



KOMPUTEROWE SYSTEMY POMIAROWE

Dr inż. Eligiusz PAWŁOWSKI
Politechnika Lubelska
Wydział Elektrotechniki i Informatyki

Prezentacja do wykładu dla EMNS - ITwE

Semestr letni

Wykład nr 2

Prawo autorskie

Niniejsze materiały podlegają ochronie zgodnie z **Ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych** (Dz.U. 1994 nr 24 poz. 83 z późniejszymi zmianami).

Materiał ten udostępniam **do celów dydaktycznych** jako materiały pomocnicze do wykładu z przedmiotu Komputerowe Systemy Pomiarowe prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Mogą z nich również korzystać inne osoby zainteresowane tą tematyką. Do tego celu materiały te można **bez ograniczeń przeglądać, drukować i kopiować wyłącznie w całości**.

Wykorzystywanie tych materiałów bez zgody autora w inny sposób i do innych celów niż te, do których zostały udostępnione, **jest zabronione**.

W szczególności **niedopuszczalne jest**: usuwanie nazwiska autora, edytowanie treści, kopiowanie fragmentów i wykorzystywanie w całości lub w części do własnych publikacji.

Eligiusz Pawłowski

Uwagi dydaktyczne

Niniejsza prezentacja stanowi **tylko i wyłącznie materiały pomocnicze** do wykładu z przedmiotu Komputerowe Systemy Pomiarowe prowadzonego dla studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Udostępnienie studentom tej prezentacji nie zwalnia ich z konieczności sporządzania **własnych notatek z wykładów** ani też nie zastępuje **samodzielnego studiowania** obowiązujących podręczników.

Tym samym zawartość niniejszej prezentacji w szczególności **nie może być** traktowana jako zakres materiału obowiązujący na egzaminie.

Na egzaminie obowiązujący jest **zakres materiału faktycznie wyłożony podczas wykładu** oraz zawarty w odpowiadających mu fragmentach **podręczników** podanych w wykazie literatury do wykładu.

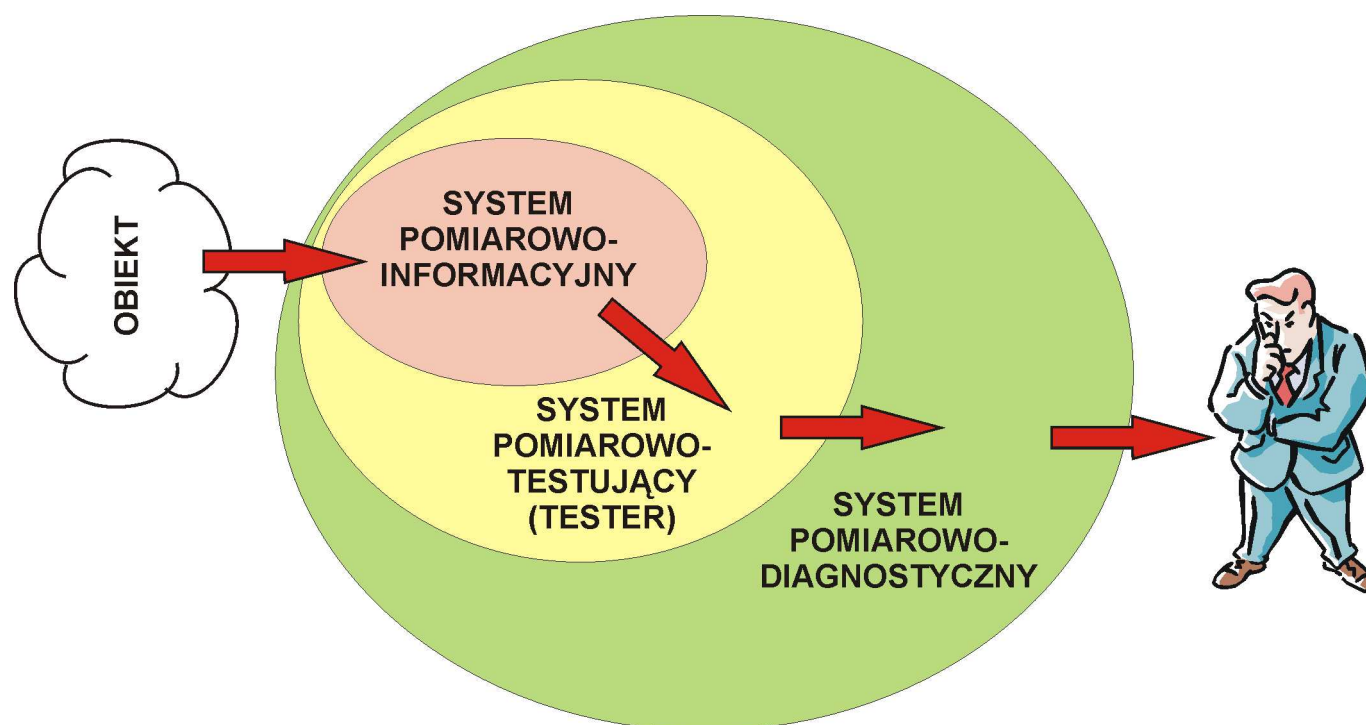
Eligiusz Pawłowski

Pomiar – testowanie - diagnostyka

Systemy pomiarowe dzielimy na:

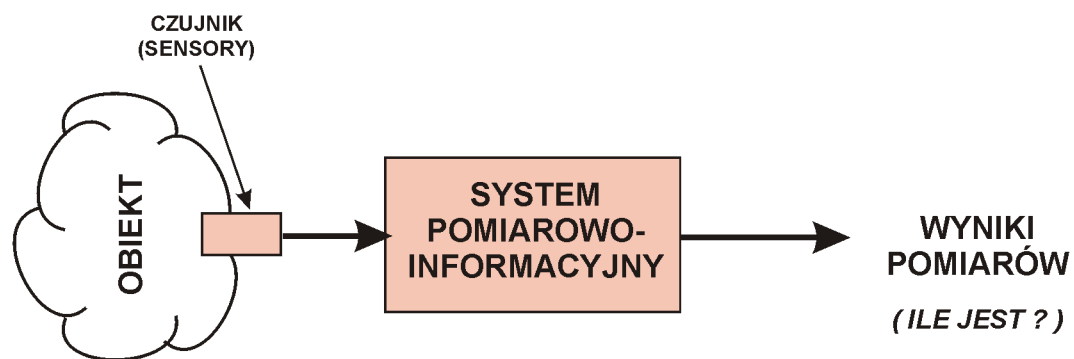
- 1.Systemy pomiarowo-informacyjne** – dostarczają informacji o obiekcie w postaci wyników pomiarów odpowiednio dobranych wielkości fizycznych,
- 2.Systemy pomiarowo-testujące (testery)** – informują o stanie obiektu porównując wyniki pomiarów z zadanymi wartościami granicznymi,
- 3.Systemy pomiarowo-diagnostyczne** – wskazują (diagnozują) przyczyny niewłaściwego stanu obiektu (np. awarii)

Pomiar – testowanie - diagnostyka

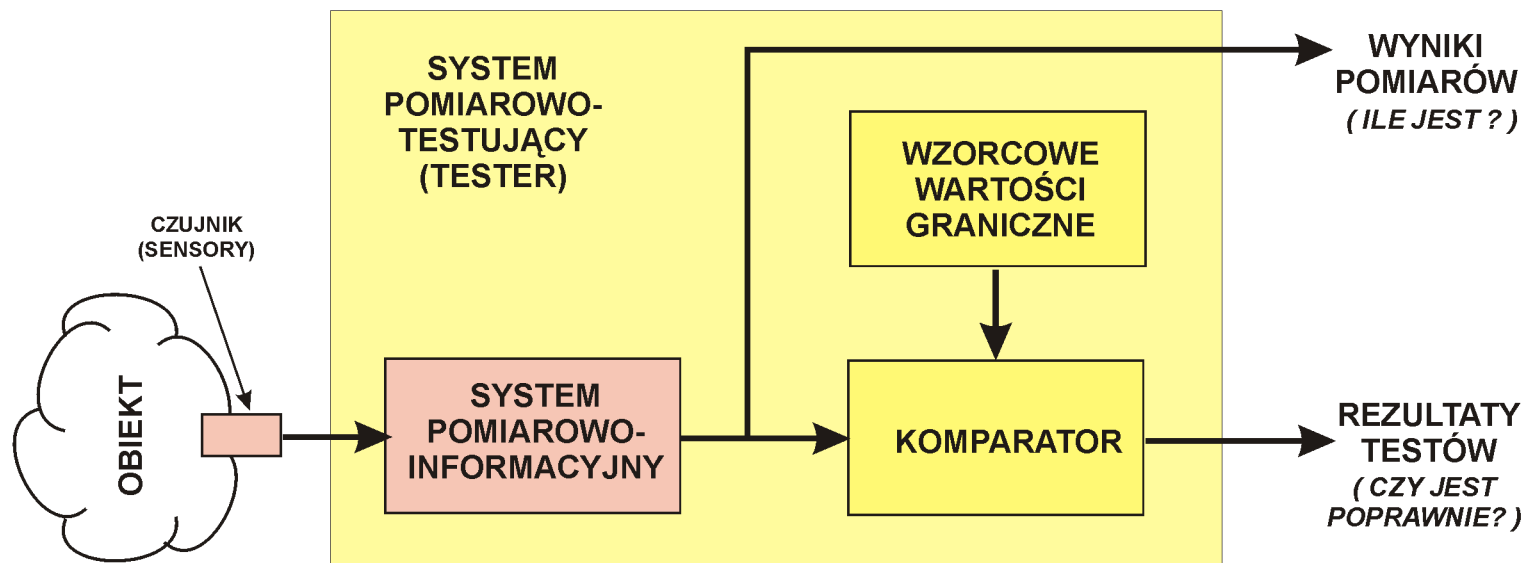


Poszczególne rodzaje systemów zawierają się w sobie.

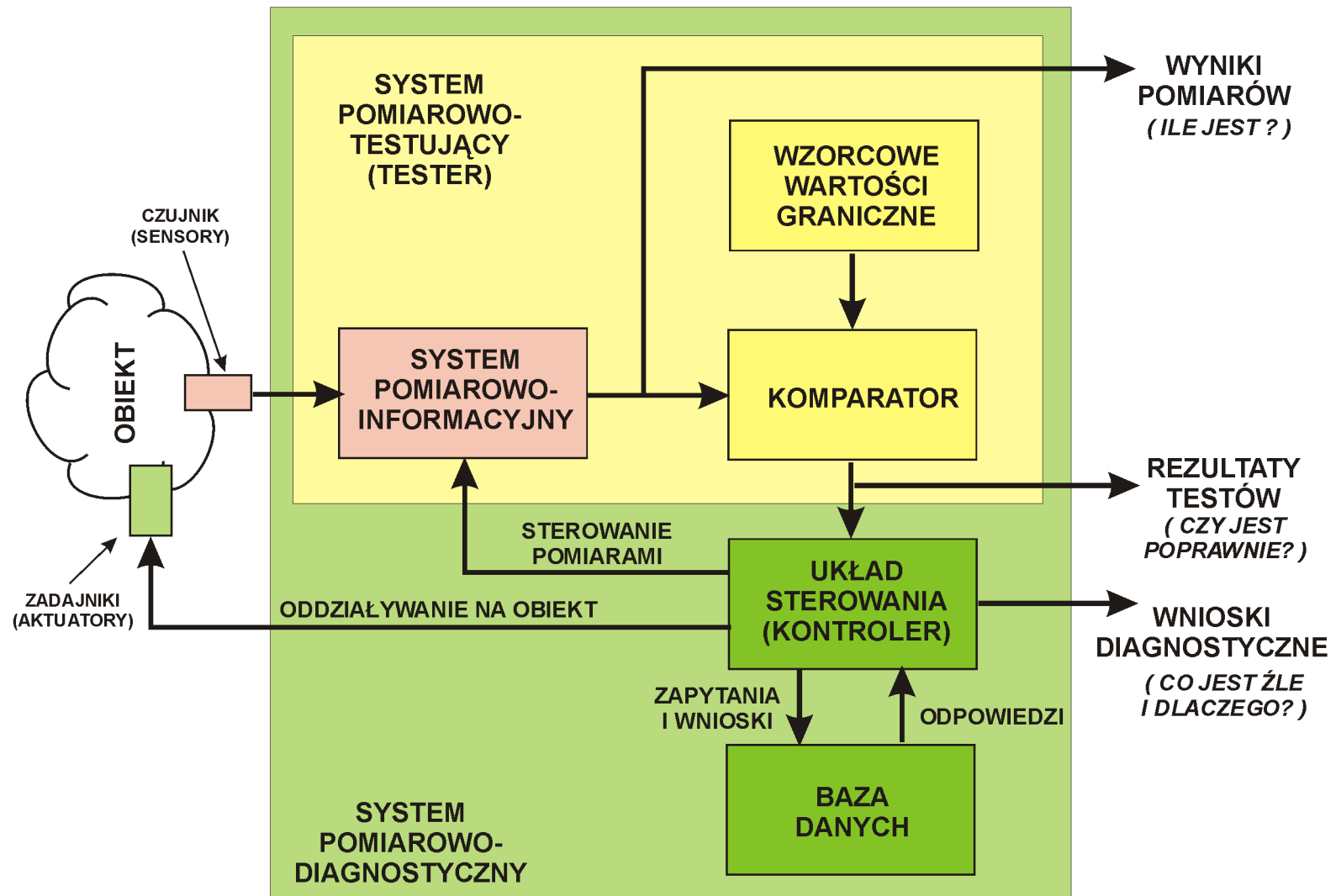
SYSTEM POMIAROWO - INFORMACYJNY



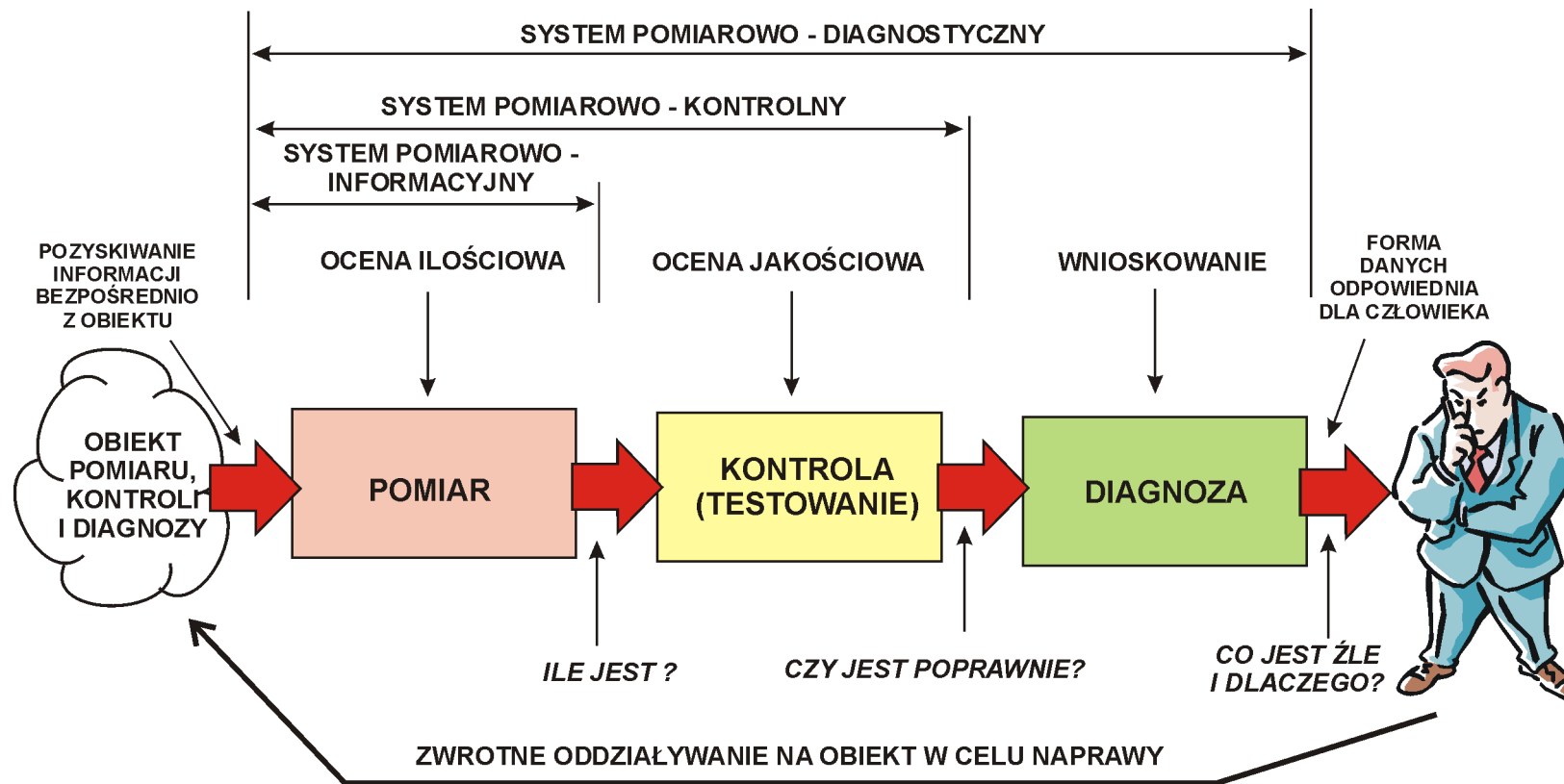
SYSTEM POMIAROWO – TESTUJĄCY (TESTER)



SYSTEM POMIAROWO - DIAGNOSTYCZNY



ETAPY DIAGNOZOWANIA



Kolejne etapy poznawania stanu obiektu: pomiar, kontrola (testowanie), diagnostyka

Przykład – bardzo prosty !

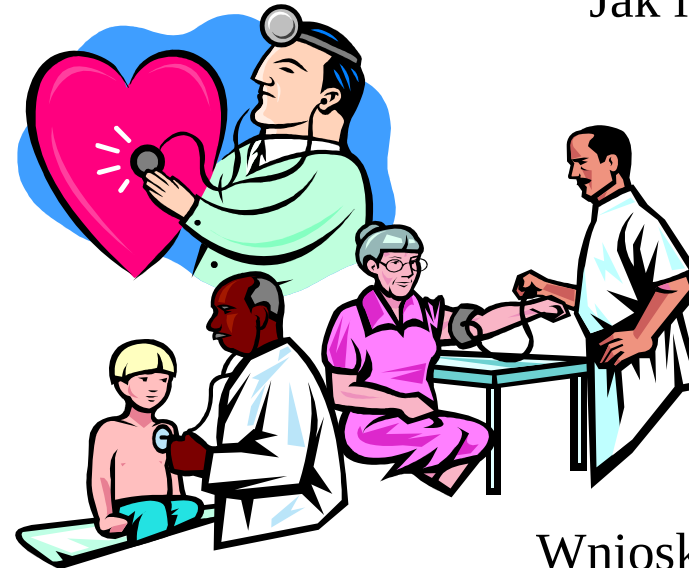
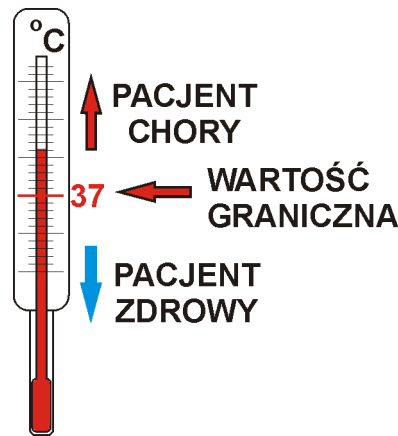
Na co jest
chory?

Jak leczyć?

Jaka jest
temperatura?



Czy jest
chory?



Pomiar
temperatury
pacjenta

Porównanie
z wartością
graniczną

Dodatkowe
pomiar -
diagnostyka

Wnioskowanie
– diagnoza i
zalecenia
lekarskie

Kolejne etapy poznawania stanu obiektu: pomiar, kontrola (testowanie), diagnostyka (dodatkowe pomiary, wnioskowanie)

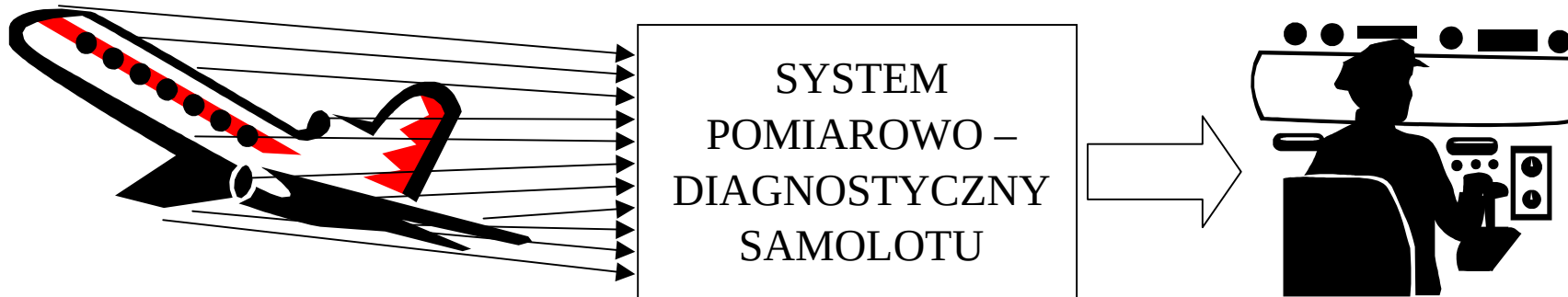
Przykład – bardziej złożony

Jakie są
parametry
lotu?

Czy wartości
są
prawidłowe?

Jaka jest
przyczyna?,
dodatkowe
pomiar.

Jak usunąć
problem?



Pomiar
prędkości
poziomej,
wznoszenia,
wysokości
itd...

Porównanie z
wartościami
granicznymi

Za mała
prędkość,
za wolne
wznoszenie

Diagnoza: nie do
końca schowane
podwozie

Wniosek:
procedura
awaryjnego
chowania
podwozia

Systemy o strukturze sztywnej i elastycznej

Zależnie od podziału zadań realizowanych w systemie pomiędzy część sprzętową (**hardware**) i programową (**software**) rozróżniamy:

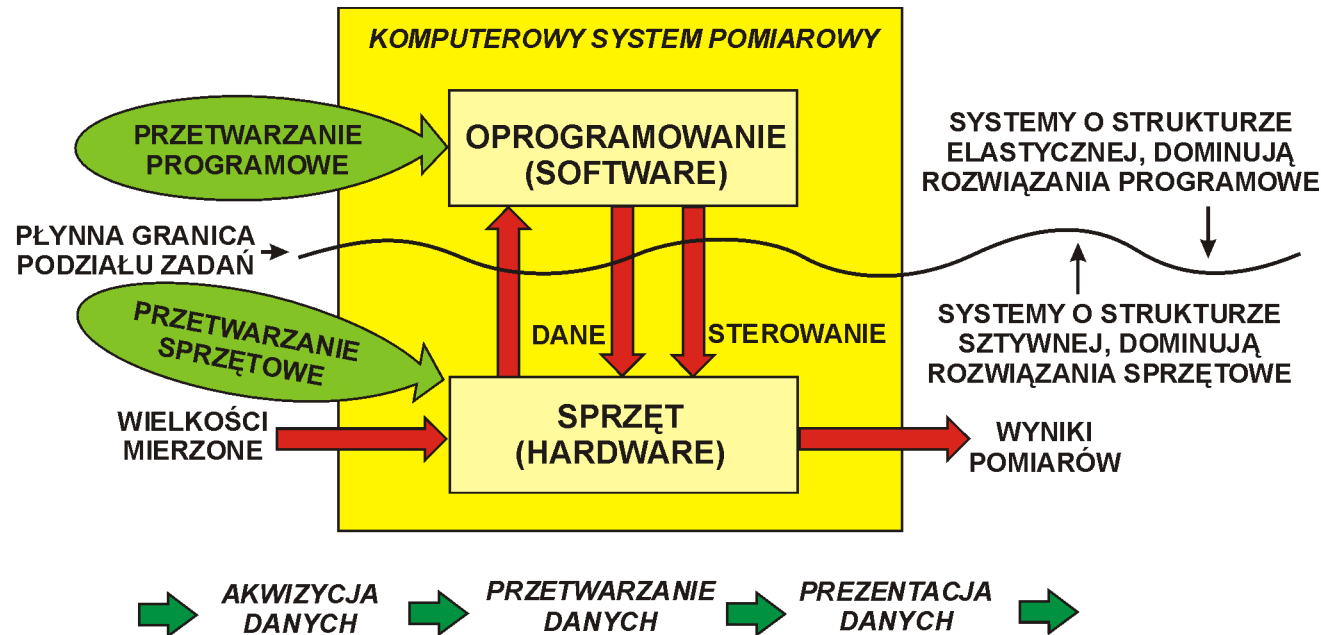
1.Systemy o strukturze sztywnej – dominują rozwiązania sprzętowe,

2.Systemy o strukturze elastycznej – dominują rozwiązania programowe.

Do zadań tych przede wszystkim należą:

- przetwarzanie danych pomiarowych,
- sterowanie procesem pomiarowym (algorytm pomiaru).

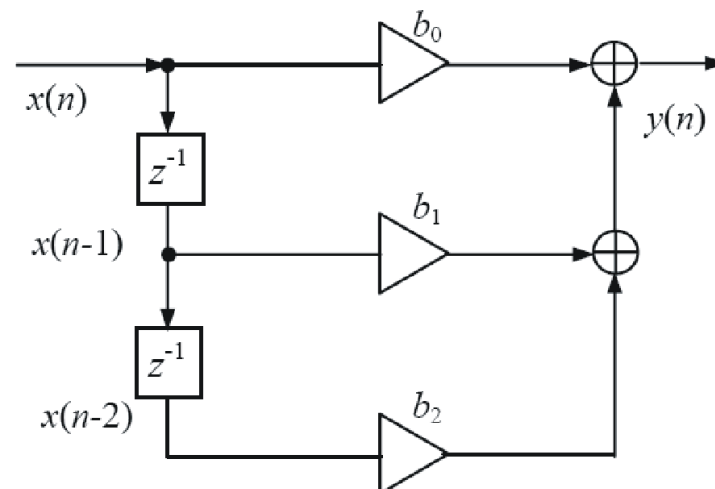
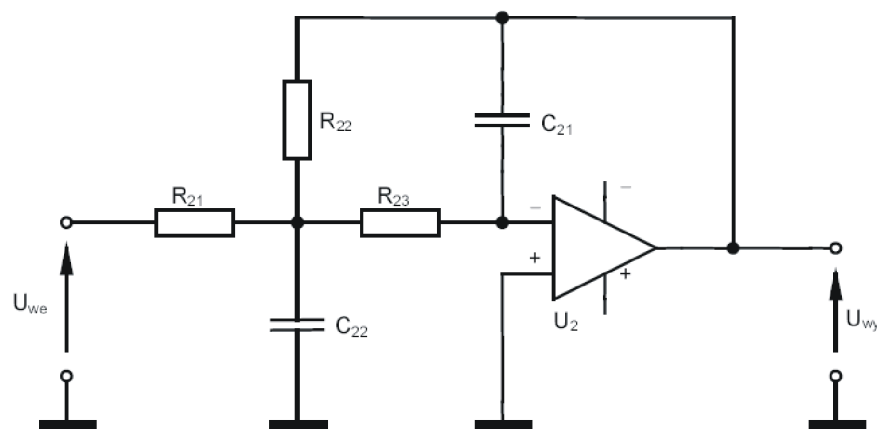
Systemy o strukturze sztywnej i elastycznej



Podział zadań realizowanych w systemie (przetwarzanie danych i sterowanie) pomiędzy część sprzętową (hardware) i programową (software).

Systemy o strukturze sztywnej i elastycznej - przykład

Filtracja sygnału - filtr dolnoprzepustowy drugiego rzędu



$$y(n) = \sum_{k=0}^N h(k)x(n-k), \quad h(k) = b_k$$

Rozwiązanie sprzętowe,
struktura sztywna

Rozwiązanie programowe,
struktura elastyczna

Systemy o strukturze sztywnej i elastycznej – zalety i wady

Systemy o strukturze sztywnej

Zalety:

- szybsze działanie,
- większa niezawodność,
- krótszy czas uruchomienia,

Wady:

- mniejsza elastyczność,
- trudne do rozbudowy i modyfikacji,
- wyższe koszty realizacji,
- specjalizowana aparatura,
- funkcje ustalone przez producenta.

Systemy o strukturze elastycznej

Zalety:

- większa elastyczność,
- łatwość rozbudowy i modyfikacji,
- niższe koszty realizacji,
- uniwersalna aparatura,
- funkcje ustalane przez użytkownika.

Wady:

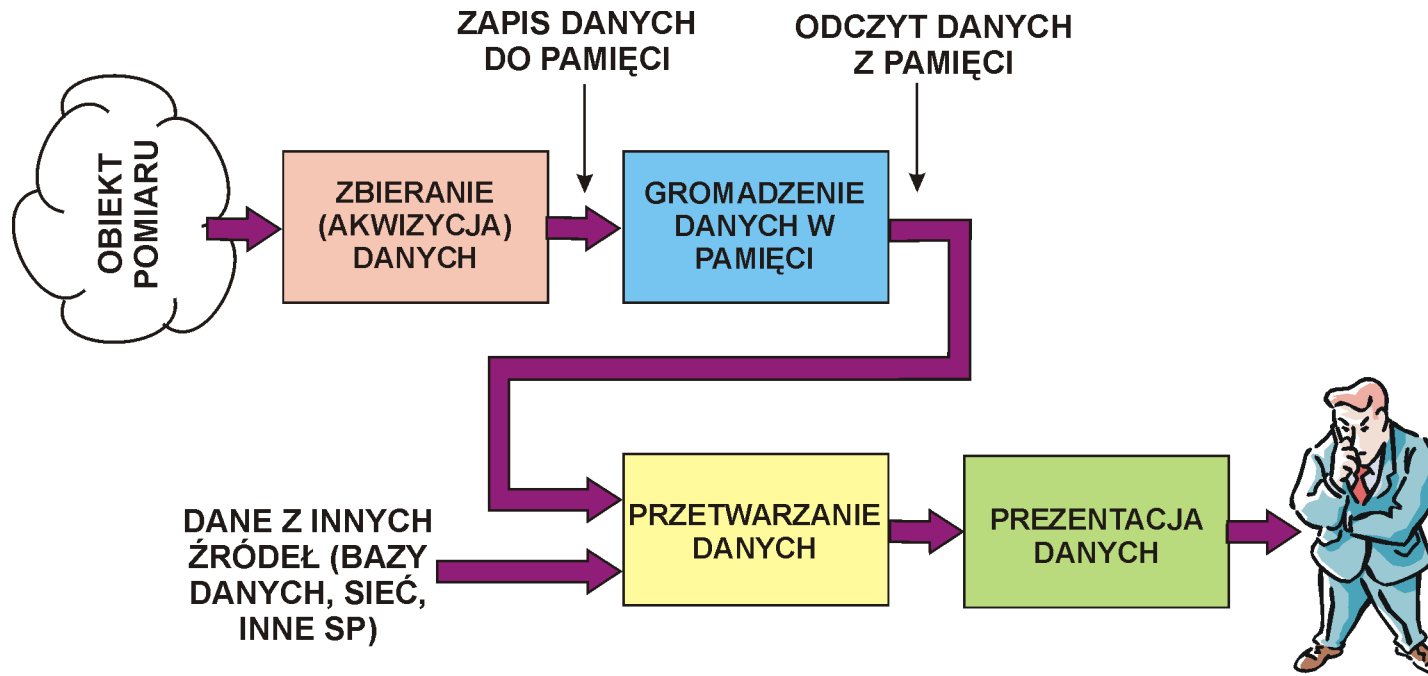
- wolniejsze działanie,
- niższa niezawodność,
- dłuższy czas uruchomienia,
- konieczność oprogramowania.

Systemy pracujące w trybie **OFF-Line** i **On-Line**

1.OFF-Line – pomiary wykonywane są według ustalonego algorytmu, wyniki pomiarów są na bieżąco zapamiętywane i po zakończeniu pomiarów, w późniejszym, dowolnym czasie odczytywane z pamięci i przetwarzane oraz wizualizowane

2.ON-Line – wyniki pomiarów są na bieżąco wykorzystywane, najczęściej do sterowania obiektem, każdy wynik pomiaru jest przypisany konkretnej chwili czasowej.

Systemy pracujące w trybie **OFF-Line**



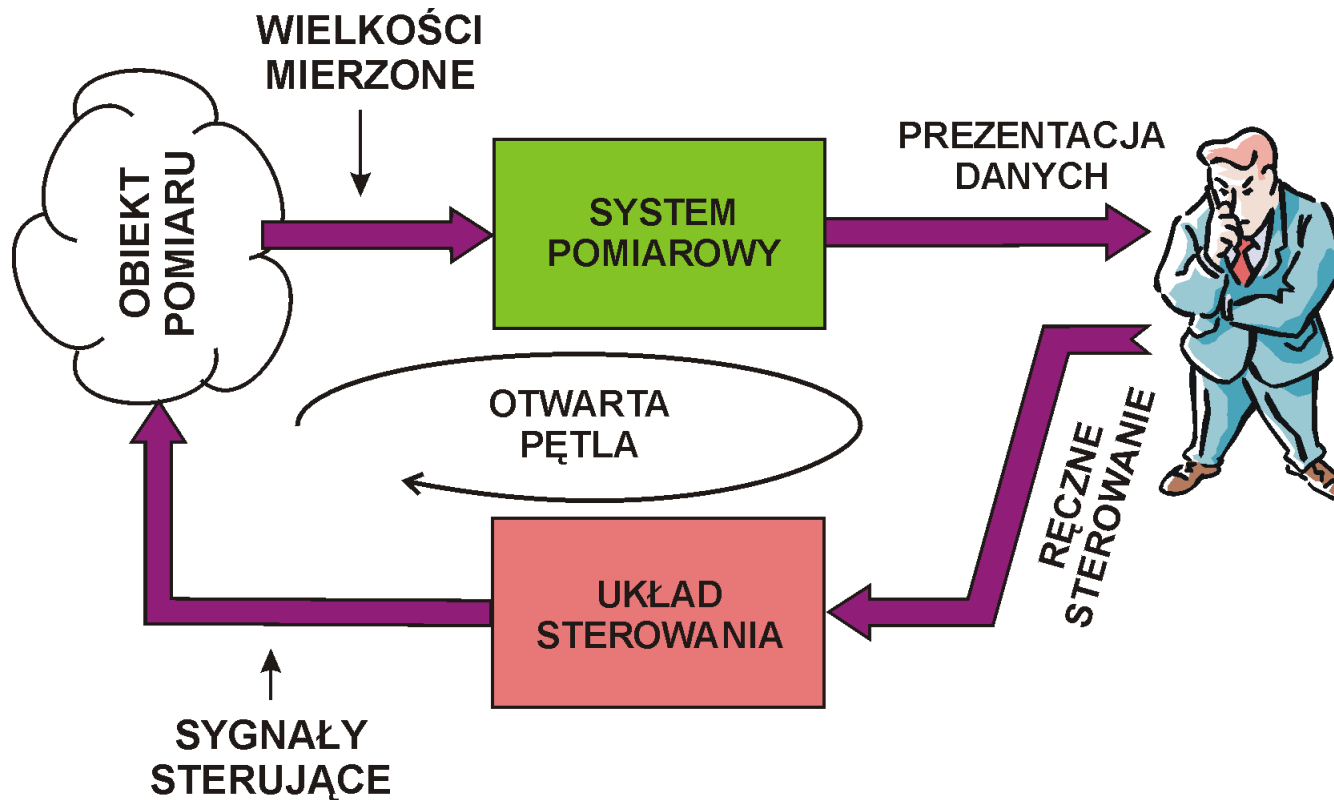
Pomiary wykonywane są według ustalonego algorytmu, wyniki pomiarów są na bieżąco zapamiętywane i po zakończeniu pomiarów, **w późniejszym, dowolnym czasie** odczytywane z pamięci i przetwarzane oraz wizualizowane.

Systemy pracujące w trybie **On-Line**

1.Open loop – systemy z otwartą pętlą - wyniki pomiarów są na bieżąco wykorzystywane przez personel **do ręcznego** sterowania obiektem,

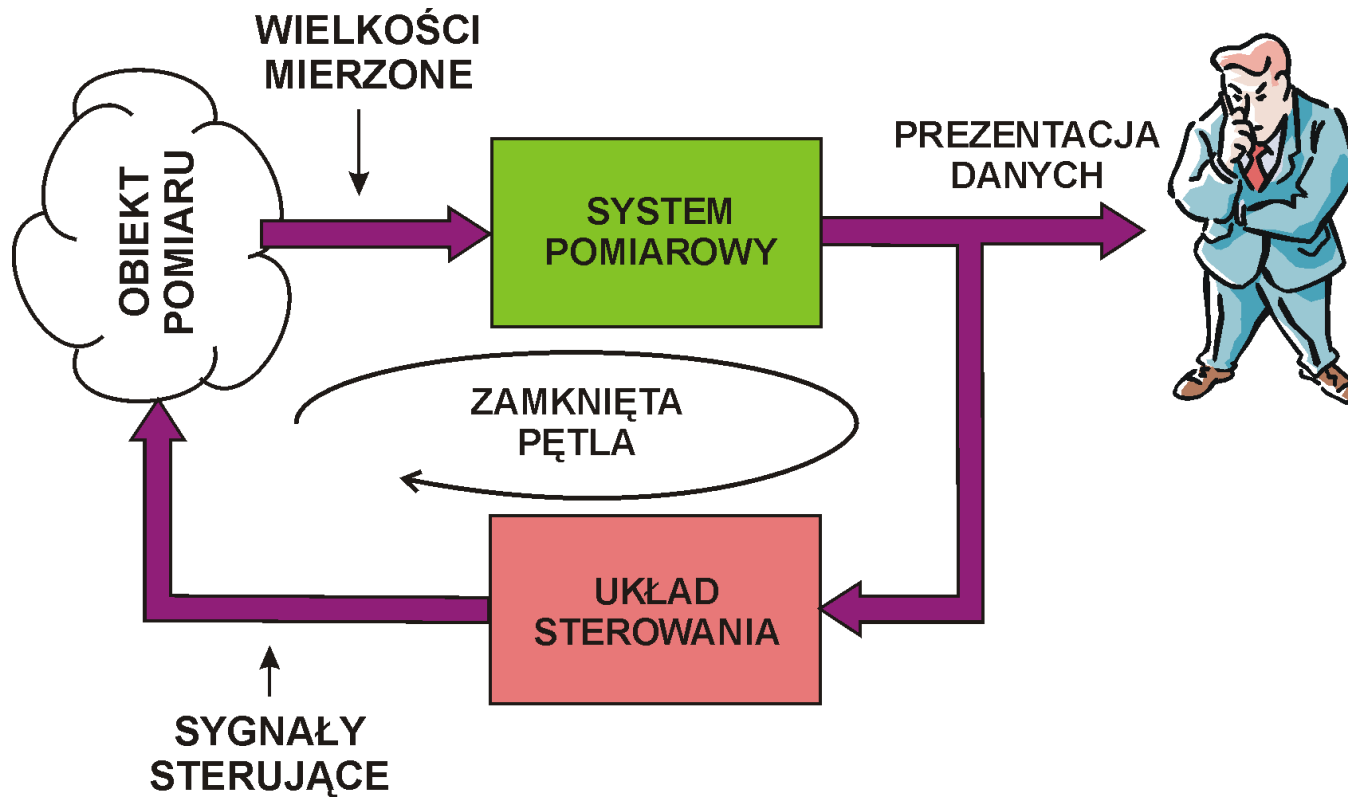
2.Closed loop – systemy z zamkniętą pętlą - wyniki pomiarów są na bieżąco wykorzystywane **do automatycznego** sterowania obiektem oraz dodatkowo prezentowane personelowi.

Systemy pracujące w trybie **Open loop**



Open loop – systemy z otwartą pętlą - wyniki pomiarów są na bieżąco wykorzystywane przez personel **do ręcznego** sterowania obiektem,

Systemy pracujące w trybie **Closed loop**



Closed loop – systemy z zamkniętą pętlą - wyniki pomiarów są na bieżąco wykorzystywane do automatycznego sterowania obiektem oraz dodatkowo prezentowane personelowi.

Systemy On-Line Czasu Rzeczywistego

System czasu rzeczywistego (*real time system*) to system, którego poprawność działania zależy nie tylko od poprawności logicznych rezultatów, lecz również **od czasu**, w jakim te rezultaty są osiąganе (czasu reakcji).

W systemie czasu rzeczywistego zagwarantowane jest wykonanie każdej operacji (w tym również reakcji na zdarzenia zewnętrzne) w pewnym **określonym, z góry ustalonym, nieprzekraczalnym czasie**. Komputer sterujący takim systemem musi wykorzystywać **System Operacyjny Czasu Rzeczywistego** (*Real-Time Operating System – RTOS*), np.: QNX, OS9.

Systemy Windows nie są systemami czasu rzeczywistego !

Szybkość działania Systemu Czasu Rzeczywistego

Real Time (czas rzeczywisty) nie oznacza „szybki” ale „przewidywalny” .

Reakcja systemu czasu rzeczywistego **nie musi być więc szybka,** ale **musi być zagwarantowana w nieprzekraczalnym czasie .**

System czasu rzeczywistego może więc być (i zazwyczaj jest) **wolniejszy** od zwykłego systemu operacyjnego. Wynika to z faktu, że mechanizmy przyspieszające działanie systemów operacyjnych (pamięć wirtualna, przetwarzanie wielopotokowe itp.) wprowadzają pewną **losowość w działaniu systemu** i średnio rzecz biorąc przyspieszają działanie systemu, ale w pewnych sytuacjach mogą go wydłużyć.

W RTOS taka losowość w działaniu jest to niedopuszczalna.

Pomiar, testowanie i diagnostyka - podsumowanie

1. Współczesne systemy pomiarowe bardzo często są elementem większego systemu pomiarowo-testującego lub pomiarowo-diagnostycznego.
2. Pomiar, testowanie i diagnostyka są kolejnymi, coraz bardziej zaawansowanymi etapami poznawania stanu obiektu.
3. Zależnie od podziału zadań pomiędzy sprzęt i oprogramowanie rozróżniamy systemy o strukturze sztywnej i elastycznej.
4. Zależnie od czasu wykorzystywania wyników pomiarów rozróżniamy systemy pracujące w trybie OFF-Line i ON-Line.
5. Systemy pracujące w trybie ON-Line mogą być z zamkniętą lub otwartą pętlą.
6. W zastosowaniach w których krytyczny jest czas reakcji należy stosować systemy czasu rzeczywistego, które nie muszą być szybkie, ale muszą być przewidywalne z punktu widzenia czasu reakcji na zdarzenia zewnętrzne.

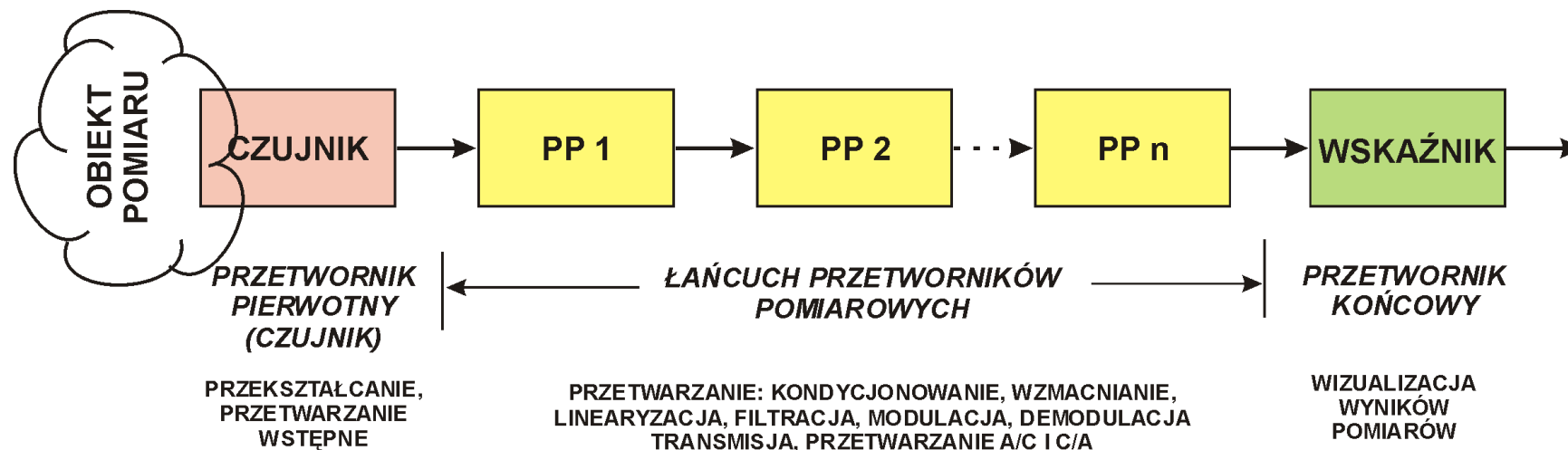
Struktury systemów pomiarowych

Wyróżnimy dwie struktury systemów pomiarowych:

1. Strukturę „klasyczną” według Polskiej Normy PN-N-02050: 1971 – Metrologia. Nazwy i określenia.
2. Strukturę „współczesną” – uwzględniającą rolę komputera w systemie pomiarowym.

Klasyczna struktura łańcuchowa systemu pomiarowego

Według PN-N-02050: 1971 – Metrologia. Nazwy i określenia.



Wszystkie elementy łańcucha spełniają funkcje metrologiczne (występują tylko narzędzia pomiarowe). Nie uwzględnia się współczesnej definicji systemu pomiarowego („środki techniczne”).

Struktura **współczesnego** systemu pomiarowego

Współczesny system pomiarowy rozpatrujemy w postaci współpracujących ze sobą **5 podsystemów**:

1–Podsystem zbierania (akwizycji) danych – realizuje pobieranie sygnałów pomiarowych bezpośrednio z obiektu,

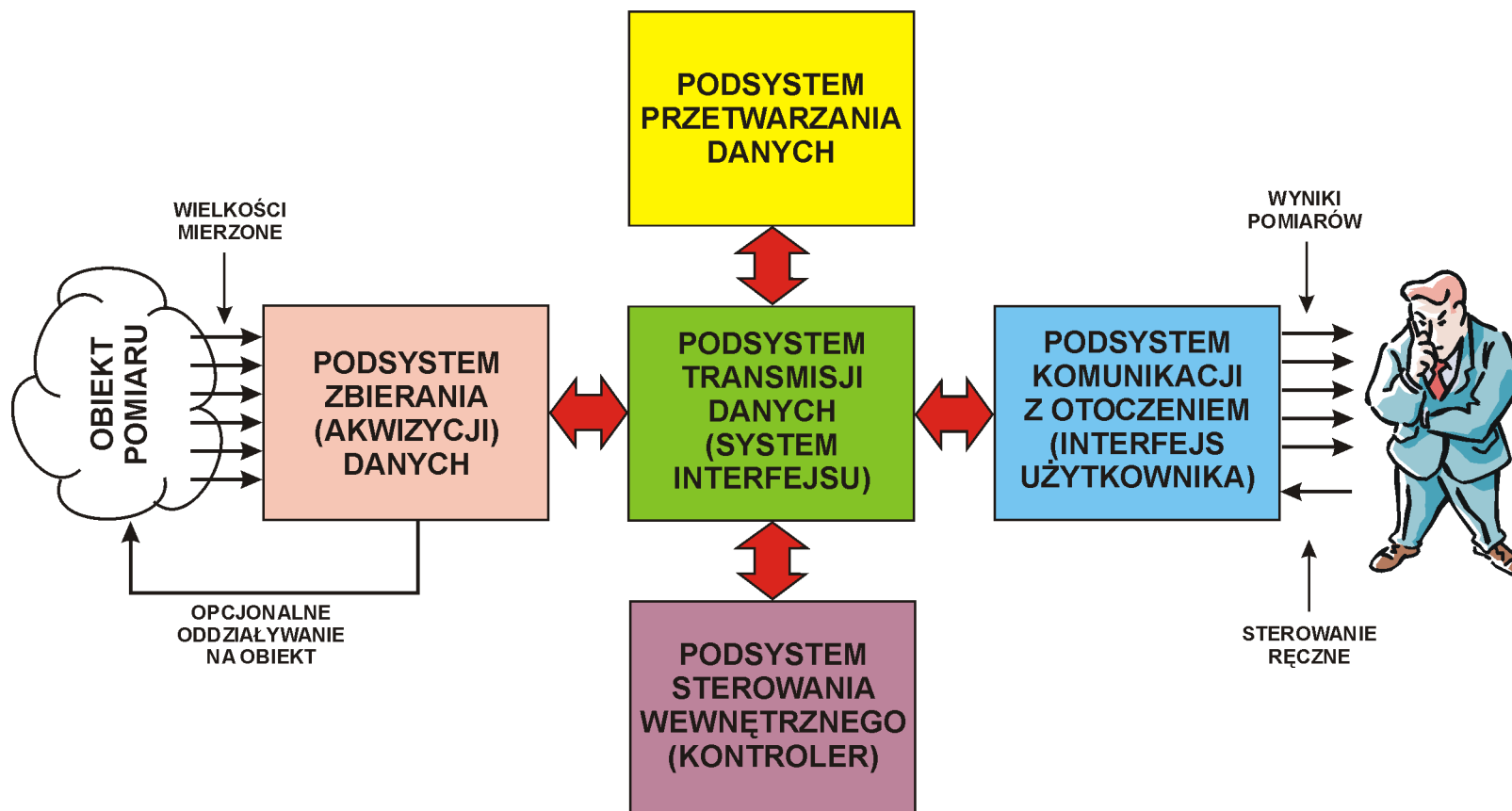
2–Podsystem przetwarzania danych – realizuje algorytm przetwarzania danych pomiarowych,

3–Podsystem komunikacji z otoczeniem – interfejs użytkownika, zapewnia wizualizację wyników,

4–Podsystem transmisji danych – system interfejsu, przesyła informacje pomiędzy pozostałymi podsystemami,

5–Podsystem sterowania wewnętrznego – kontroler, steruje pracą całego systemu pomiarowego.

Schemat organizacyjny współczesnego systemu pomiarowego



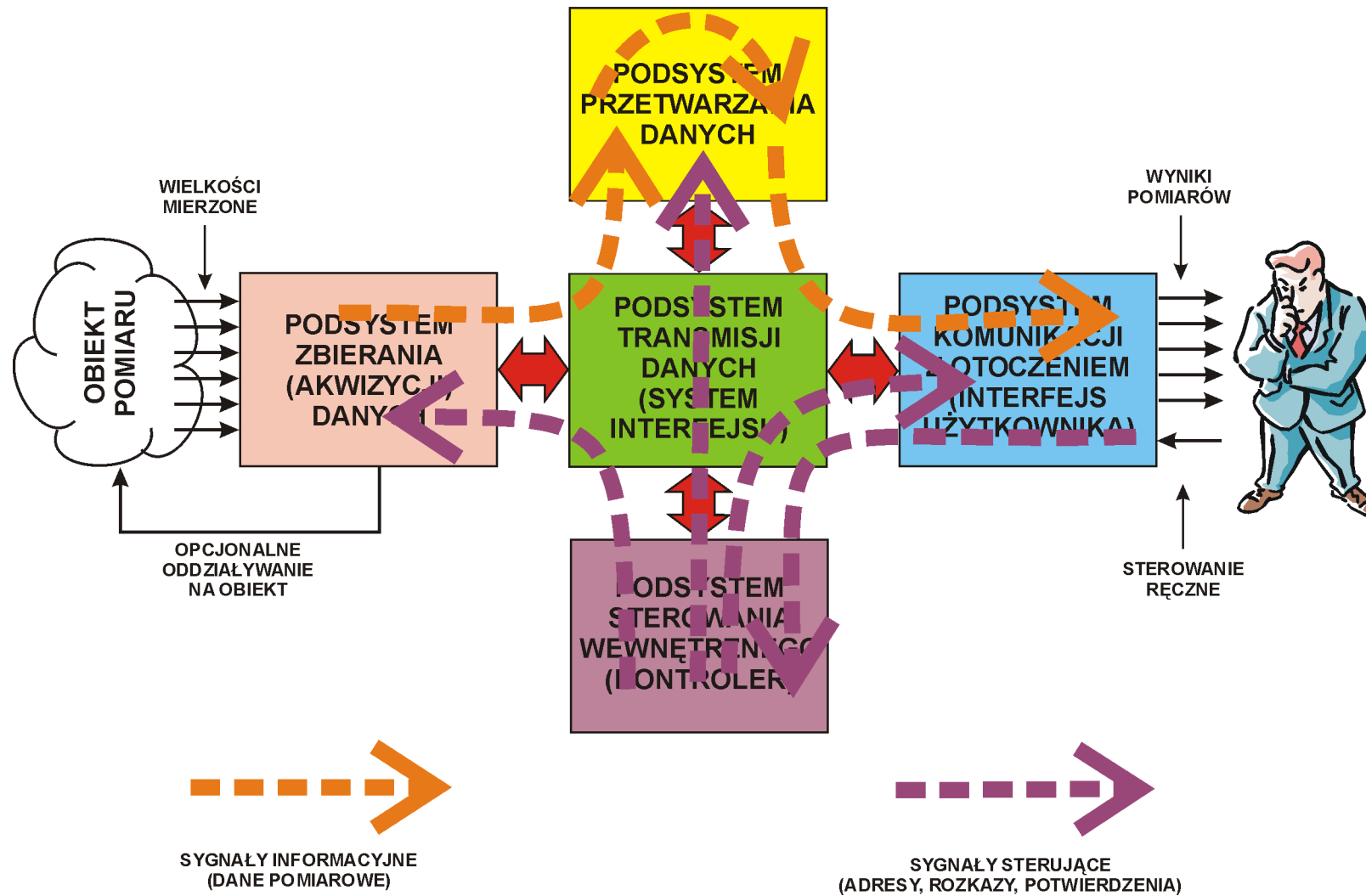
Sygnały w strukturze systemu pomiarowego

W systemie pomiarowym występują dwa rodzaje sygnałów:

1–Sygnały informacyjne – zawierają dane pomiarowe z obiektu,

2–Sygnały sterujące – (adresy, rozkazy, potwierdzenia)
zapewniają właściwą pracę poszczególnych elementów systemu.

Sygnały w strukturze systemu pomiarowego



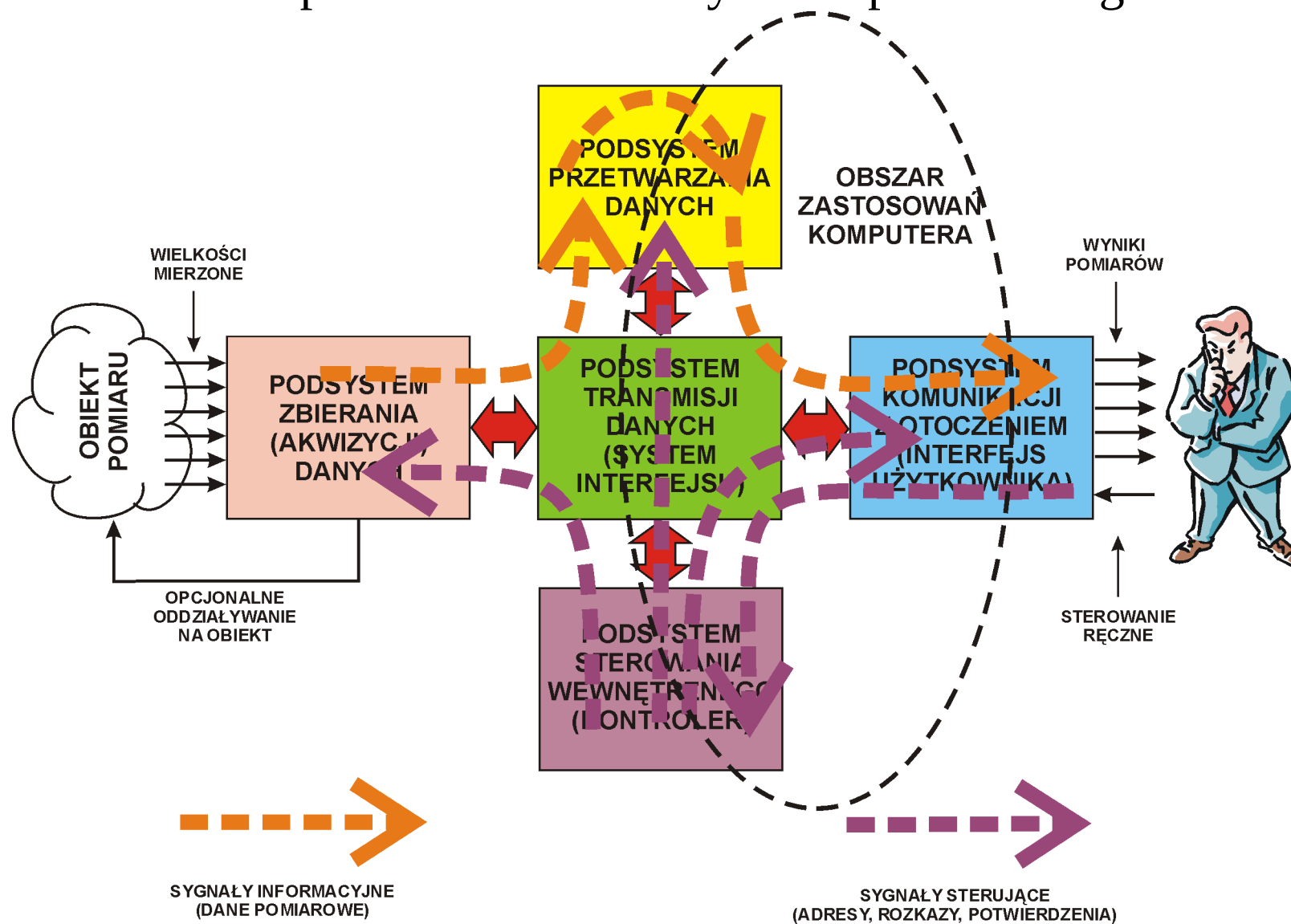
Komputer w strukturze systemu pomiarowego

W systemie pomiarowym komputer może realizować w części lub w całości funkcje niektórych podsystemów:

Podsystemu przetwarzania danych,
Podsystemu komunikacji z otoczeniem,
Podsystemu transmisji danych,
Podsystemu sterowania wewnętrznego.

Poza nielicznymi specyficznymi zastosowaniami (pomiaru czasu i częstotliwości) komputer nie może realizować funkcji **Podsystemu zbierania danych.**

Komputer w strukturze systemu pomiarowego



System interfejsu – centralny element systemu pomiarowego

System Interfejsu – podsystem transmisji danych stanowi centralny element współczesnych systemów pomiarowych. Wybór systemu interfejsu decyduje o strukturze pozostałych elementów systemu pomiarowego i jego większości właściwości.

System interfejsu według Polskiej Normy

PN-83/T-06563 – System Interfejsu dla programowalnej aparatury pomiarowej. Przesył informacji bajty – szeregowo, bity – równolegle. (odpowiednik IEC 625-1 i IEC 625-2 oraz z niewielkimi zmianami IEEE 488.1 i IEEE 488.2)

Przypomnienie. System - podejście filozoficzne:

System jest to byt przejawiający istnienie przez synergiczne współdziałanie swych części.

Przypomnienie. System - podejście matematyczne:

System jest to zbiór **E**lementów o określonych własnościach (**A**trybutach), tak powiązanych ze sobą **R**elacjami, że stanowią one całość zdolną do funkcjonowania w określony sposób.

$$S=\{E, A, R\}, E=[E_1, \dots, E_m], A=[A_1, \dots, A_n], R=[R_1, \dots, R_k]$$



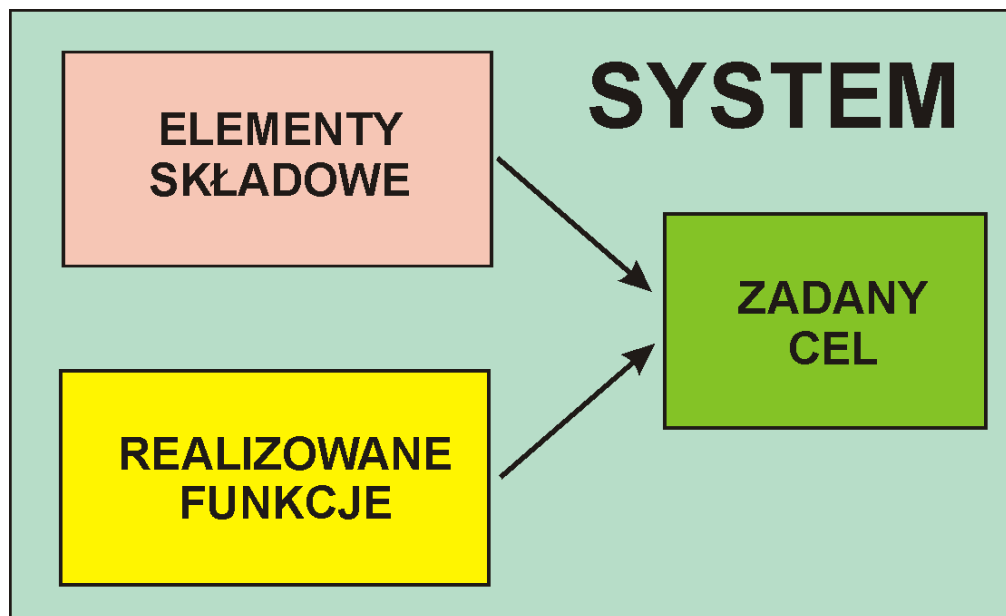
International Electrotechnical Commission



Institute of Electrical and Electronics Engineers

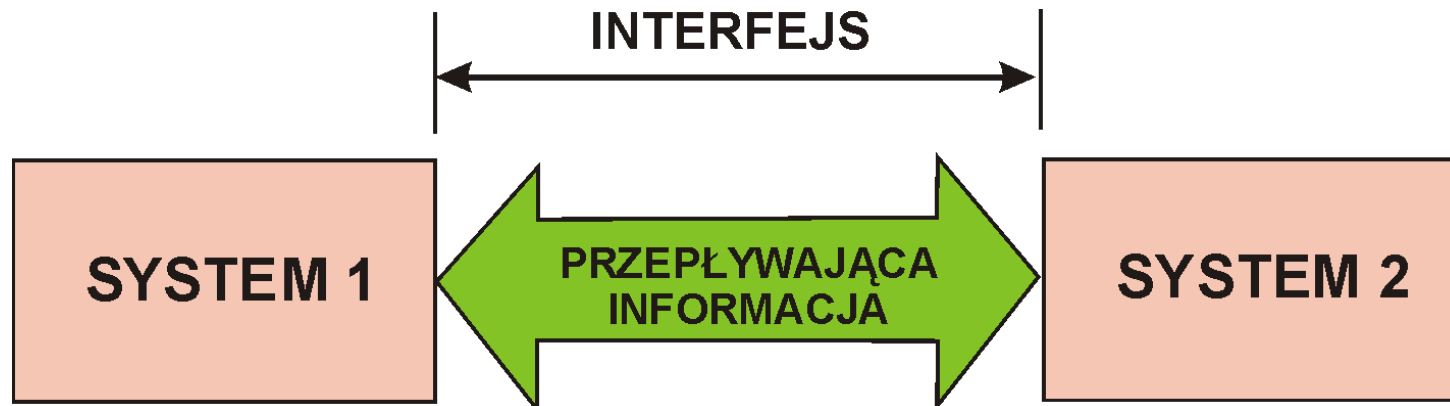
System – wg PN-83/T-06563

System – zbiór wzajemnie powiązanych elementów składowych utworzony w celu osiągnięcia zadanego celu przez wykonywanie określonej funkcji.



Interfejs – wg PN-83/T-06563

INTERFEJS – połączenie między rozważanym systemem a innym systemem lub częściami jakiegoś systemu, przez które przepływa informacja



System interfejsu – wg PN-83/T-06563

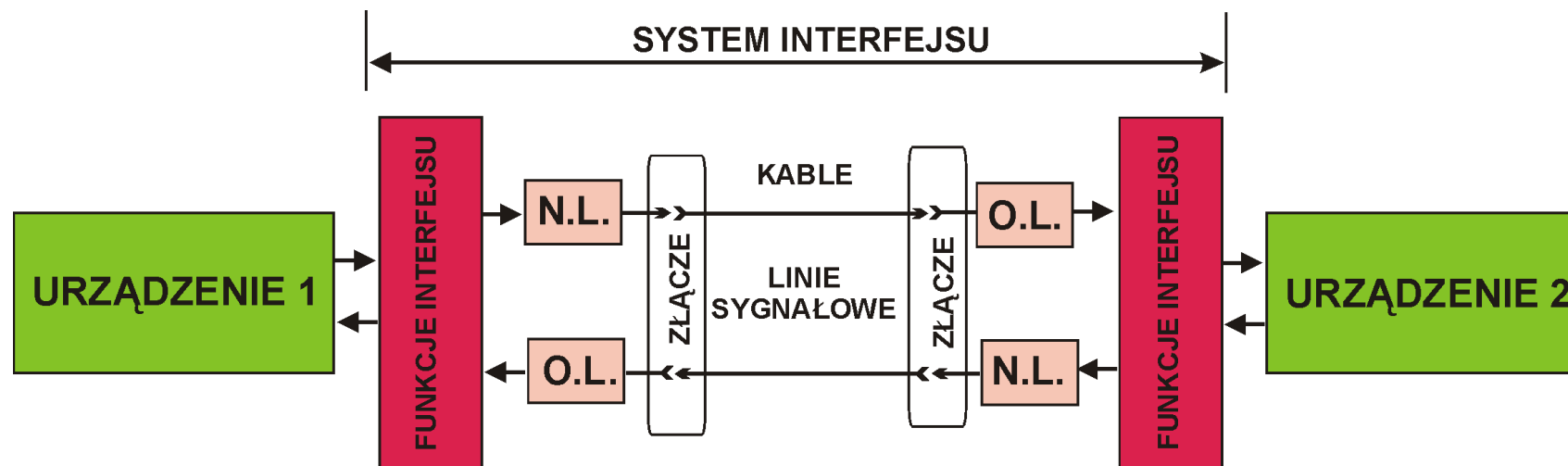
SYSTEM INTERFEJSU – zbiór niezależnych od urządzeń elementów mechanicznych, elektrycznych i funkcjonalnych koniecznych w procesie wymiany informacji między tymi urządzeniami.

Typowymi **elementami systemu interfejsu** są: kable, złącza, nadajniki i odbiorniki linii, funkcje interfejsowe z ich opisem logicznym, linie **sygnałowe**, zależności czasowe oraz zasady sterowania.

Sygnał – fizyczna reprezentacja informacji (np.: prąd, napięcie).

Parametr sygnału – wielkość związana z sygnałem, której wartość lub ciąg wartości przenosi informację (np.: natężenie prądu, częstotliwość napięcia).

System interfejsu – wg PN-83/T-06563



1.Elementy mechaniczne: złącza, kable

2.Elementy elektryczne: nadajniki i odbiorniki linii

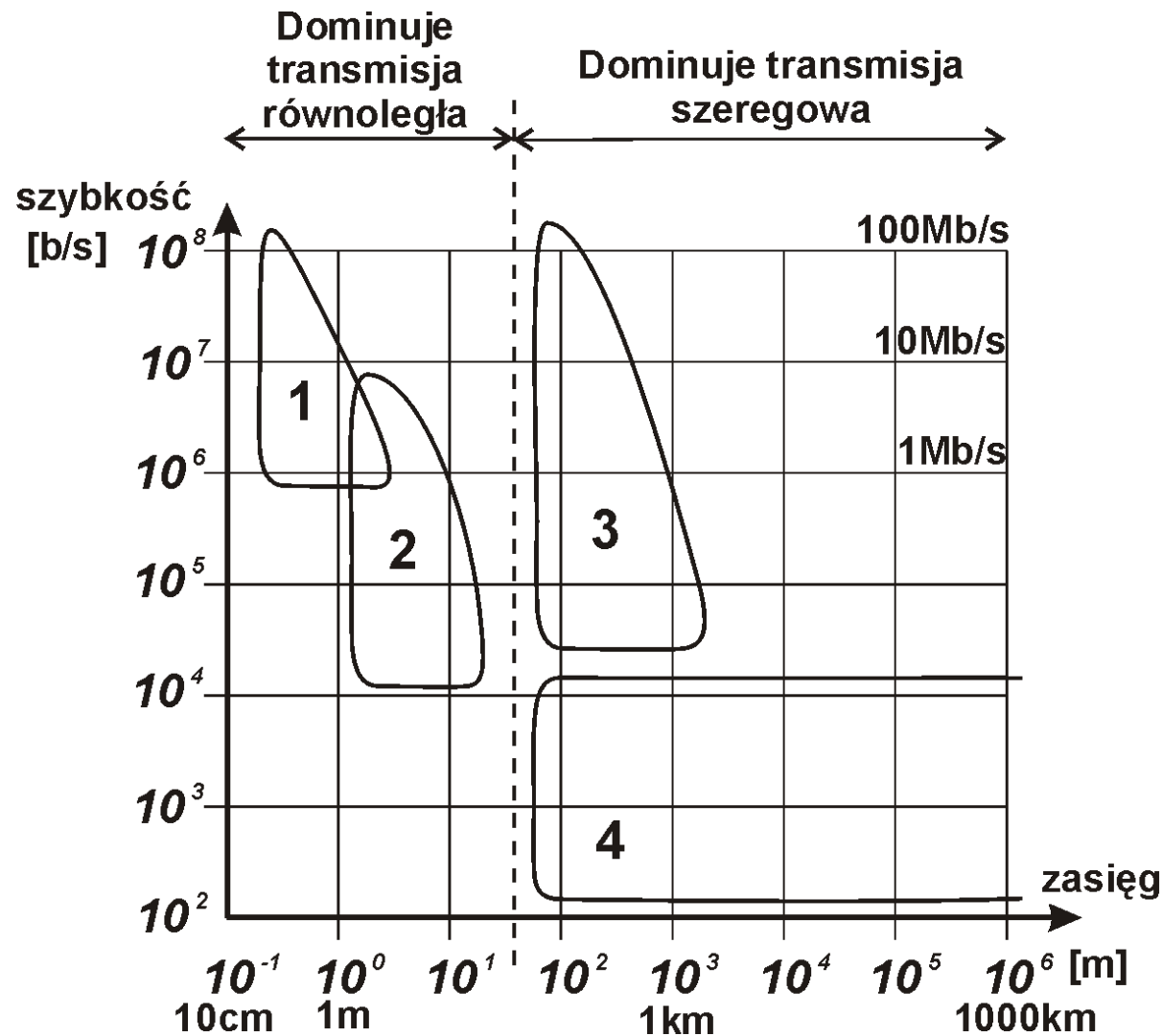
3.Elementy funkcjonalne: funkcje interfejsowe

Systemy interfejsu – zasięg i szybkość

Ze względu na zasięg i szybkość transmisji rozróżnia się:

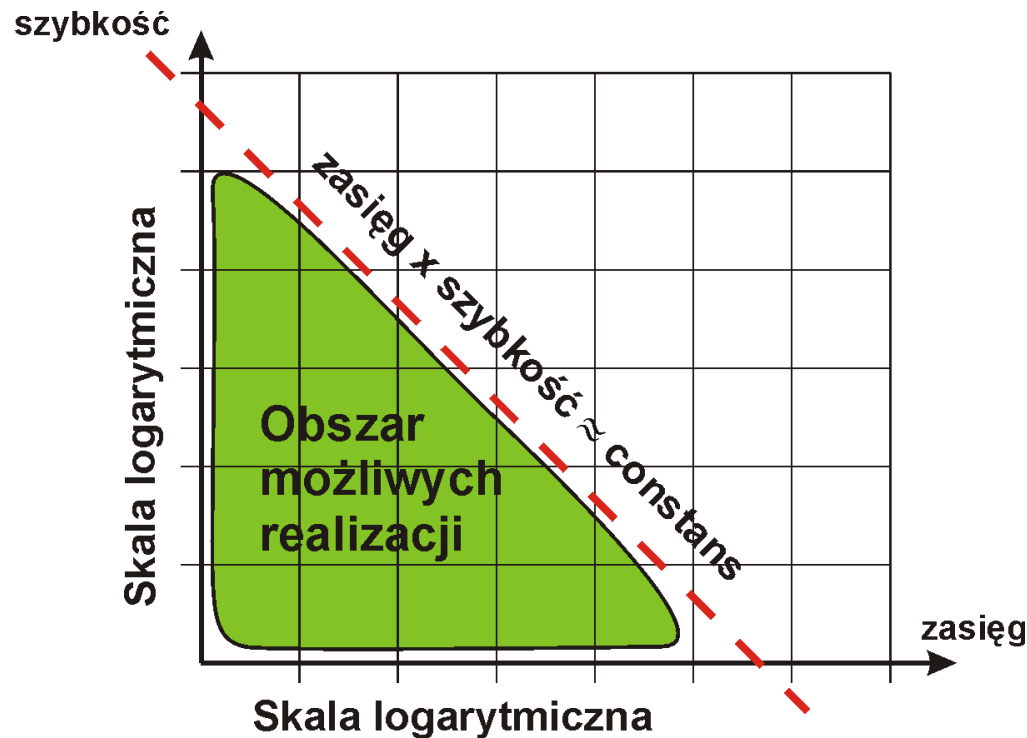
- 1 - **Interfejsy małego zasięgu** (kasetowe), do około 1m, od kilkuset kb/s do kilkuset Mb/s,
- 2 - **Interfejsy średniego zasięgu** (przysiędowe), do kilkunastu metrów, od kilkunastu kb/s do kilku Mb/s,
- 3 - **Interfejsy dużego zasięgu** (lokalne sieci LAN), do kilku kilometrów, od kilkudziesięciu kb/s do kilkuset Mb/s, aż do Gb/s,
- 4 - **Interfejsy bardzo dużego zasięgu** (globalne sieci telekomunikacyjne), zasięg nieograniczony, w skali całego globu i dalej (misje kosmiczne), od kilkuset b/s do kilkudziesięciu kb/s.

Systemy interfejsu – zasięg i szybkość



- 1 - Interfejsy małego zasięgu
(kasetowe): ISA, PCI, VXI, PXI, CAMAC,
- 2 - Interfejsy średniego zasięgu
(przrządowe): IEC625, IEE488, RS232, Centronics, USB, I2C
- 3 - Interfejsy dużego zasięgu
(lokalne sieci LAN): RS422, RS485, IEEE802.x (Ethernet, Token Bus ...)
- 4 - Interfejsy bardzo dużego zasięgu
(globalne sieci telekomunikacyjne)

Systemy interfejsu – ograniczenia zasięgu i szybkości

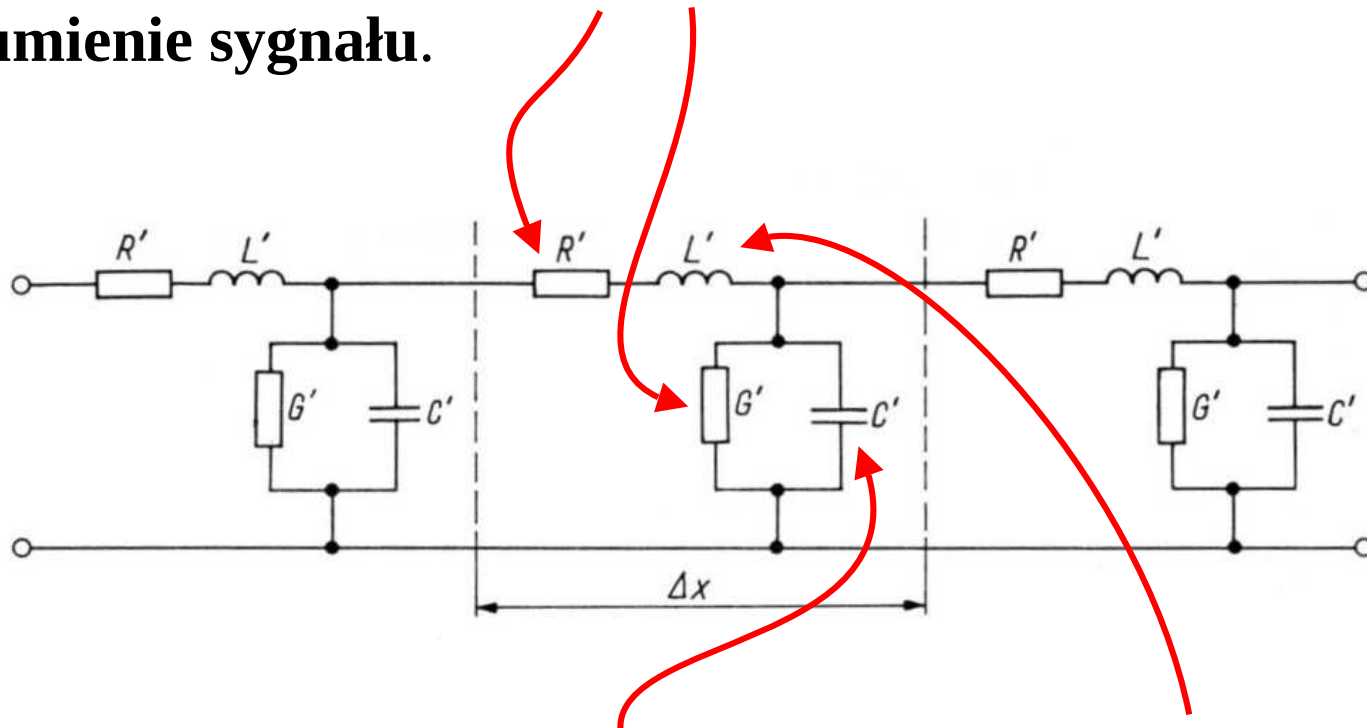


Efekty ograniczające zasięg i szybkość transmisji:

- 1 – **tłumienie sygnału** - rozproszenie energii impulsu,
- 2 – **dyspersja** – rozmycie impulsu.

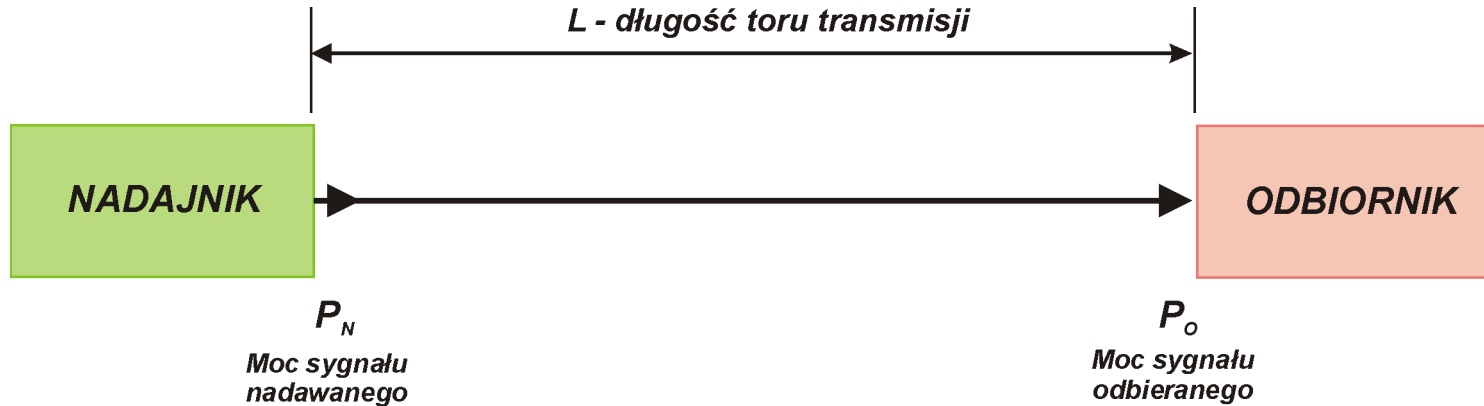
Propagacja sygnału w linii transmisyjnej

Elementy rezystancyjne R , G rozpraszają energię i powodują **tłumienie sygnału**.



Elementy pojemnościowe C i indukcyjnościowe L wprowadzają opóźnienie czasowe, różne dla składowych sygnału o różnych częstotliwościach i powodują **dyspersję** impulsów

Tłumienie sygnału



Tłumienie sygnału jest efektem pochłaniania i rozpraszania mocy sygnału przez ośrodek transmisyjny.

Moc sygnału odbieranego P_O jest **mniejsza** od mocy sygnału nadawanego P_N .

$$P_O < P_N$$

Tłumienie i tłumienność

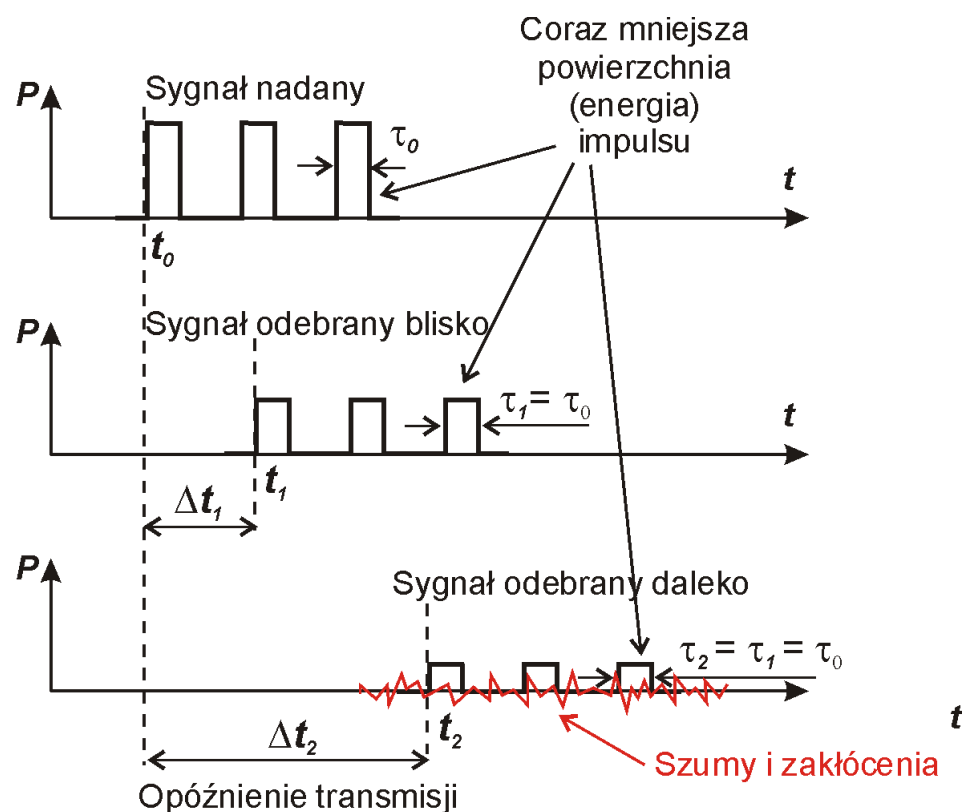
Tłumienie sygnału A jest to stosunek mocy P_N sygnału na wejściu toru transmisji do mocy P_O sygnału na jego wyjściu, wyrażany w skali logarytmicznej (jednostka [dB]):

$$A_P = 10 \log \frac{P_N}{P_O} \quad \text{lub:} \quad A_U = 20 \log \frac{U_N}{U_O}$$

Tłumienność sygnału α (tłumienie jednostkowe) jest to tłumienie sygnału przypadające na jednostkę długości toru transmisyjnego (jednostka [dB/km]):

$$\alpha_P = \frac{A_P}{L} \quad \text{lub:} \quad \alpha_U = \frac{A_U}{L}$$

Systemy interfejsu – tłumienie



Tłumienie sygnału – rozproszenie i pochłonięcie części energii impulsu, zmniejszenie amplitudy impulsu

Systemy interfejsu – tłumienność niektórych mediów

Światłowody szklane – od 0,2 dB/km do kilku dB/km zależnie od wykorzystywanego okna transmisyjnego,

Światłowody plastikowe – do kilkudziesięciu dB/km,

Przewody koncentryczne – od kilkunastu dB/km do kilkuset dB/km, w paśmie od 10MHz do 6GHz,

Przewody symetryczne (skrętki) – do kilkuset dB/km, dla 100MHz – skrętka kat.5e

TECHNOKABEL®

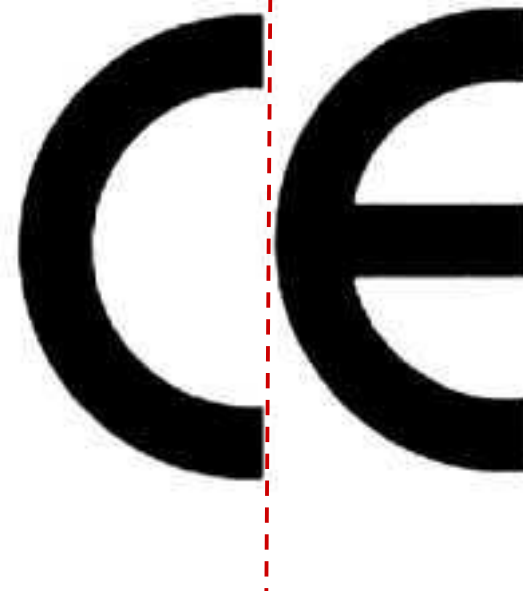
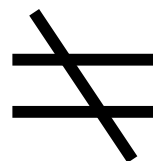
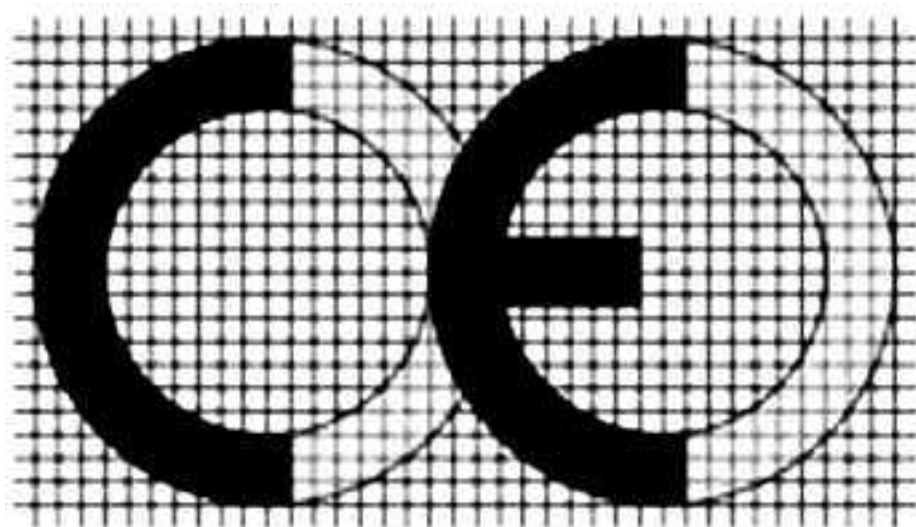
UTP kat.5e 4x2x0,5 mm - 155 MHz

Tłumienność falowa - maks.

f	MHz	1	4	8	10	16	20	25	31,25	62,5	100	155
a	dB/100 m	2,1	4,3	5,9	6,6	8,2	9,2	10,5	11,8	17,1	22	28,1

Na 100m długości skrętki

Conformité Européenne vs. China Export



Conformité Européenne (fr.)
European Conformity (eng.)

China Export

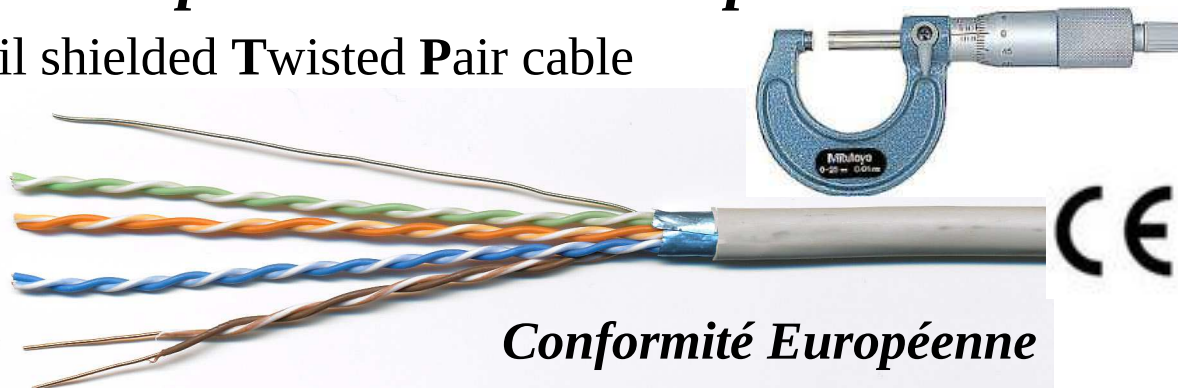
Conformité Européenne vs. China Export

FTP - Foil shielded Twisted Pair cable

Średnica żyły Cu: 0,51 mm

Przekrój żyły Cu: 0,204 mm²

Ekran grubość Al: 0,05 mm



Conformité Européenne

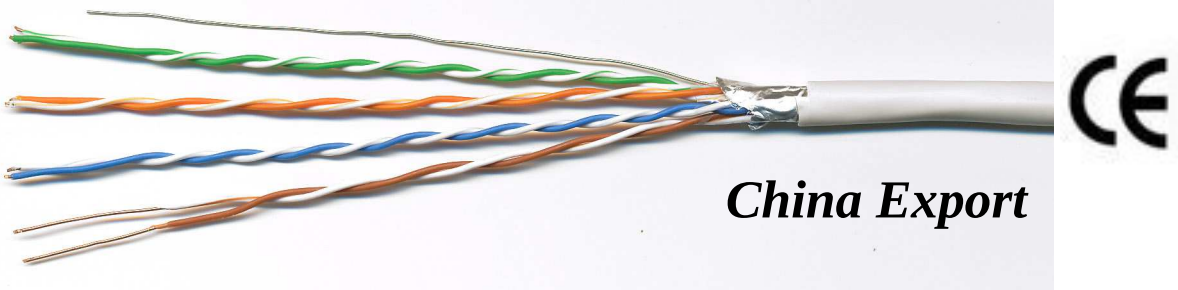
**FTP cat. 5e, 4x2x24AWG
(24AWG=0,51mm)**

Średnica żyły Cu: 0,46 mm

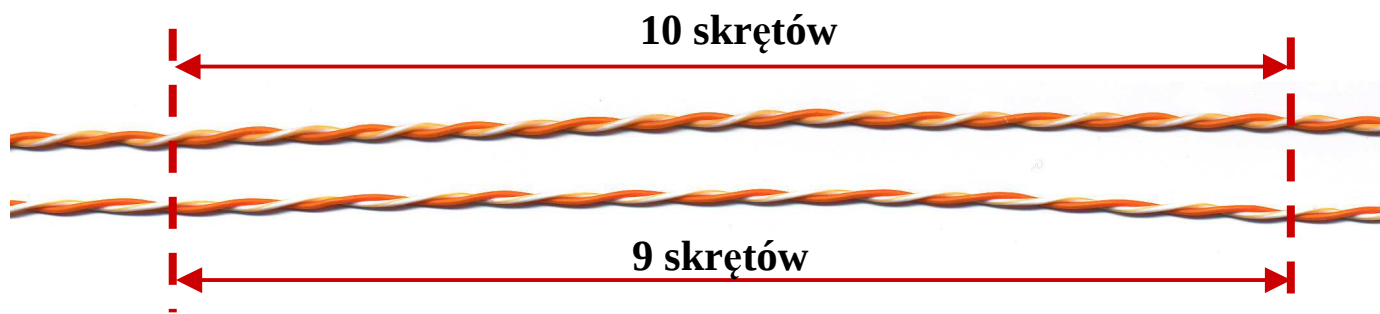
Przekrój żyły Cu: 0,166 mm²

Ekran grubość Al: 0,03 mm

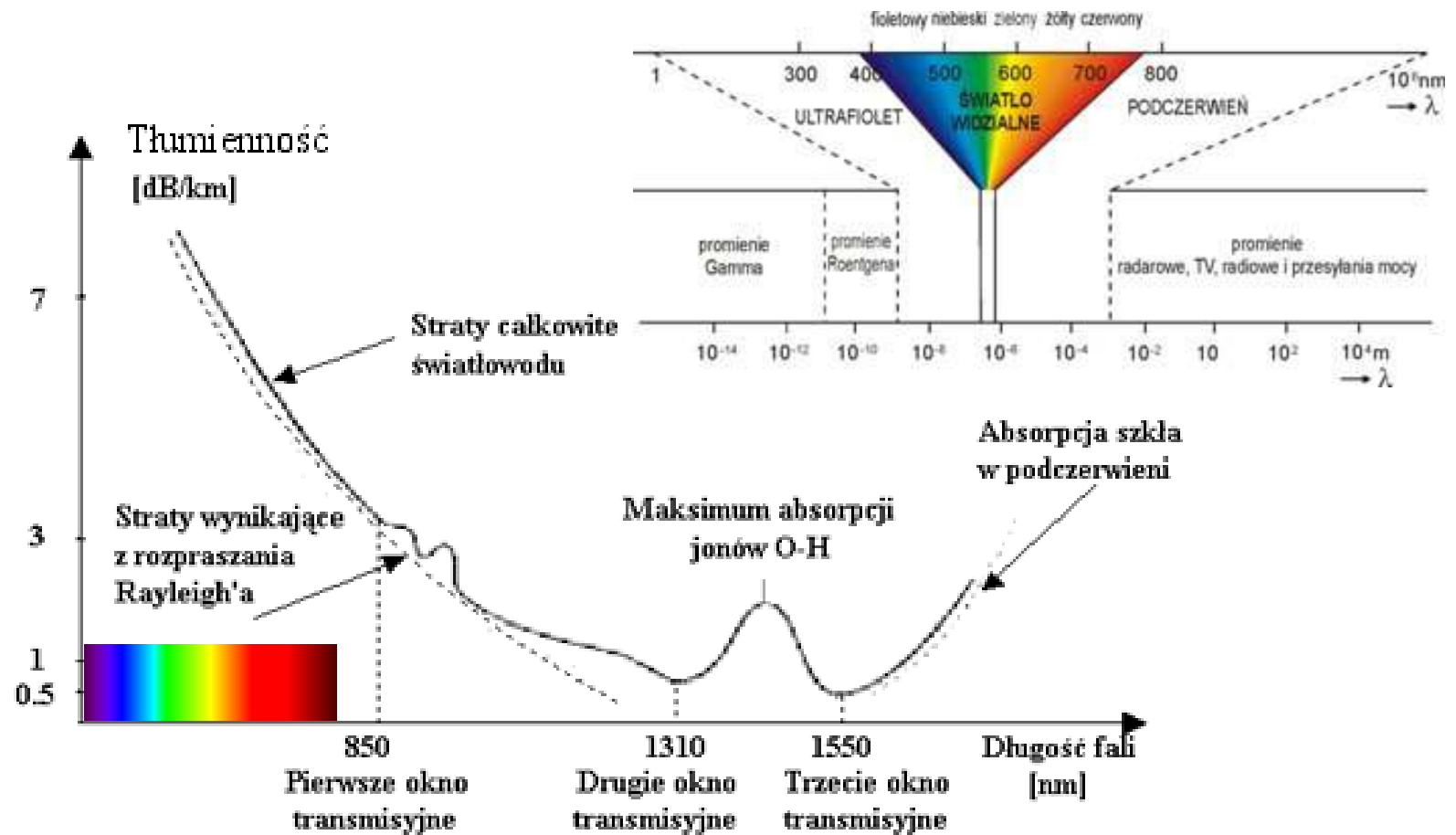
Wniosek: 80% Cu, 60%Al



China Export

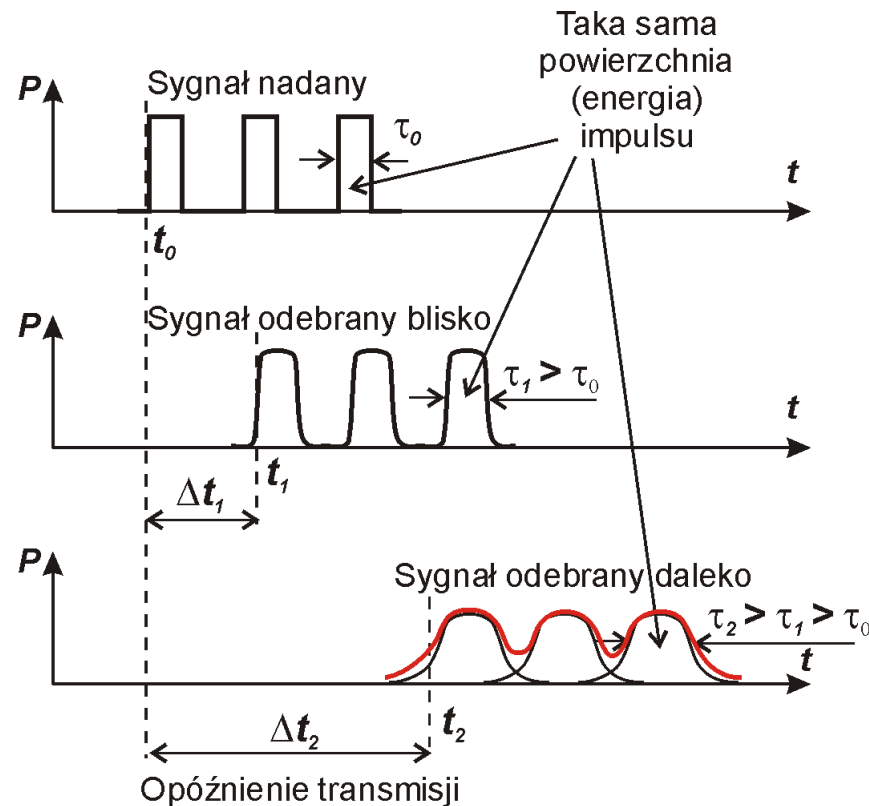


Systemy interfejsu – tłumienność niektórych mediów



Tłumienność światłowodów szklanych zależy od wykorzystywanego okna transmisyjnego

Systemy interfejsu – dyspersja



Dyspersja – rozmycie impulsu, zmniejszenie stromości zboczy, zwiększenie czasu trwania przy tej samej energii impulsu.

Podsumowanie

1. Klasyczna, łańcuchowa struktura systemu pomiarowego nie uwzględnia współczesnej, rozszerzonej definicji,
2. W strukturze współczesnego systemu pomiarowego wyróżniamy 5 podsystemów współpracujących ze sobą,
3. Centralne miejsce zajmuje podsystem transmisji danych (system interfejsu), decydujący w właściwościach całego systemu pomiarowego,
4. Do najważniejszych parametrów systemu interfejsu należą szybkość i zasięg transmisji,
5. Aktualny stan technologii ogranicza możliwości szybkiej transmisji na duże odległości, iloczyn tych dwóch wielkości jest dla danej technologii w przybliżeniu stały,
6. Podstawowymi zjawiskami ograniczającymi zasięg i szybkość transmisji są: tłumienie i dyspersja.

