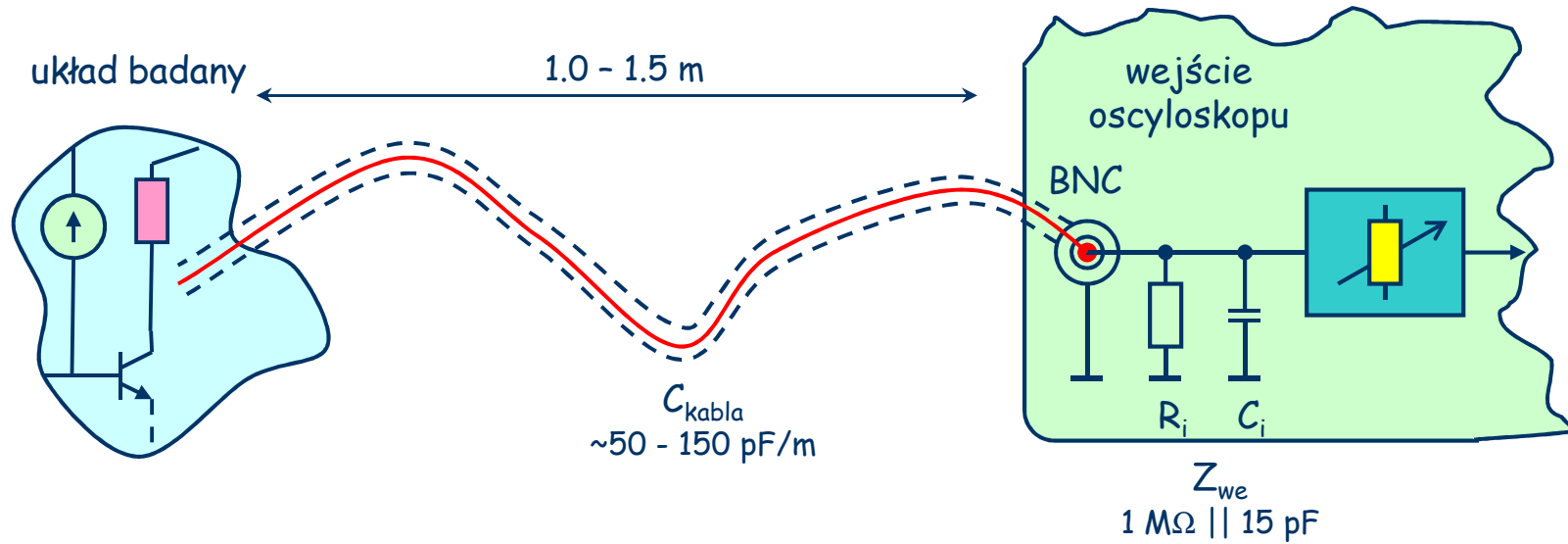
Filtr rekonstrukcyjny



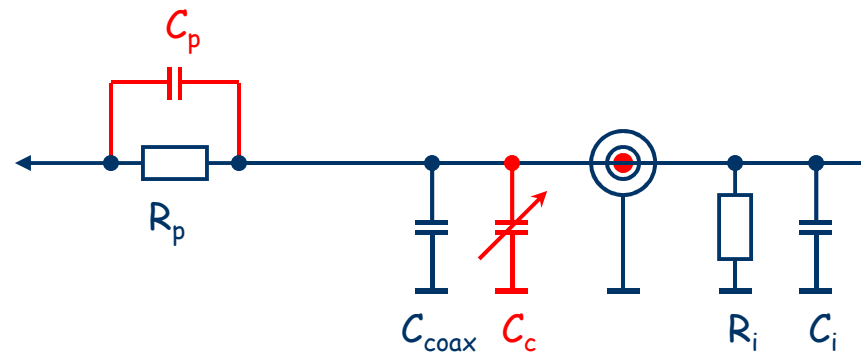
Przebieg odtworzony



Sonda oscyloskopowa (ang. *probe*)

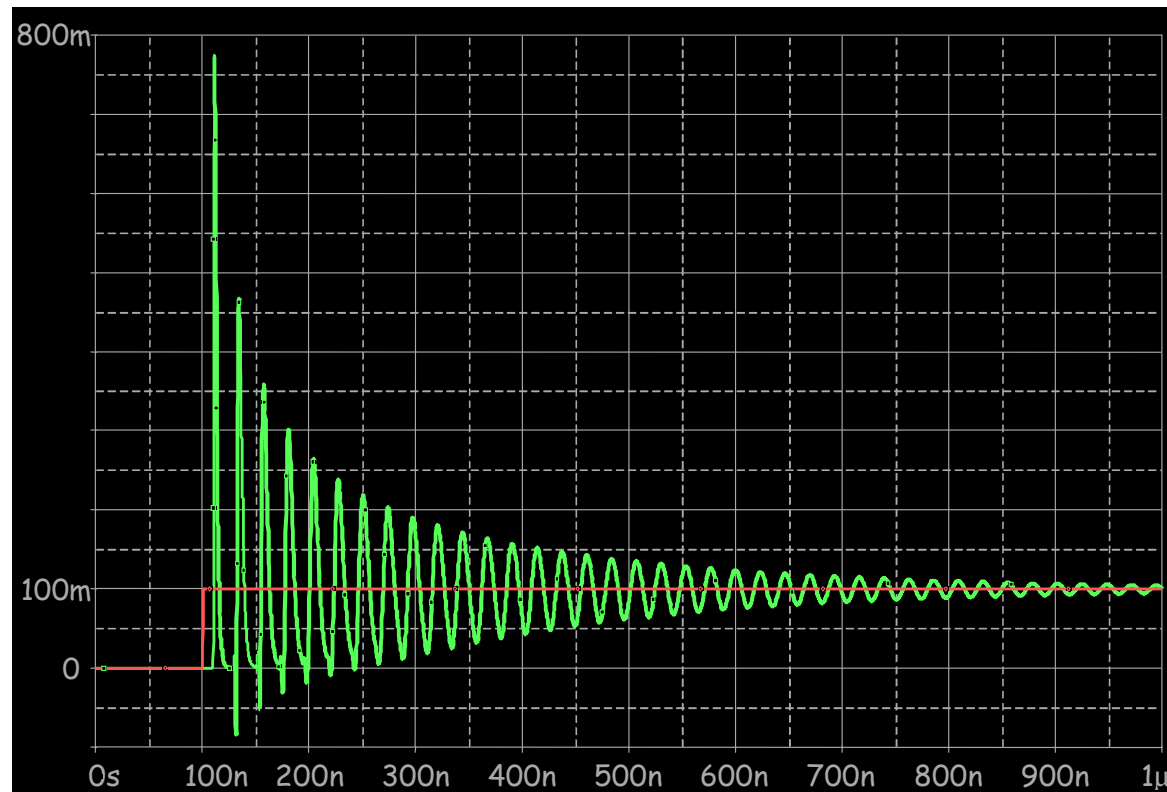
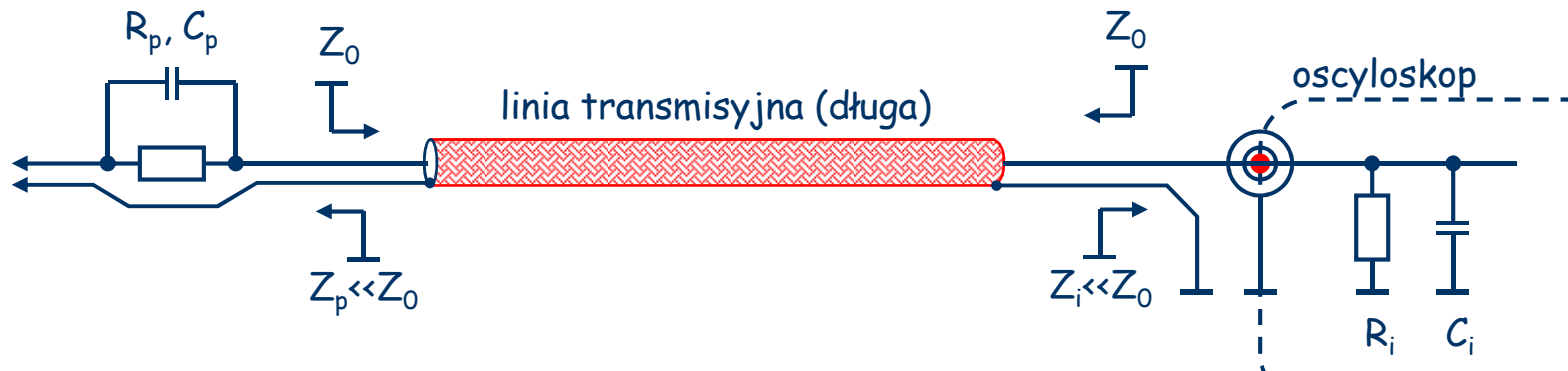


dzielnik skompensowany

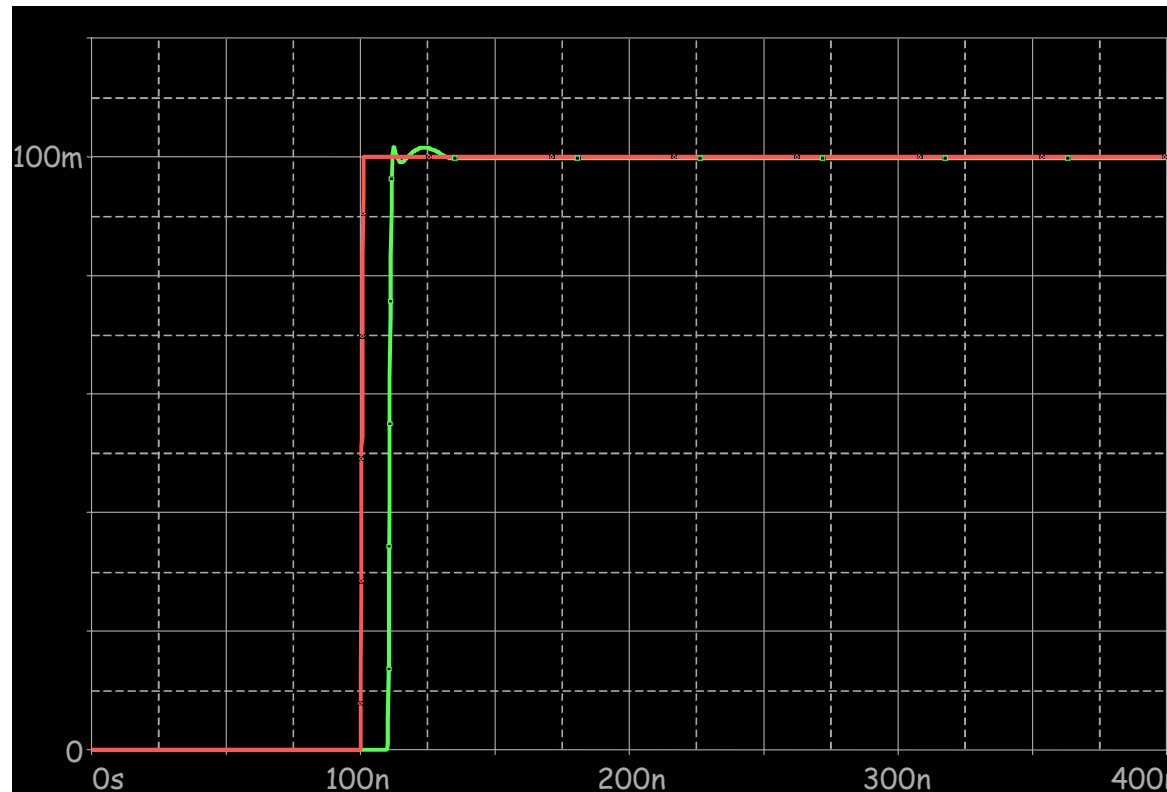
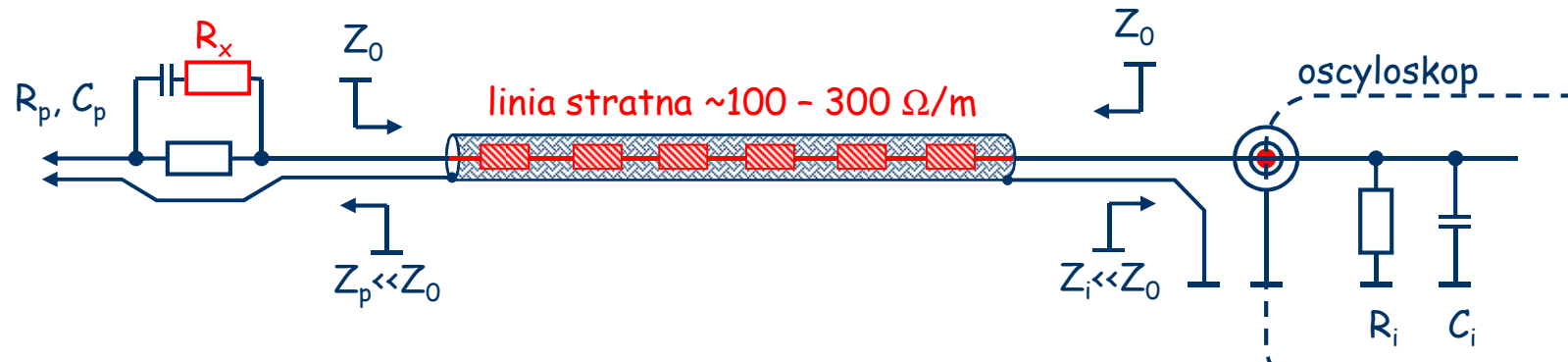


$$\frac{R_i}{R_i + R_p} = \frac{C_p}{C_p + (C_i + C_{coax} + C_c)}$$

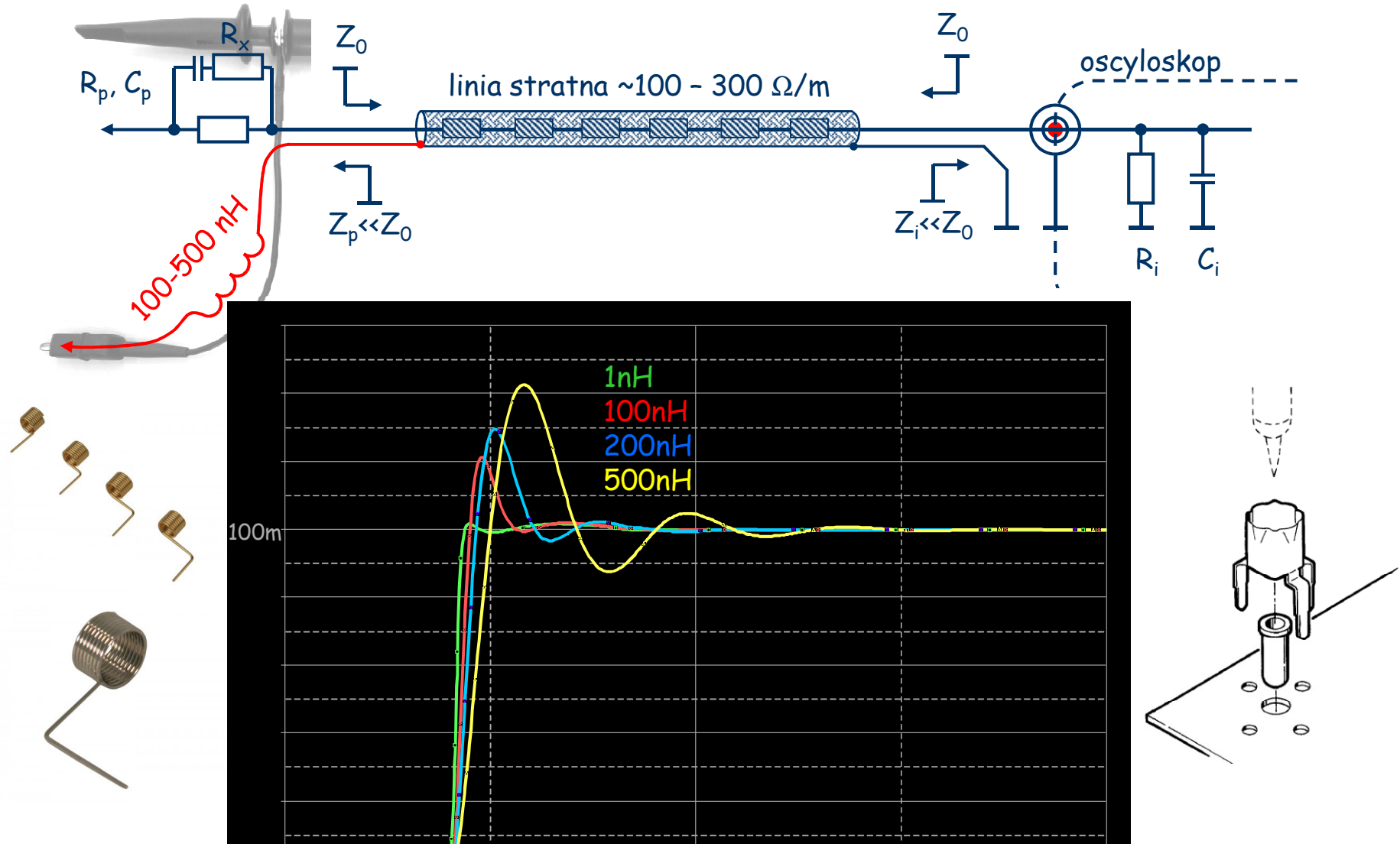
Sonda dla ciekawych...



Sonda dla ciekawych...



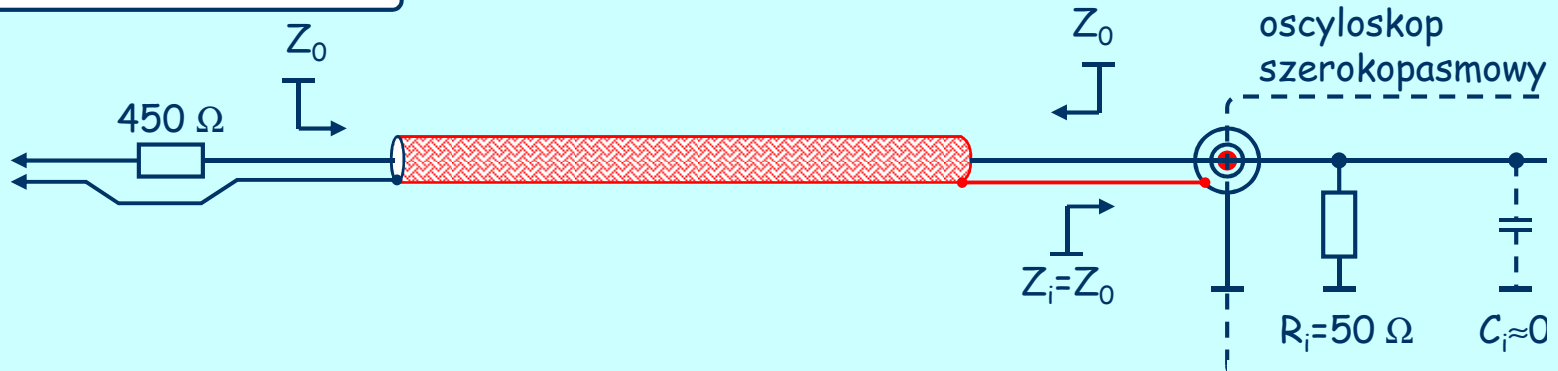
Sonda dla zaawansowanych...



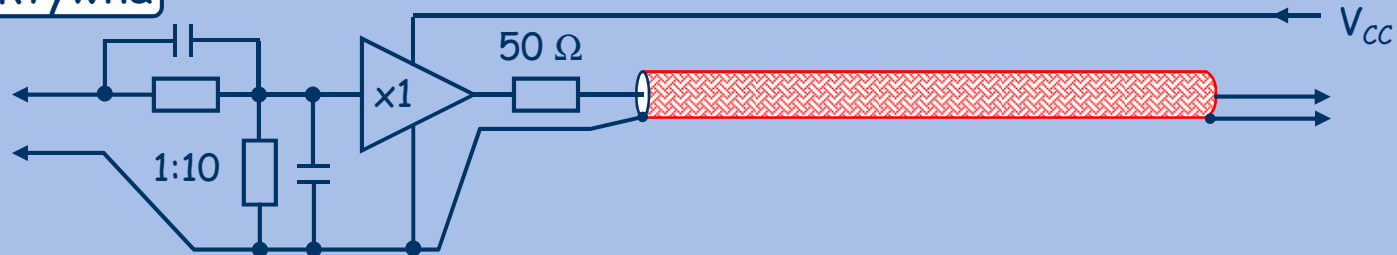
Szanuj sondę swoją, a będziesz długo żył...

Sonda dla jeszcze bardziej zaawansowanych...

sonda dzielnikowa 1:10

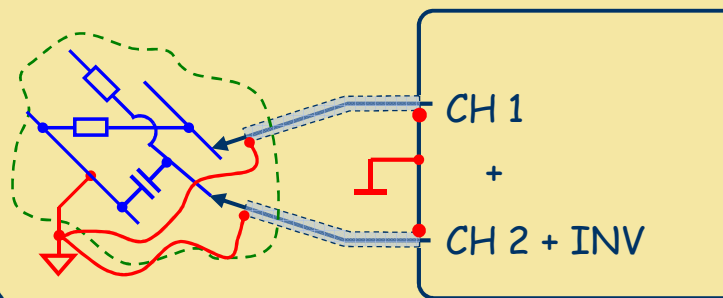


sonda aktywna

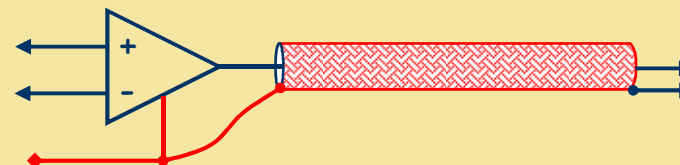


pomiar różnicowy

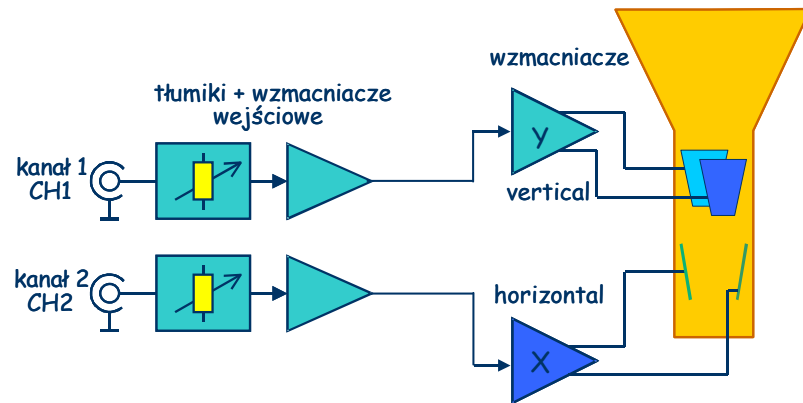
sonda różnicowa



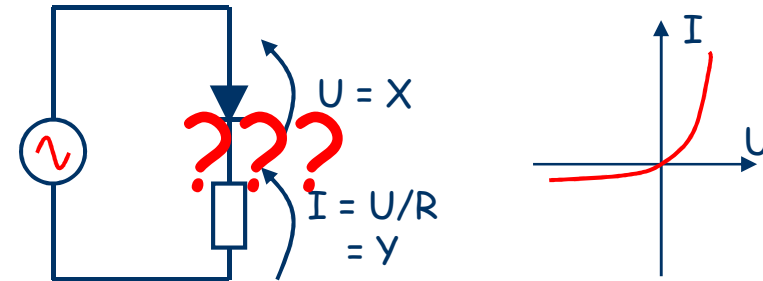
sonda różnicowa



Tryb „X-Y”



Charakterograf



Wobuloskop

