



Metody pomiarowe c. d.

- Reflektometria impulsowa.
- Pomiar okresu metodą cyfrową.
- Pomiar częstotliwości metodą cyfrową.
- Pomiary pojemności, indukcyjności oraz impedancji.



Metrologia



Metody pomiarowe



Pomiary linii przesyłowych.

Linie przesyłowe stosowane są do przesyłania sygnałów w. cz. (wysokiej częstotliwości).

Nazwa metody pomiaru : reflektometria impulsowa.

Reflektometria impulsowa - polega na doprowadzeniu impulsu prostokątnego do wejścia linii i obserwowaniu sygnału odbitego.

- Kształt i wielkość odbitego sygnału wskazuje na wielkość i rodzaj nieciągłości, od której odbija się sygnał.
- Czas pomiędzy skokiem napięcia wejściowego a powrotem sygnału odbitego wskazuje odległość punktu nieciągłości od początku linii.



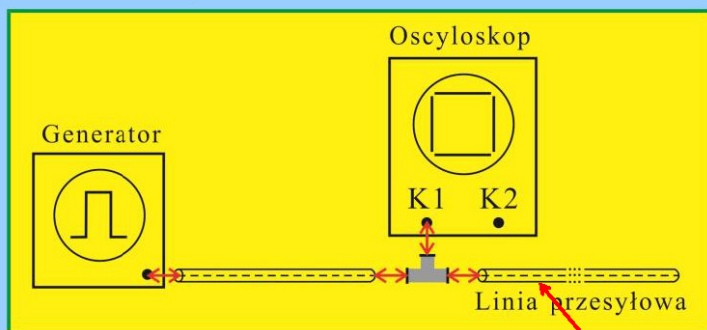
Metrologia





Pomiary linii przesyłowych.

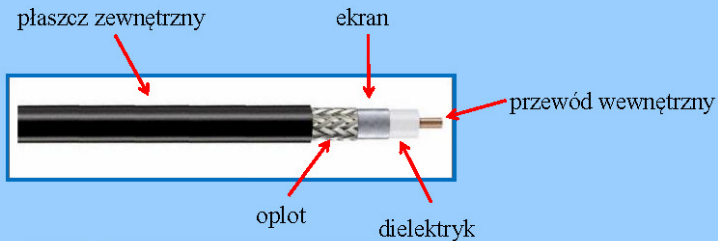
Schemat pomiarowy



Np.: kabel koncentryczny.



Kabel koncentryczny.



$$\epsilon_w$$

- przenikalność elektryczna
względna dielektryka w kablu.

$$\epsilon_w = \frac{\epsilon_d}{\epsilon_0}$$

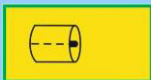
ϵ_d - przenikalność elektryczna dielektryka .

ϵ_0 - przenikalność elektryczna próżni.

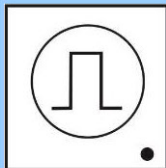




Kabel koncentryczny.

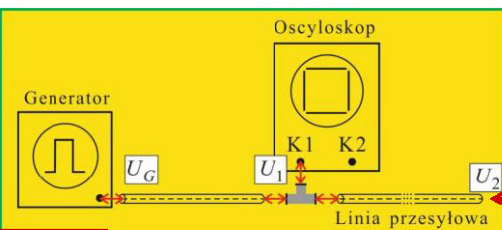


Wewnątrz kabla koncentrycznego propaguje fala elektromagnetyczna.



Impuls prostokątny dociera do końca kabla po czasie t .

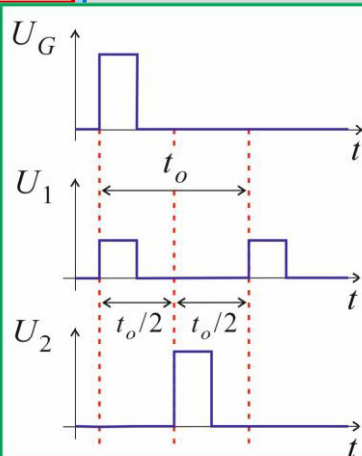
W tym przypadku kabel koncentryczny jest przewodnicą falową (linią długą).



Od punktu nieciągłości sygnał odbija się.

Punkt nieciągłości: linia rozwarta na końcu.

Przypadek 1. Wejściowy impuls napięcia kończy się przed powrotem sygnału odbitego.



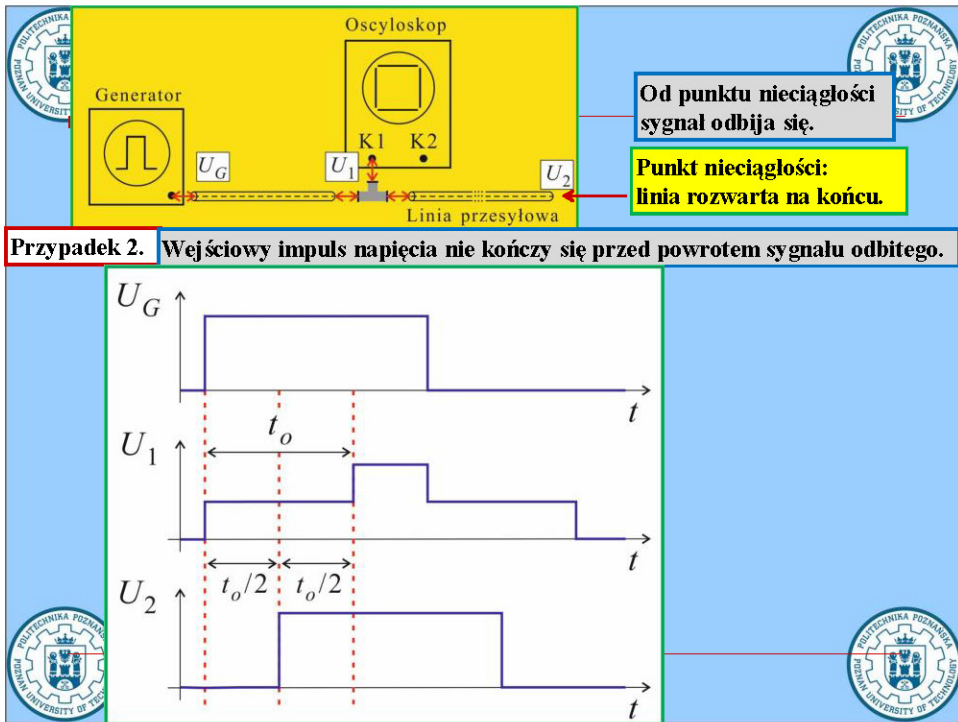
Oznaczmy: t_o - czas od wysłania sygnału do jego powrotu.

Znając t_o możemy obliczyć prędkość propagacji sygnału w linii.

$$v = \frac{2 \cdot d}{t_o}$$

gdzie: d - długość linii.





Metody pomiarowe

Na podstawie pomiaru t_o możemy określić następujące parametry linii przesyłowej.

Prędkość propagacji sygnału w linii:

$$v = \frac{2 \cdot d}{t_o}$$

gdzie: d - długość linii,
 t_o - czas od wysłania sygnału do jego powrotu.

Przenikalność elektryczna względna dielektryka w kablu:

$$\epsilon_w = \frac{c^2}{v^2}$$

gdzie: c - prędkość światła w próżni.

Stała propagacji:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_w}}$$

Metrologia

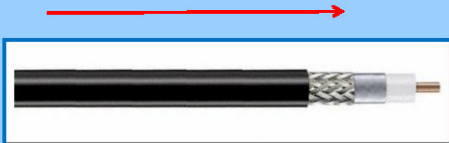


Metody pomiarowe



Prędkość propagacji sygnału (fali elektromagnetycznej) w linii.

Kabel koncentryczny



$$\epsilon_w = \frac{c^2}{v^2} \Rightarrow v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_w}}$$

$$v = c \cdot \gamma$$

Materiał	ϵ_w
Polietylen jednolity	2,1 – 2,25
Polietylen spieniony	1,3 – 1,6
Powietrze	1,00054
Próżnia	1
Teflon	2,1
Polistyren	2,4 – 2,7

Jeżeli przyjmimy $c = 3 \cdot 10^8$ m/s
to dla polietylenu jednolitego:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_w}} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{\sqrt{2,1}} = 207\,020 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$



Metrologia



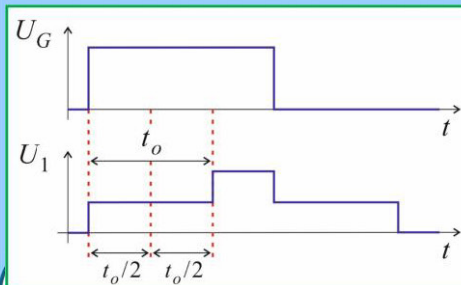
Metody pomiarowe



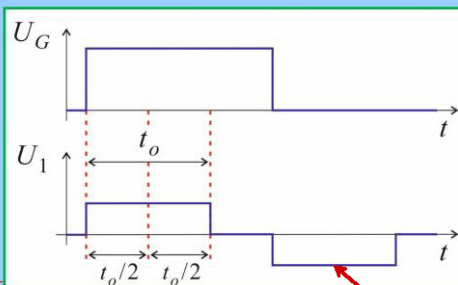
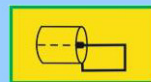
Przypadek 2. Wejściowy impuls napięcia nie kończy się przed powrotem sygnału odbitego.

Porównanie:

Punkt nieciągłości: linia rozwarta na końcu.



Punkt nieciągłości: linia zwarta na końcu.



Odwrócenie fazy.



Metrologia





Metody pomiarowe



Jak zmierzyć odległość od punktu nieciągłości ?



Jeżeli znamy ϵ_w dielektryka, z którego został wykonany kabel, obliczamy v :

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_w}}$$

Mierzmy t_o (czas od wysłania sygnału do jego powrotu) i na podstawie równania:

$$d = \frac{v \cdot t_o}{2}$$

wyznaczamy d - długość linii (kabla koncentrycznego) czyli odległość od punktu nieciągłości.



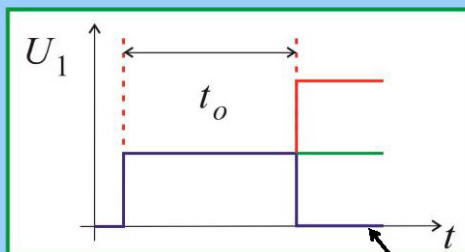
Metrologia



Metody pomiarowe

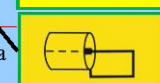


Z_0 - impedancja charakterystyczna (falowa) linii.



Jeżeli linię obciążymy impedancją charakterystyczną Z_0 zjawisko odbicia nie występuje.

linia zwarta na końcu



$$Z_x = 0$$

Metrologia





Metody pomiarowe

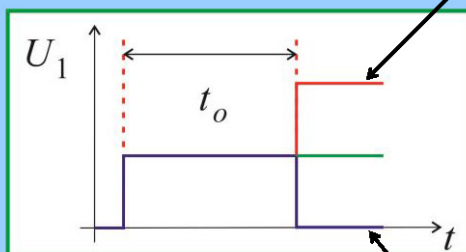


Z_0 - impedancja charakterystyczna (falowa) linii.

linia rozwarta na końcu

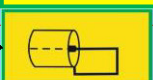


$$Z_x = \infty$$



Jeżeli linię obciążymy impedancją charakterystyczną Z_0 zjawisko odbicia nie występuje.

linia zwarta na końcu



$$Z_x = 0$$

Metrologia

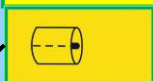


Metody pomiarowe

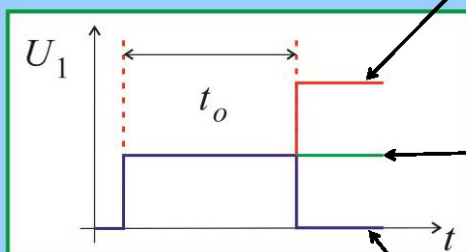


Z_0 - impedancja charakterystyczna (falowa) linii.

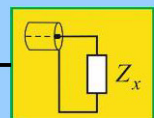
linia rozwarta na końcu



$$Z_x = \infty$$



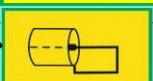
Jeżeli linię obciążymy impedancją charakterystyczną Z_0 zjawisko odbicia nie występuje.



$$Z_x = Z_0$$

brak odbicia

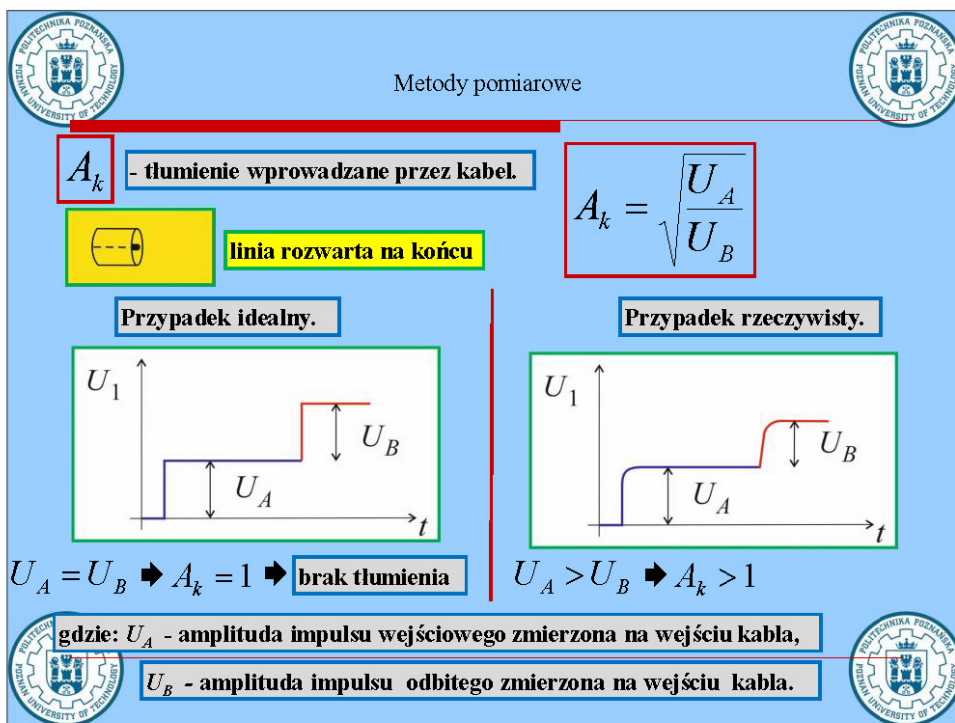
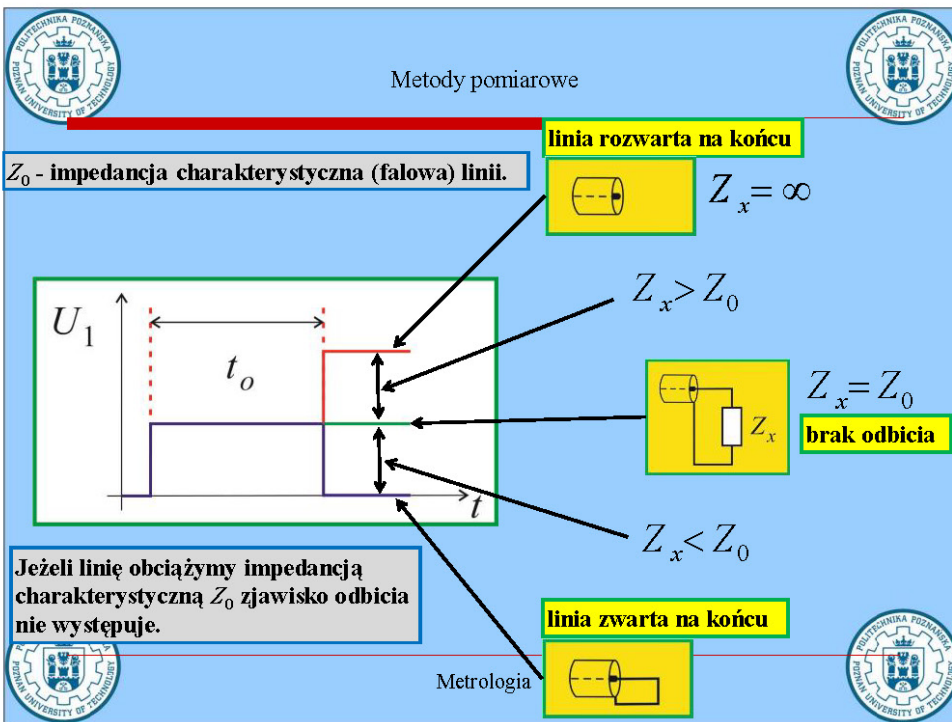
linia zwarta na końcu



$$Z_x = 0$$

Metrologia

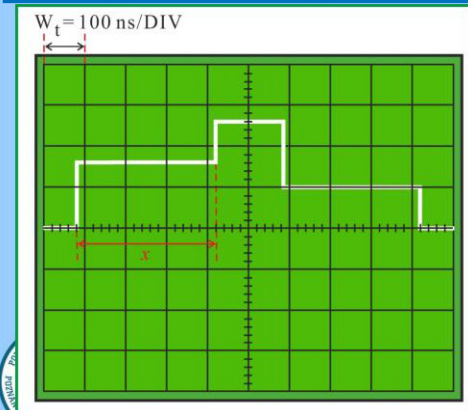






Przykład 1.

Do wejścia kabla koncentrycznego rozwartego na końcu doprowadzono impuls prostokątny. Na rysunku przedstawiono obraz sygnału zaobserwowanego za pomocą oscyloskopu na wejściu kabla. Długość kabla wynosi $d = 32,8$ m. Obliczyć prędkość v propagacji sygnału w kablu, przenikalność elektryczną względną ϵ_w materiału, z którego wykonano kabel oraz tłumienie A_k kabla. Przyjąć $c = 3 \cdot 10^8$ m/s – prędkość światła.



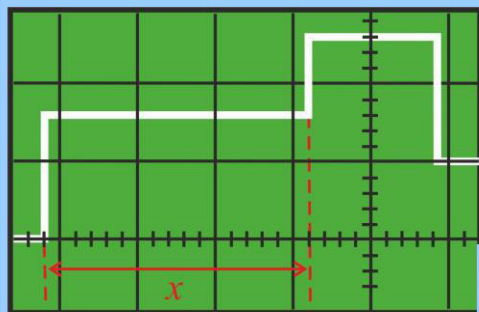
- 1 Obliczamy czas t_o (od wysłania impulsu do jego powrotu):

logia



Przykład 1.

Do wejścia kabla koncentrycznego rozwartego na końcu doprowadzono impuls prostokątny. Na rysunku przedstawiono obraz sygnału zaobserwowanego za pomocą oscyloskopu na wejściu kabla. Długość kabla wynosi $d = 32,8$ m. Obliczyć prędkość v propagacji sygnału w kablu, przenikalność elektryczną względną ϵ_w materiału, z którego wykonano kabel oraz tłumienie A_k kabla. Przyjąć $c = 3 \cdot 10^8$ m/s – prędkość światła.



- 1 Obliczamy czas t_o (od wysłania impulsu do jego powrotu):

$$t_o = x \cdot W_t = 3,4 \text{ DIV} \cdot 100 \frac{\text{ns}}{\text{DIV}} = 340 \text{ ns}$$

- 2 Obliczamy prędkość v :

$$v = \frac{2 \cdot d}{t_o} = \frac{2 \cdot 32,8 \text{ m}}{340 \cdot 10^{-9} \text{ s}} = 1,93 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Metrologia



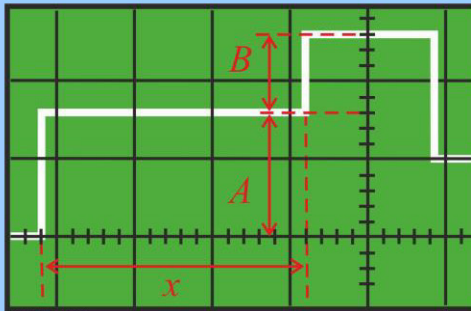


Metody pomiarowe



Przykład 1.

Do wejścia kabla koncentrycznego rozwartego na końcu doprowadzono impuls prostokątny. Na rysunku przedstawiono obraz sygnału zaobserwowanego za pomocą oscyloskopu na wejściu kabla. Długość kabla wynosi $d = 32,8$ m. Obliczyć prędkość v propagacji sygnału w kablu, przenikalność elektryczną względną ϵ_w materiału, z którego wykonano kabel oraz tłumienie A_k kabla. Przyjąć $c = 3 \cdot 10^8$ m/s – prędkość światła.



- 3 Obliczamy przenikalność elektryczną względną:

$$\epsilon_w = \frac{c^2}{v^2} = \frac{(3 \cdot 10^8)^2}{(1,93 \cdot 10^8)^2} = 2,42$$

- 4 Obliczamy tłumienie kabla:

$$A_k = \sqrt{\frac{U_A}{U_B}} = \sqrt{\frac{A \cdot \cancel{N}}{B \cdot \cancel{N}}} = \sqrt{\frac{1,6 \text{ DIV}}{1 \text{ DIV}}} = 1,26$$



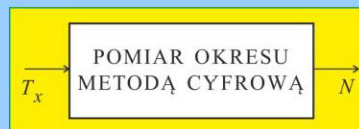
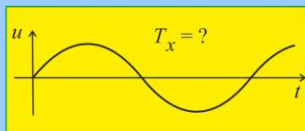
Metrologia



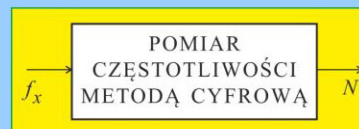
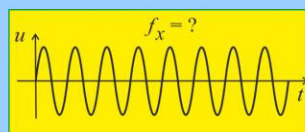
Metody pomiarowe



Pomiar okresu i częstotliwości metodą cyfrową.



$$T_x = \frac{N}{f_w}$$

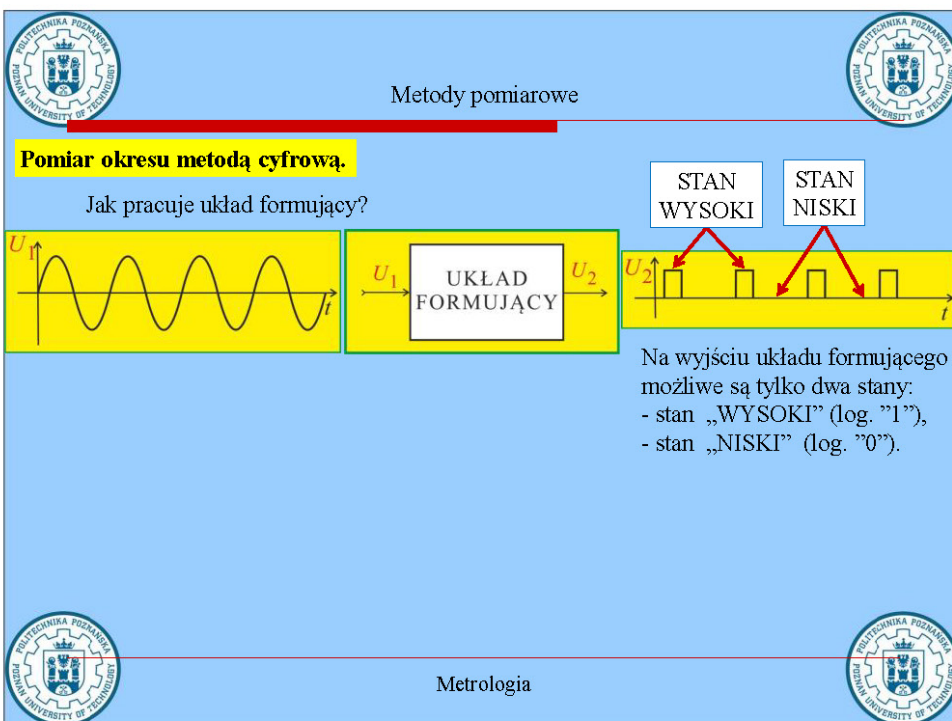
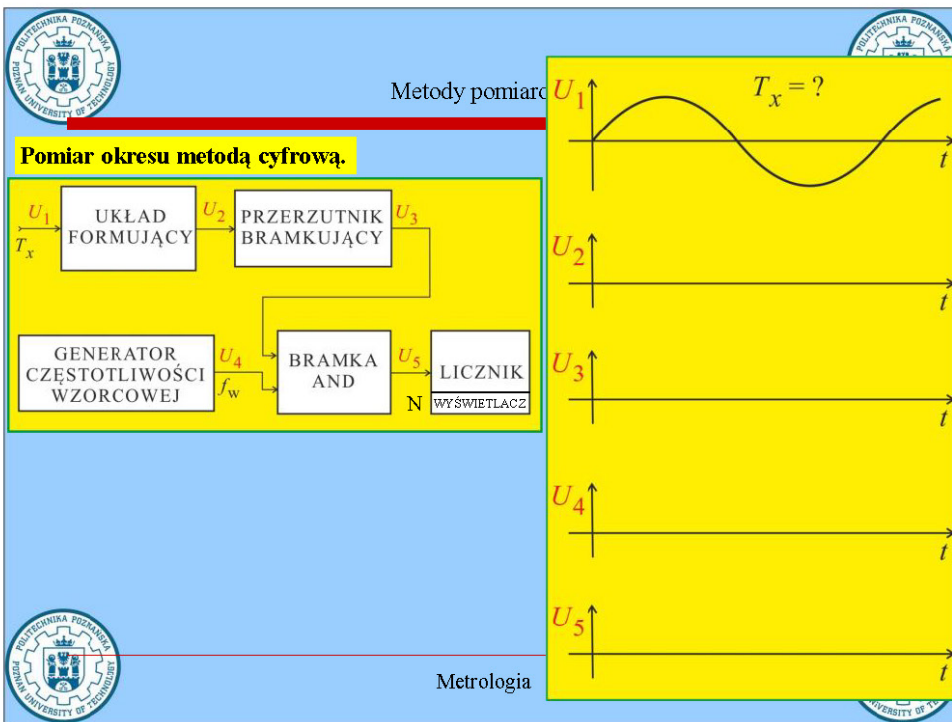


$$f_x = \frac{N}{T_w}$$



Metrologia

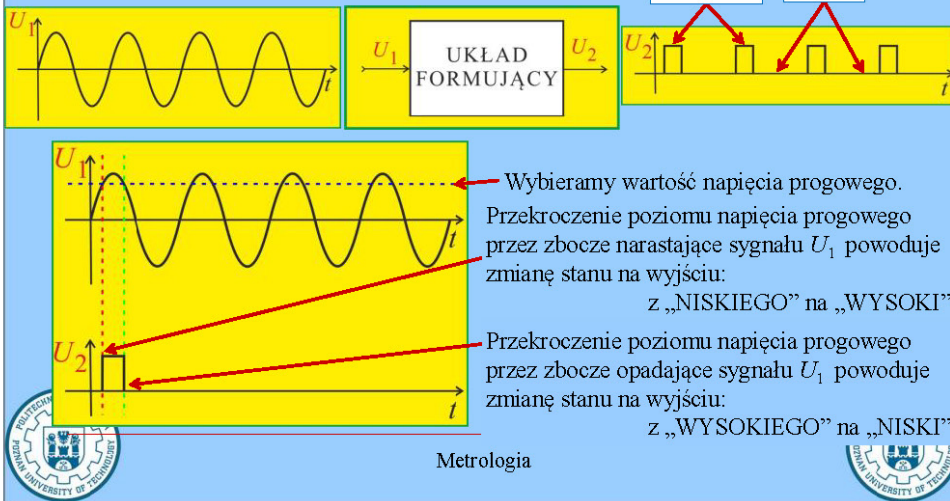






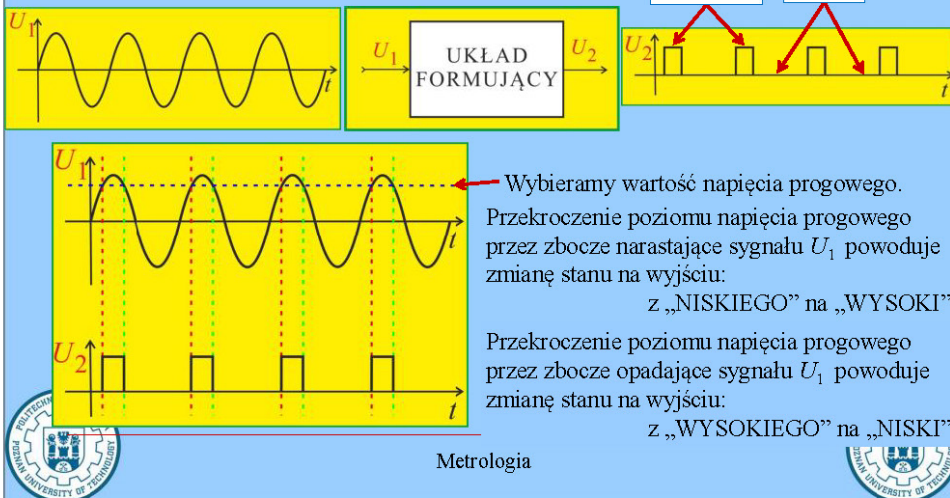
Pomiar okresu metodą cyfrową.

Jak pracuje układ formujący?



Pomiar okresu metodą cyfrową.

Jak pracuje układ formujący?



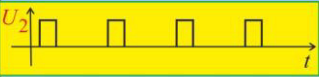


Metody pomiarowe



Pomiar okresu metodą cyfrową.

Jak działa przerzutnik bramkujący?



U_2 → PRZERZUTNIK
BRAMKUJĄCY → U_3



Zbocze narastające sygnału U_2 powoduje zmianę stanu na wyjściu na przeciwny.



Metrologia



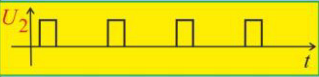


Metody pomiarowe



Pomiar okresu metodą cyfrową.

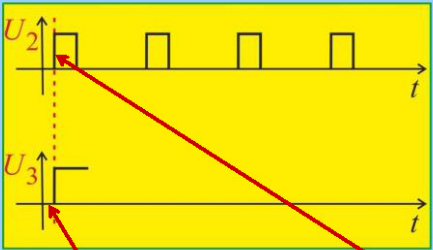
Jak działa przerzutnik bramkujący?



U_2 → PRZERZUTNIK
BRAMKUJĄCY → U_3



Zbocze narastające sygnału U_2 powoduje zmianę stanu na wyjściu na przeciwny.

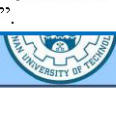


Jeżeli na wyjściu jest stan „NISKI” –

narastające zbocze sygnału U_2 powoduje zmianę stanu na wyjściu układu z „NISKIEGO” na „WYSOKI”.



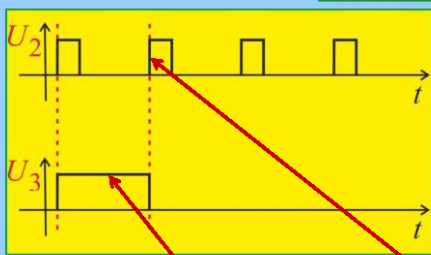
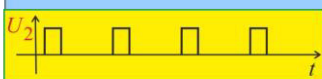
Metrologia





Pomiar okresu metodą cyfrową.

Jak działa przerzutnik bramkujący?



Zbocze narastające sygnału U_2 powoduje zmianę stanu na wyjściu na przeciwny.

Jeżeli na wyjściu jest stan „WYSOKI” –

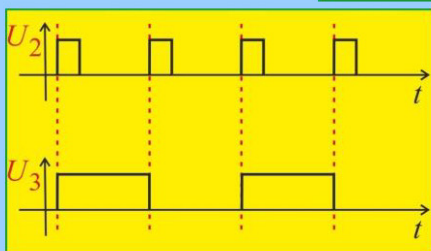
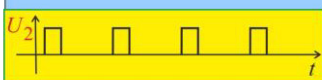
narastające zbocze sygnału U_2 powoduje zmianę stanu na wyjściu układu z „WYSOKIEGO” na „NISKI”.

Metrologia



Pomiar okresu metodą cyfrową.

Jak działa przerzutnik bramkujący?



Zbocze narastające sygnału U_2 powoduje zmianę stanu na wyjściu na przeciwny.

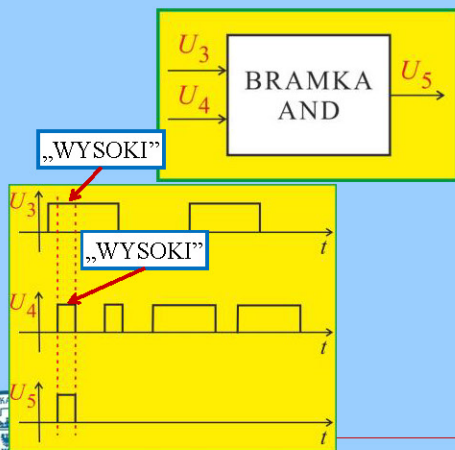
Metrologia





Pomiar okresu metodą cyfrową.

Jak działa bramka AND?



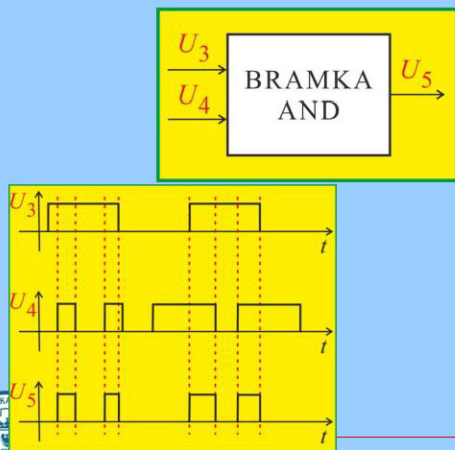
Stan „WYSOKI” na wyjściu U_5 występuje tylko wtedy, gdy na obu wejściach (U_3 , U_4) występuje stan „WYSOKI”.

Metrologia



Pomiar okresu metodą cyfrową.

Jak działa bramka AND?



Stan „WYSOKI” na wyjściu U_5 występuje tylko wtedy, gdy na obu wejściach (U_3 , U_4) występuje stan „WYSOKI”.

Metrologia



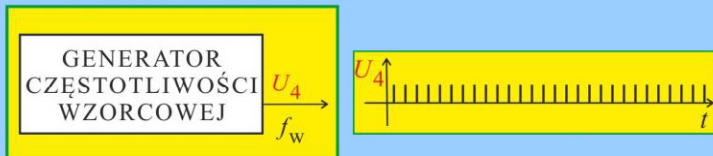


Metody pomiarowe



Pomiar okresu metodą cyfrową.

Jak pracuje generator częstotliwości wzorcowej?



Generator częstotliwości wzorcowej generuje krótkie impulsy ze znaną częstotliwością f_w .

Jak działa licznik?

Dla tego sygnału liczba zliczonych impulsów $N = 9$.



Licznik zlicza impulsy.

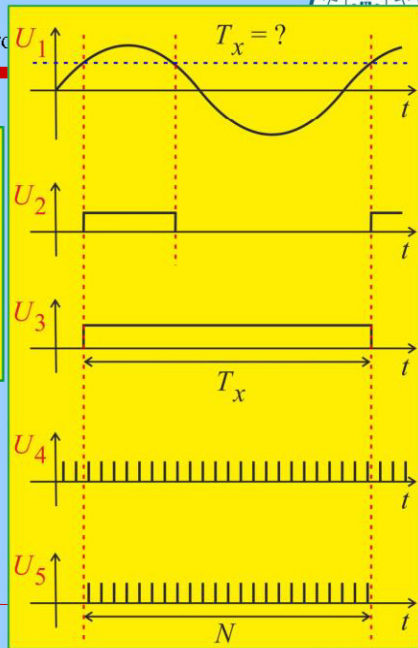
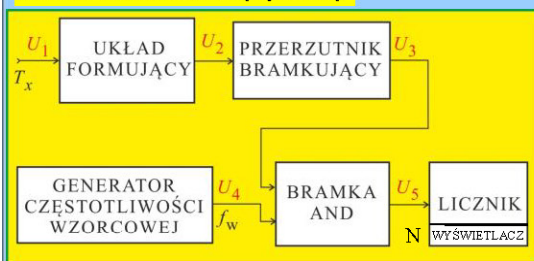
Metrologia



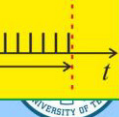
Metody pomiarowe



Pomiar okresu metodą cyfrową.



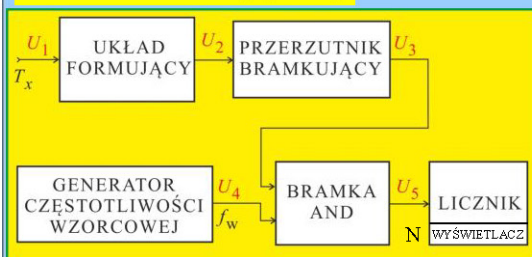
Metrologia





Metody pomiaru

Pomiar okresu metodą cyfrową.



Błąd względny pomiaru: $\delta_T = \delta_{fw} + \delta_B + \delta_N$
gdzie:

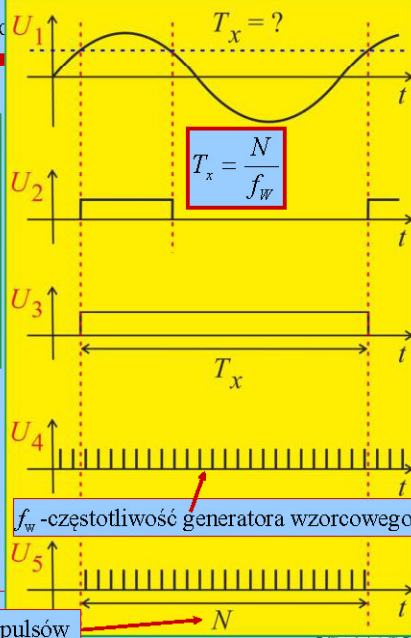
δ_{fw} – błąd generatora częstotliwości wzorcowej,

δ_B – błąd bramkowania,

$\delta_N = \frac{1}{N}$ – błąd zliczania.

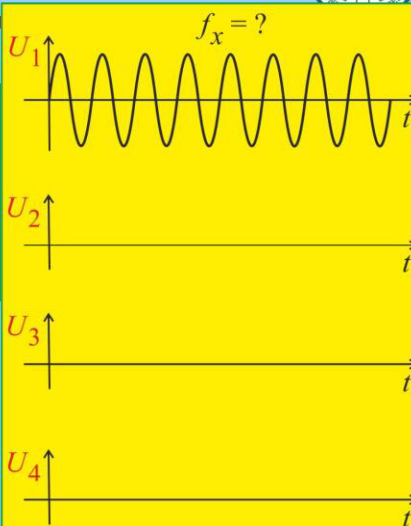
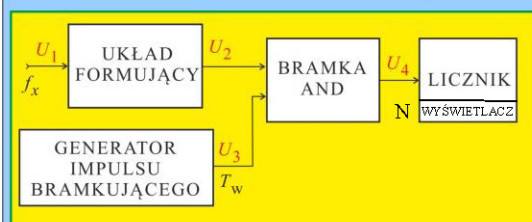


zliczona liczba impulsów



Metody pomiarowe

Pomiar częstotliwości metodą cyfrową.



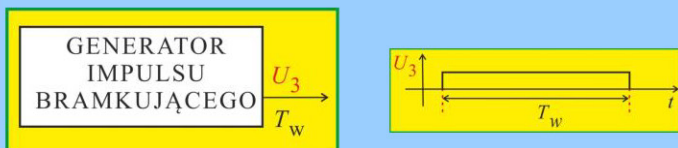


Metody pomiarowe



Pomiar częstotliwości metodą cyfrową.

Jak działa generator impulsu bramkującego?



Generator impulsu bramkującego generuje impuls prostokątny o znanym czasie trwania T_w



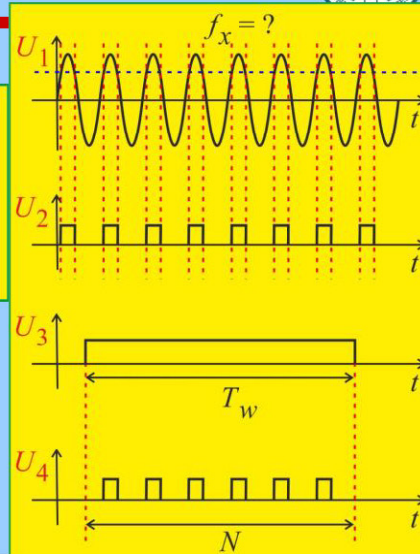
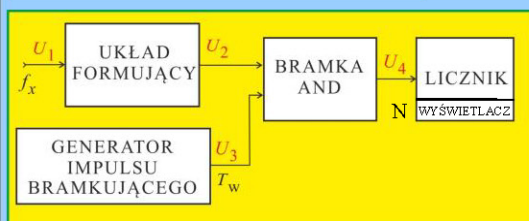
Metrologia



Metody pomiarowe



Pomiar częstotliwości metodą cyfrową.



Metrologia

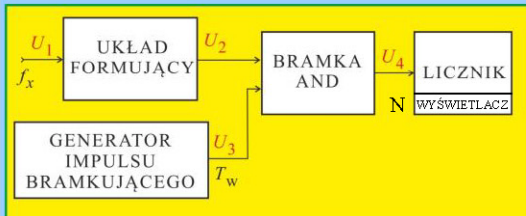




Metody pomiarowe



Pomiar częstotliwości metodą cyfrową.

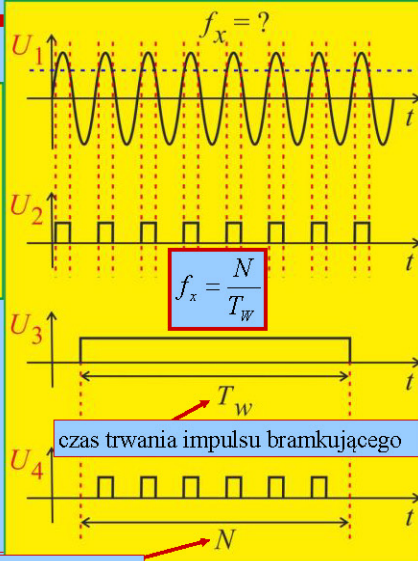


Błąd względny pomiaru: $\delta_f = \delta_{T_w} + \delta_B + \delta_N$
gdzie:

δ_{T_w} – błąd generatora impulsu bramkującego,

δ_B – błąd bramkowania,

$\delta_N = \frac{1}{N}$ – błąd zliczania.



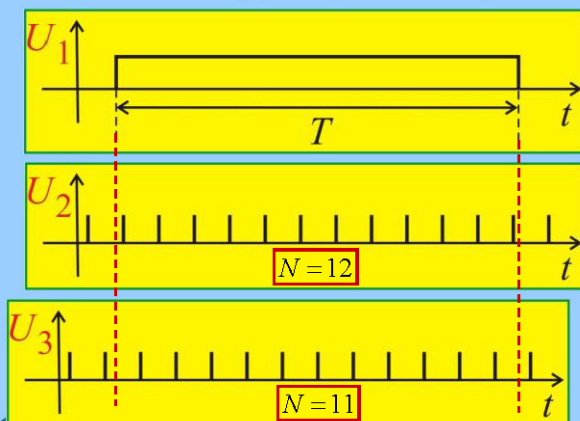
zliczona liczba impulsów



Metody pomiarowe



Błąd zliczania - spowodowany przypadkowym położeniem impulsu bramkującego względem impulsów zliczanych.



Bezwzględny błąd zliczania:

$$\Delta_N = \pm 1$$

Względny błąd zliczania:

$$\delta_N = \frac{\pm \Delta_N}{N} = \pm \frac{1}{N}$$

