

Sygnały i Systemy

Wprowadzenie i klasyfikacja sygnałów



- ▶ Karta przedmiotu

Karta modułu (linki poniżej):

Sygnały i systemy – informatyka, studnia I stopnia

- ▶ <https://weii.prz.edu.pl/studenci/plany-studiow>

Materiały pomocnicze

Materiały dydaktyczne na serwerze Zakładu: <http://www.pei.prz.rzeszow.pl>
w zakładce **Dydaktyka**/Materiały dla studentów.

login: **pei**
hasło: **dydaktyka**

The screenshot displays the website of the Zakład Podstaw Elektrotechniki i Informatyki (PEI) at the Politechnika Rzeszowska. The browser address bar shows www.pei.prz.rzeszow.pl/strona-glowna.html. The website features a navigation bar with links: Strona główna, Ogłoszenia, Przedmioty, Nauka, **Dydaktyka**, Linki, and Kontakt. The **Dydaktyka** menu is open, showing options: Karty przedmiotów, Specjalność EIT Informatyka w przedsiębiorstwie, Prace dyplomowe, Plan zajęć, and **Materiały dla studentów**. A red arrow points from the text 'Materiały dydaktyczne na serwerze Zakładu' to the 'Dydaktyka' menu, and another red arrow points from 'Materiały dla studentów' to the login form. The login form, titled 'System materiałów dydaktycznych PEI', has fields for 'login:' and 'hasło:', with the values 'pei' and 'dydaktyka' respectively, and an 'Autoryzuj' button.

Warunki zaliczenia przedmiotu

- ▶ 1. Udział w zajęciach wykładowych i ćwiczeniowych
- ▶ 2. Uzyskanie pozytywnej oceny zaliczenia z ćwiczeń
- ▶ 3. Egzamin pisemny – w formie zaliczenia

Forma zajęć	Sposób wystawiania oceny podsumowującej
Wykład	Zaliczenie w formie pisemnej. Warunkiem dopuszczenia do zaliczenia jest uzyskanie pozytywnej oceny z ćwiczeń.
Ćwiczenia/Lektorat	Pisemne kolokwium na koniec zajęć.
Ocena końcowa	Ocena końcowa jako średnia ważona wg wzoru: $1/2$ – ocena z wykładu, $1/2$ – ocena z ćwiczeń. Obie oceny muszą być pozytywne, by uzyskać zaliczenie przedmiotu.

Wykaz zalecanej literatury

- ▶ Papoulis A., *Obwody i układy*, WK Ł, Warszawa., 1988
- ▶ Zieliński T., *Od teorii do cyfrowego przetwarzania sygnałów.*, Wydział EAIiE AGH, Kraków., 2002
- ▶ Drałus G., Maśłowski G., *Sygnały i systemy. Materiały pomocnicze*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 2013
- ▶ Gołębiowski L., Gołębiowski M., *Obwody elektryczne*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów., 2012
- ▶ Osowski S., Siwek K., Śmiałek M., *Teoria obwodów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006
- ▶ Osowski S., Siwek K., Śmiałek M., *Podstawy elektrotechniki i elektroniki*.
- ▶ Bolkowski S., *Teoria obwodów elektrycznych*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005
- ▶ Bolkowski S., Brociek W., Rawa H, *Teoria obwodów elektrycznych – zadania*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006

Treści kształcenia

TK01	Sygnały jako nośnik informacji – klasyfikacja bezprzewodowych i przewodowych mediów transmisyjnych, podstawowe wielkości i ich jednostki: pole elektryczne i magnetyczne, potencjał i napięcie elektryczne, prąd elektryczny stały i zmienny
TK02	Elementy bierne układów elektronicznych – elementy rezystancyjne i ich przeznaczenie, pojęcie rezystancji i konduktancji, kondensatory jako elementy pojemnościowe, pojęcie pojemności, elementy indukcyjne, przeznaczenie cewek indukcyjnych, pojęcie indukcyjności, sprzężenie magnetyczne
TK03	Podstawy analizy obwodów prądu stałego – źródła prądu i napięcia stałego, prawo Ohma i prawa Kirchhoffa, metody analizy obwodów prądu stałego, metoda oczkowa i potencjałów węzłowych, zasada superpozycji, moc w obwodach prądu stałego, wykorzystanie pakietu Matlab do analizy obwodów prądu stałego
TK04	Podstawy analizy obwodów prądu sinusoidalnie zmiennego, liczby zespolone i ich wykorzystanie do reprezentacji sygnałów sinusoidalnie zmiennych, obwody RL i RC, obwody RLC, moc w obwodach prądu zmiennego, wykorzystanie pakietu Matlab do analizy obwodów prądu sinusoidalnie zmiennego
TK05	Sygnały odkształcone, reprezentacja sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości, analiza widmowa sygnałów z wykorzystaniem pakietu Matlab

Sygnał jako nośnik informacji

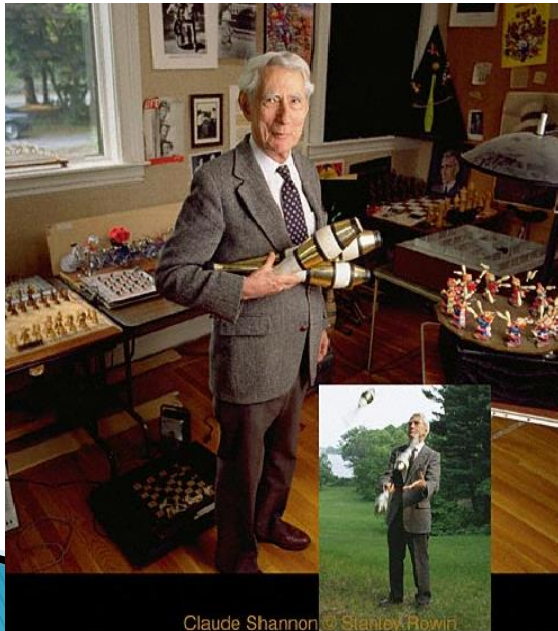
Sygnał jest funkcją niezależnych zmiennych, które zawierają informacje.

Sygnałem nazywamy też proces zmian w czasie stanu fizycznego dowolnego obiektu, służący do wizualizacji, rejestracji i przesyłania wiadomości.

Teoria sygnałów a teoria informacji

Własności sygnałów bada **teoria sygnałów**. Związek pomiędzy naturą fizyczną sygnałów i zawartą w nich informacją bada **teoria informacji**.

Claude Elwood Shannon **Twórca podstaw Teorii Informacji**



Twierdzenie o przepustowości Shannona–Hartleya głosi, że można zwiększyć przepustowość wyrażoną w bitach na sekundę, poprzez zwiększenie szerokości pasma lub mocy sygnału, lub poprzez zmniejszenie szumów. Wyraża go równanie:

$$C = W \log_2 \left[1 + \frac{S}{N} \right] \quad [C] = \text{b/s} \quad [W] = \text{Hz}$$

C – przepustowość kanału w bitach na sekundę
 W – szerokość pasma w hercach [Hz]
 S – moc sygnału
 N – moc szumu

Wykorzystanie fal elektromagnetycznych do przesyłania sygnałów

TELEKOMUNIKACJA: Nadawanie, odbiór lub transmisja informacji jakiegokolwiek natury, w szczególności znaków, sygnałów, pisma, obrazów lub dźwięków, za pomocą przewodów, fal radiowych bądź optycznych lub innych środków wykorzystujących energię elektromagnetyczną.

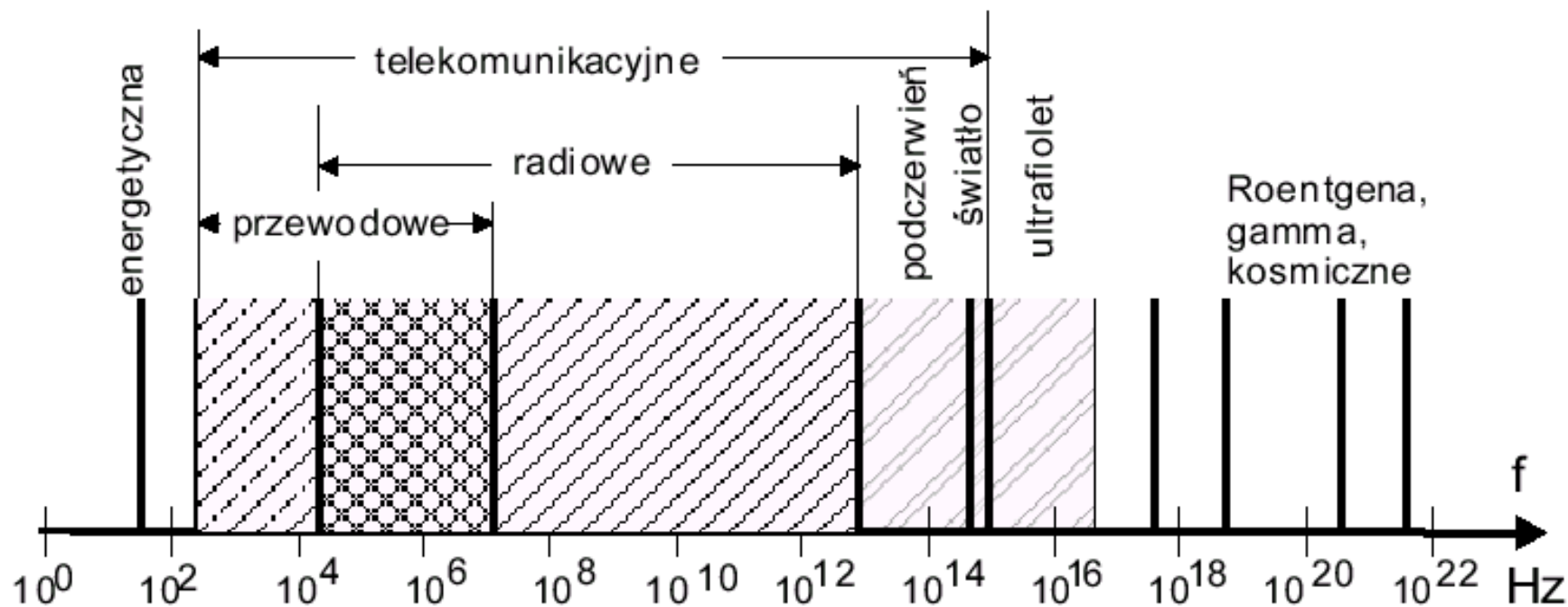


James Clerk Maxwell (1831-1879)

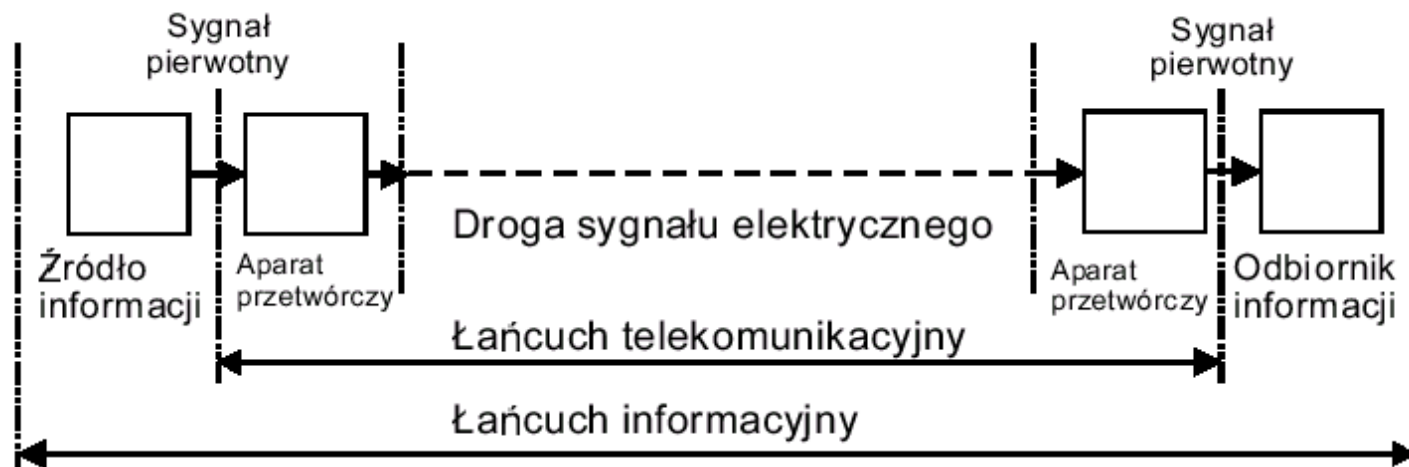
James Clerk Maxwell sformułował matematyczny opis zjawisk elektromagnetycznych w postaci tzw. **równań Maxwella**

Przewidział istnienie
fal elektromagnetycznych

Widmo fal elektromagnetycznych



Łańcuch informacyjny i telekomunikacyjny



Łańcuch telekomunikacyjny



Telekomunikacja ogranicza się do formy przesyłanych wiadomości, pomijając ich treść merytoryczną (różnica pomiędzy przesyłaniem informacji w systemach informacyjnych)

Teletransmisja

- ▶ **Teletransmisja** to dział telekomunikacji odpowiedzialny za przesyłanie sygnałów telekomunikacyjnych od nadajnika do odbiornika drogą przewodową lub z wykorzystaniem fal elektromagnetycznych.
- ▶ **Teletransmisję przewodową** można podzielić na teletransmisję:
 - *kablową (z wykorzystaniem przewodów głównie miedzianych)*
 - *falowodową*
 - *światłowodową*
- ▶ **Teletransmisja radiowa** wykorzystuje radiolinie i urządzenia radiowe nadawczo-odbiorcze.

Sygnal

- W rozumieniu teorii sygnałów:
Sygnal jest pojęciem abstrakcyjnym, modelem matematycznym wyrażającym się określoną funkcją.
- W technice **Sygnal** jest definiowany jako funkcja czasowa o dowolnej wielkości o charakterze energetycznym w którym można wyodrębnić dwa elementy:
nośnik i parametr informacji.
- W zależności od rodzaju nośnika wyróżniamy sygnały: elektryczne, akustyczne, mechaniczne, magnetyczne, cieplne.
- Parametr informacyjny jest to pewna cecha (parametr) sygnału która jest nośnikiem informacji:
- Może to być: **amplituda, częstotliwość, faz** albo ich kombinacja.

Model matematyczny sygnału

Modelem matematycznym sygnału:

- funkcje rzeczywiste czasu
- funkcje zespolone
- dystrybucje

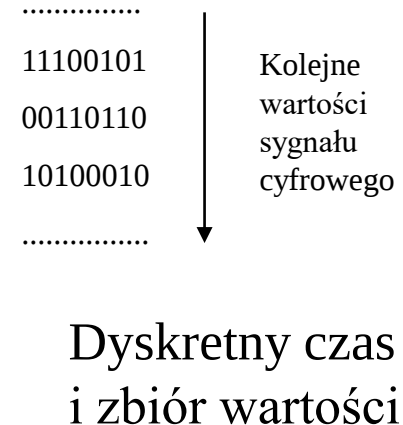
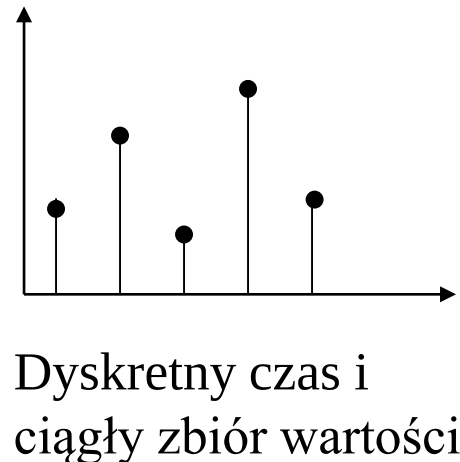
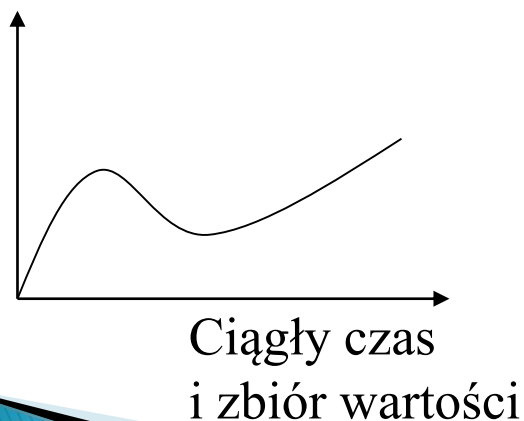
Modelem matematycznym sygnału analogowego jest funkcyjna zależność, której argumentem jest czas.

$$x(t), u(t), i(t)$$

Model matematyczny umożliwia rozpatrywać własności sygnału niezależnie od jego natury fizycznej. Ten sam model matematyczny może opisywać np. sygnał elektryczny, i akustyczny.

Klasyfikacja sygnałów

1. Sygnały **rzeczywiste i zespolone**
2. Sygnały **jednowymiarowe** (np. napięcie, prąd w określonym miejscu) i **wielowymiarowe** (np. przestrzenna fala elektromagnetyczna)
3. Sygnały **deterministyczne i stochastyczne** (*losowe funkcje czasu*)
4. Sygnały **analogowe, dyskretne i cyfrowe**



Klasyfikacja sygnałów

Ze względu na dziedzinę sygnały dzielimy na:

- *ciągłe w czasie* (zazwyczaj oznaczone jako $x(t)$, $y(t)$)
- *dyskretne w czasie* (oznaczone jako $x(t_n)$, n -numer próbki)

Ze względu na zbiór wartości sygnały dzielimy na:

- *z ciągłą amplitudą*
- *z dyskretną amplitudą*

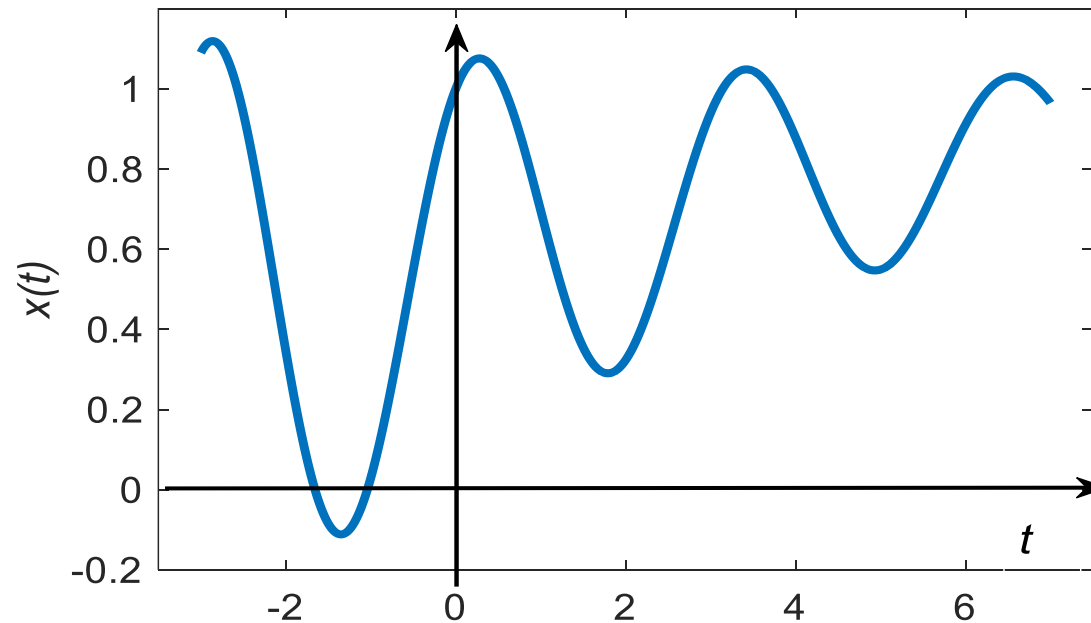
Sygnały ze względu na dziedzinę i wartości, można podzielić na cztery klasy:

- *z czasem ciągłym i ciągłe w amplitudzie*
- *z czasem ciągłym i dyskretnie w amplitudzie*
- *z czasem dyskretnym i ciągłe w amplitudzie*
- *z czasem dyskretnym i dyskretnie w amplitudzie (cyfrowe).*

SYGNAŁY I SYSTEMY

Sygnał ciągły w czasie

Większość rzeczywistych sygnałów ma charakter ciągły (sygnały analogowe), np. prędkość, dźwięk, napięcie elektryczne, temperatura, ciśnienie, ...

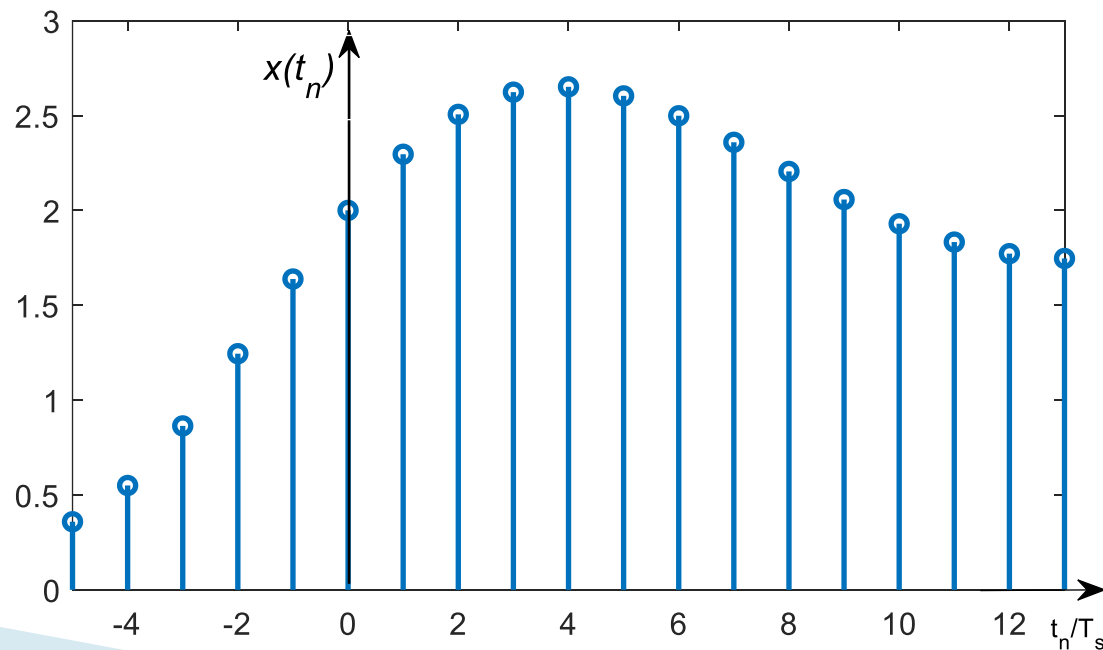


Sygnał ciągły w czasie

SYGNAŁY I SYSTEMY

Sygnał dyskretny w czasie

Oznaczenia: $x(t_n)$, n – liczba całkowita, czas zmienia się w sposób dyskretny. Sygnały dyskretne w czasie powstają zazwyczaj w wyniku próbkowania sygnałów analogowych. Sygnałami dyskretnymi mogą być także ciągi liczb np. ciąg notowań dziennych kursu złotówki do euro. Sygnały dyskretne mogą być przetwarzane przez komputery oraz cyfrowe procesory sygnałowe

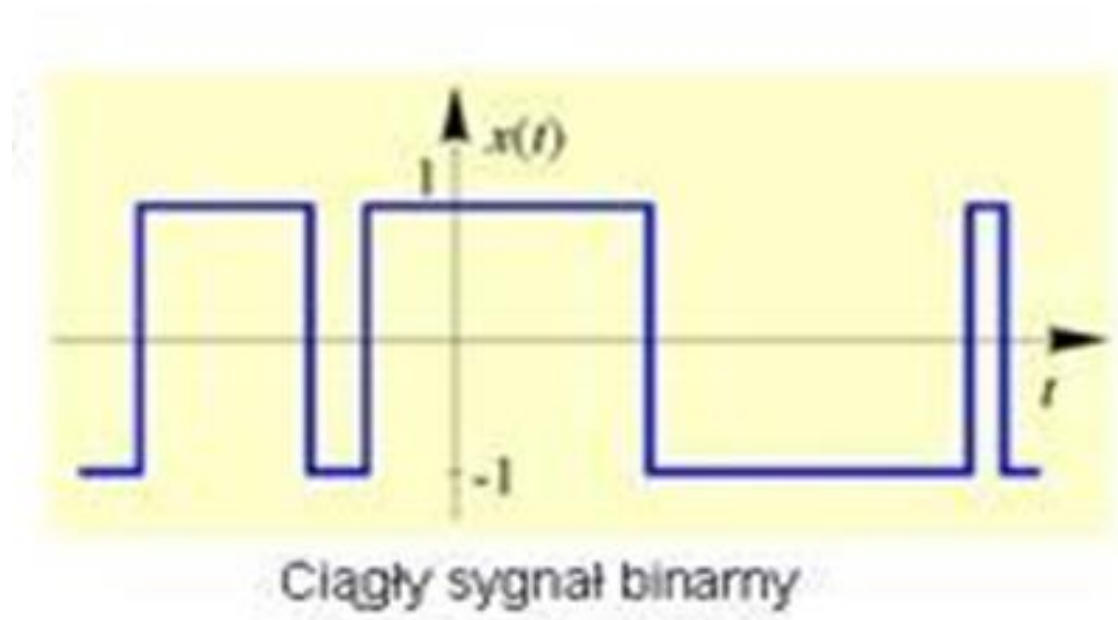


Sygnał dyskretny w czasie

SYGNAŁY I SYSTEMY

Sygnał ciągły binarny

Sygnały ciągły binarny jest ciągły w czasie, i przyjmuje tylko dwie wartości binarne 1 i 0 lub 1 i -1.

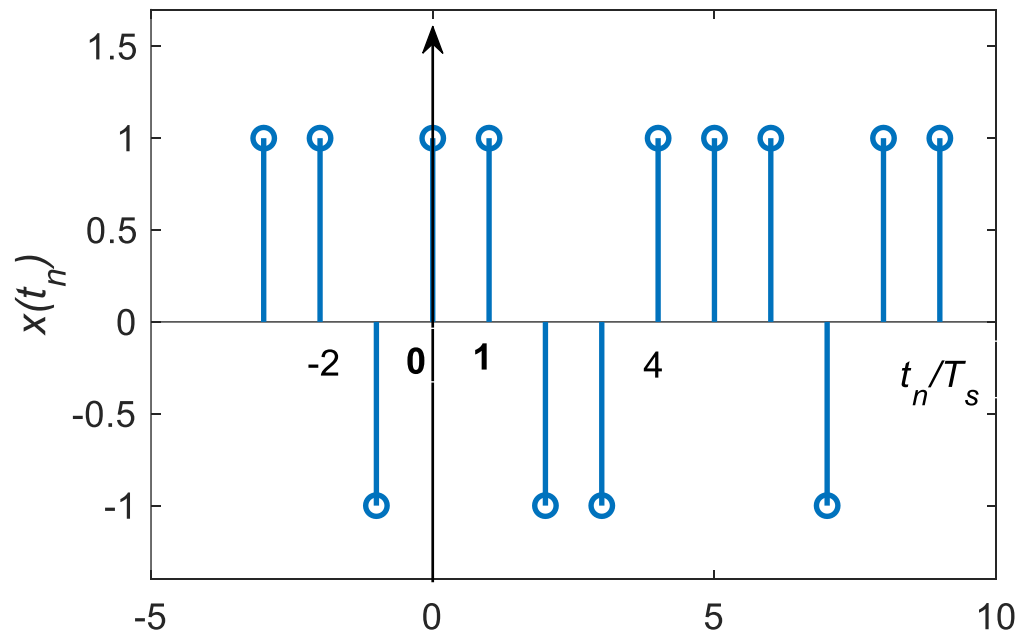


SYGNAŁY I SYSTEMY

Dyskretny sygnał binarny

Oznaczenia: $x[n]$, n – liczba całkowita, numer próbki.

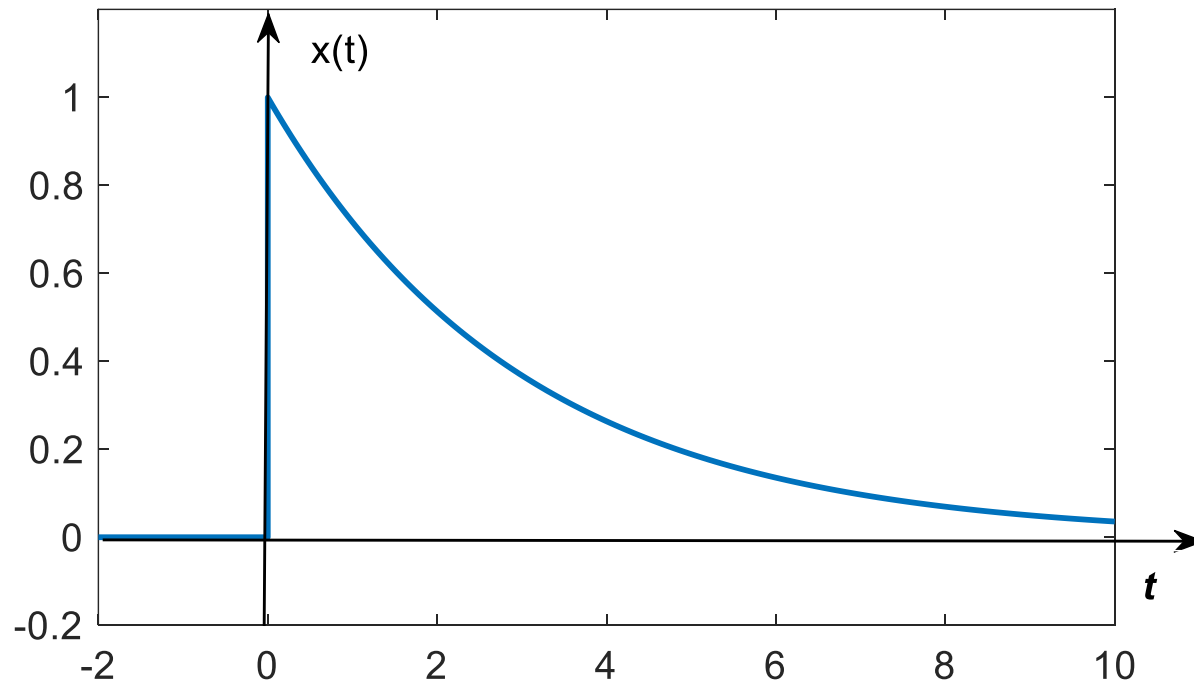
Sygnały dyskretne w czasie mają również dyskretne wartości 0 i 1 lub 1 i -1.



Dyskretny sygnał binarny

Klasyfikacja sygnałów

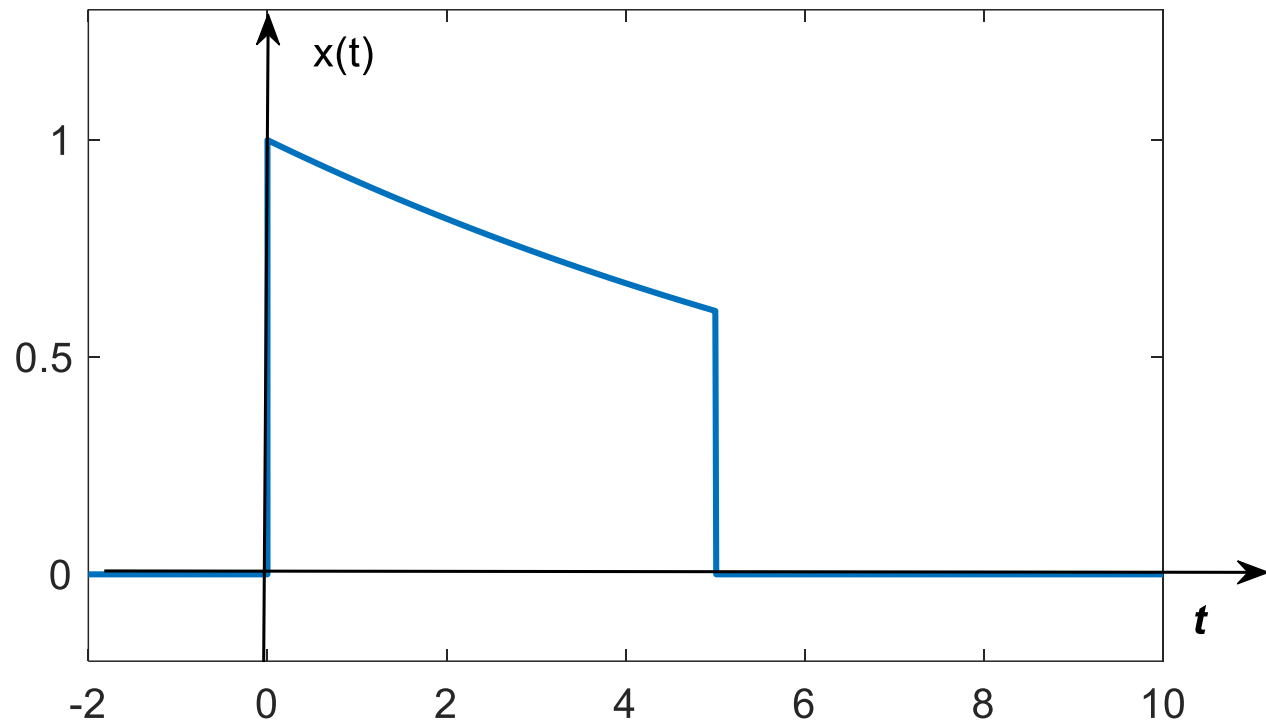
Sygnał o nieskończonym czasie trwania



Sygnał ciągły o nieskończonym czasie trwania

Klasyfikacja sygnałów

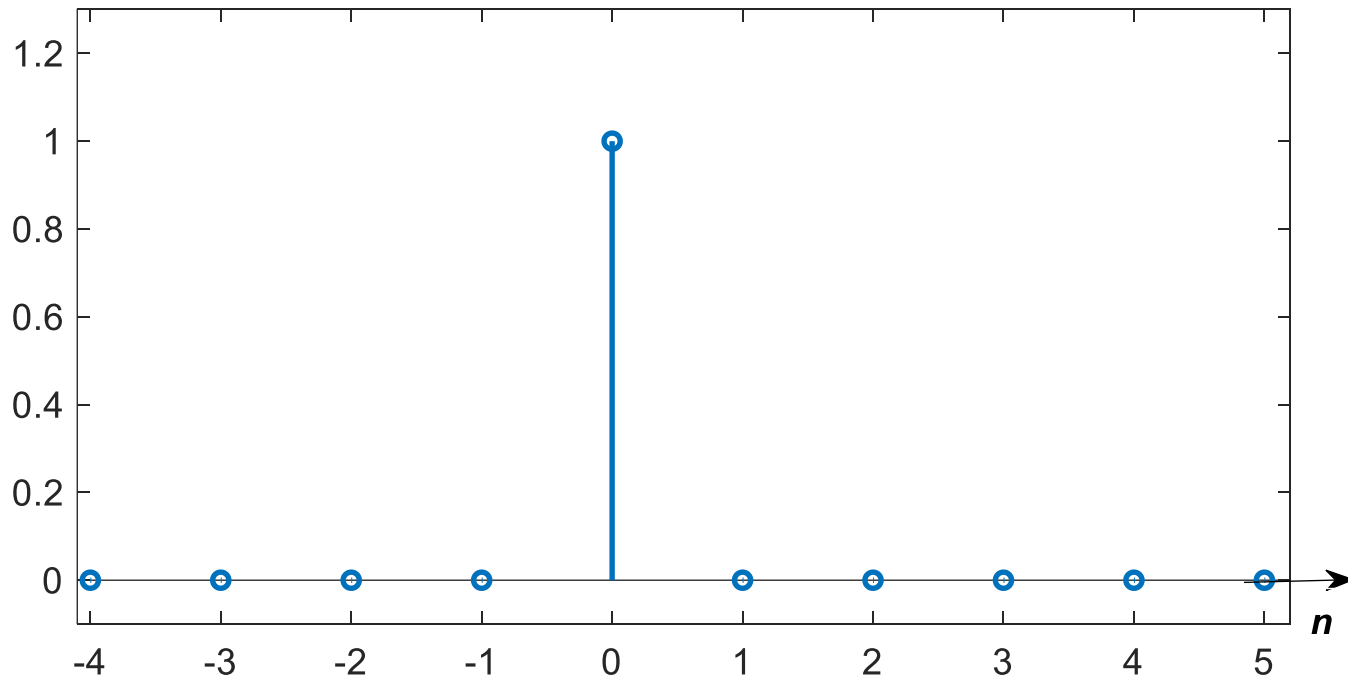
Sygnał o skończonym czasie trwania



Sygnał ciągły o skończonym czasie trwania

Klasyfikacja sygnałów

Sygnał *dyskretny* o skończonym czasie trwania
– sygnał impulsowy – delta Kronecker



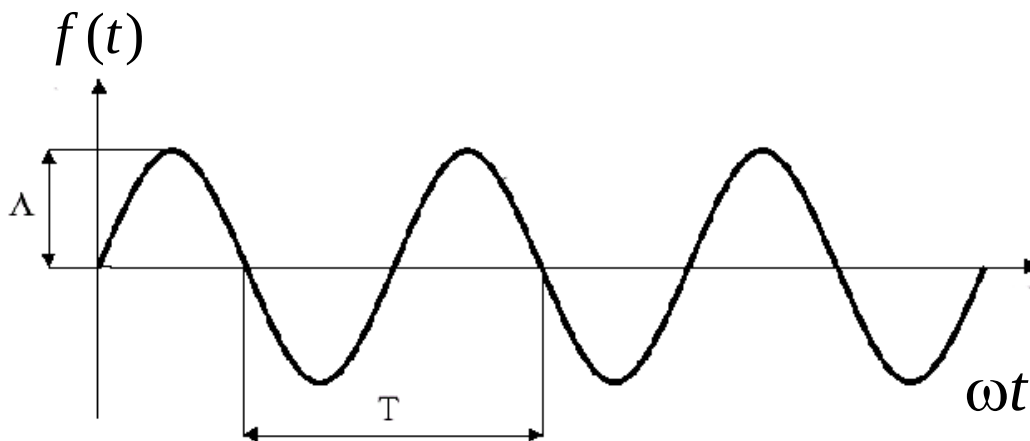
Delta Kronecker

Sygnały sinusoidalne

$$f(x, t) = A \sin(\omega t + kx) - \text{równanie falowe}$$

Dla $x = \text{const}$

$$f(t) = A \sin(\omega t + \varphi) - \text{sygnał sinusoidalny}$$



φ - faza początkowa

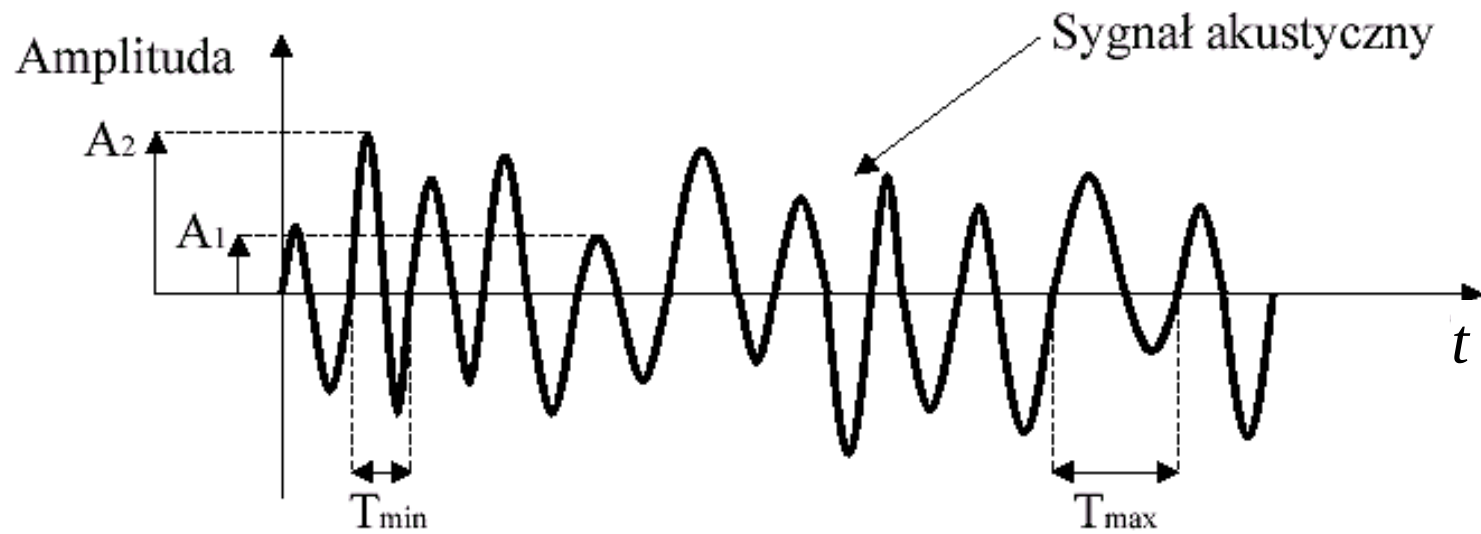
$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} - \text{pulsacja}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} - \text{wektor falowy}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} - \text{Długość fali}$$

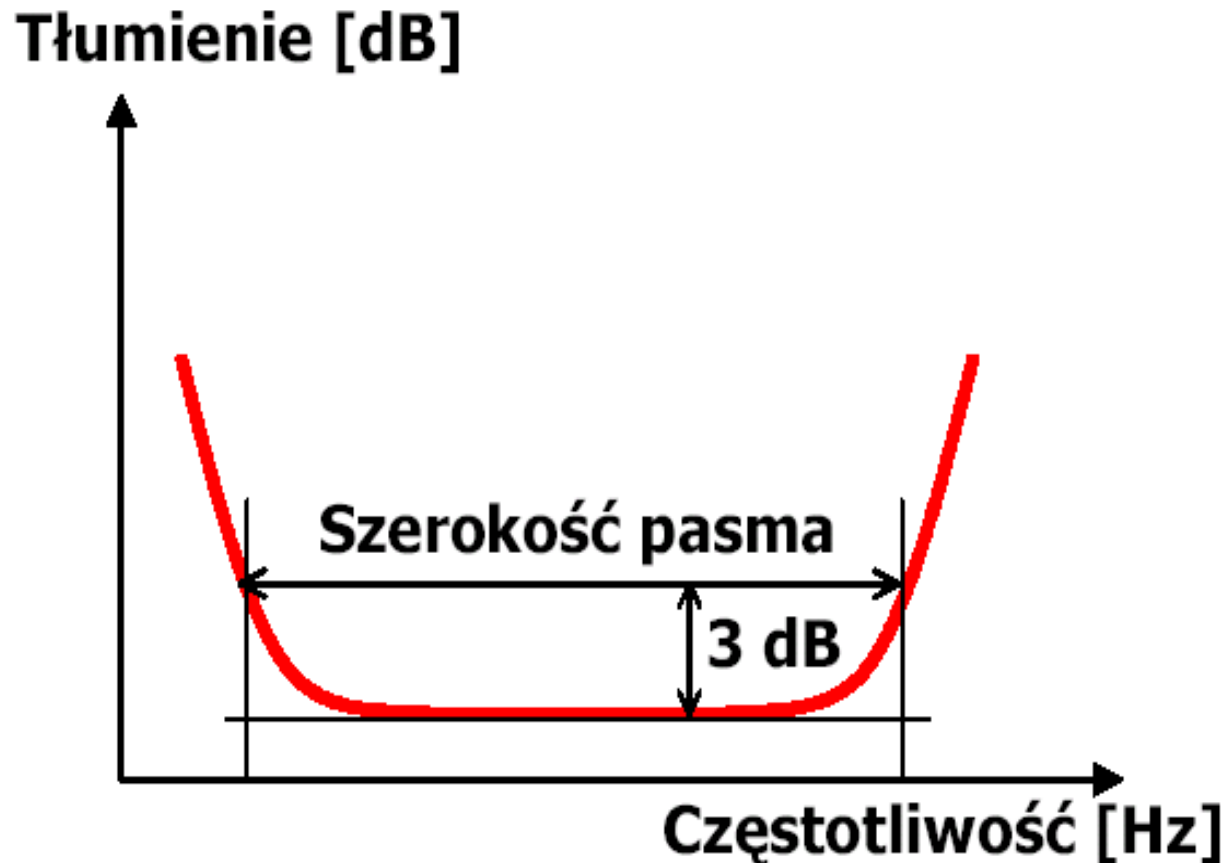
$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 300 \frac{\text{m}}{\mu\text{s}}$$

Dynamika i pasmo sygnału



$$\begin{array}{ll}
 \text{Dynamika} & D = \frac{A_2}{A_1} \\
 \text{Pasma} & \Delta f = f_{\max} - f_{\min} \quad [Hz] \\
 & f_{\max} = \frac{1}{T_{\min}} \qquad f_{\min} = \frac{1}{T_{\max}}
 \end{array}$$

Definicja szerokości pasma sygnałów



Własności sygnału sinusoidalnego

$$x = A \sin(\theta) \Rightarrow x(t) = A \sin[\theta(t)]$$

$$x(t) = A \sin(2\pi f_0 t + \phi) = A \sin(\omega_0 t + \phi)$$

$$\omega_0 = 2\pi f_0 \quad \theta(t) = 2\pi f_0 t + \phi = \omega_0 t + \phi$$

$$\cos(\theta) = \sin(\theta + \pi / 2)$$

$$\sin(\theta) = \cos(\theta - \pi / 2)$$

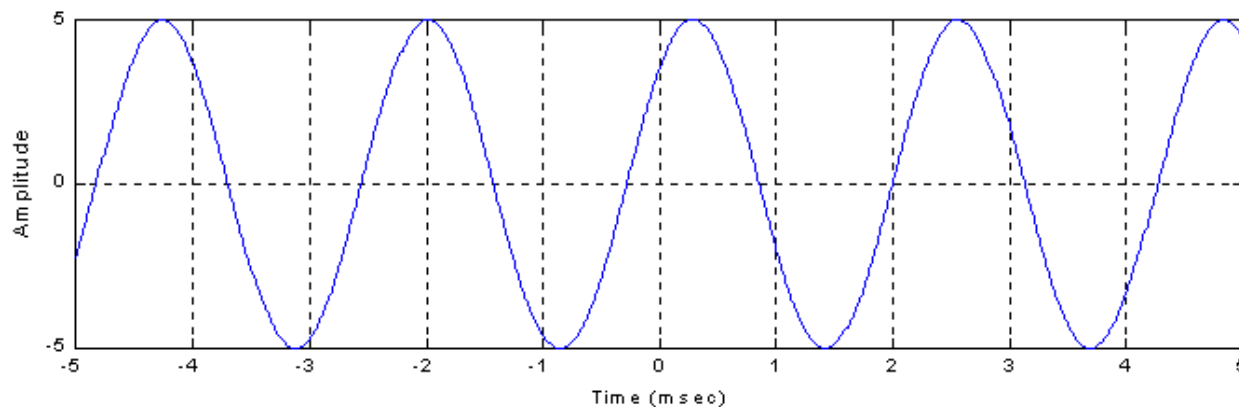
SYGNAŁY I SYSTEMY

Sygnały okresowe o różnych częstotliwościach

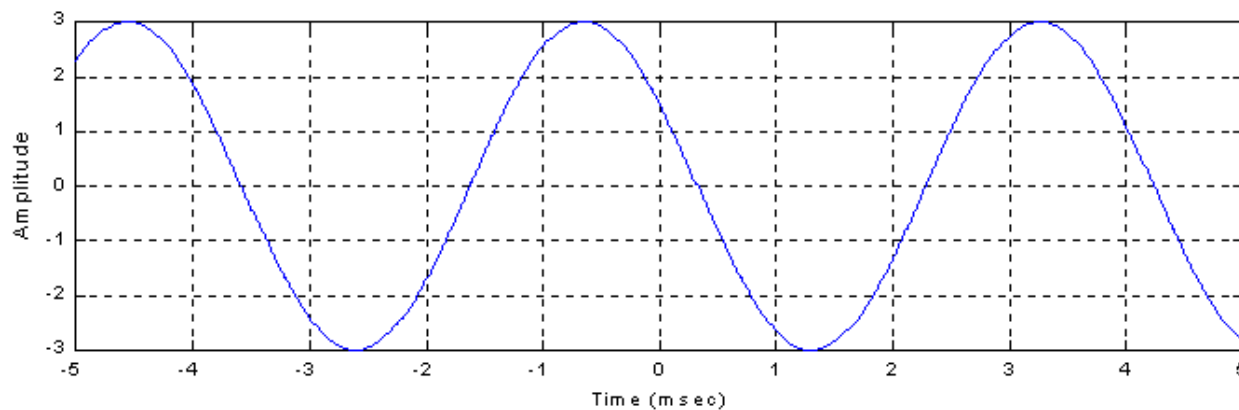
$$x_1(t) = 5\cos(2\pi \cdot 440 \cdot t - \pi / 4)$$

$$x_2(t) = 3\cos(2\pi \cdot 256 \cdot t + \pi / 3)$$

$$x_1(t) = 5 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot 440 \cdot t - \pi / 4)$$

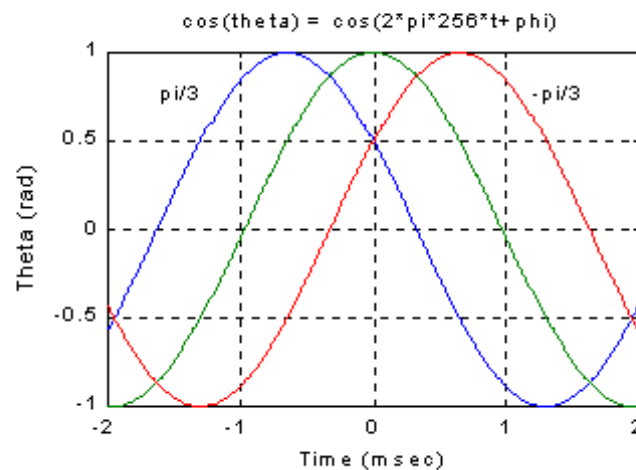
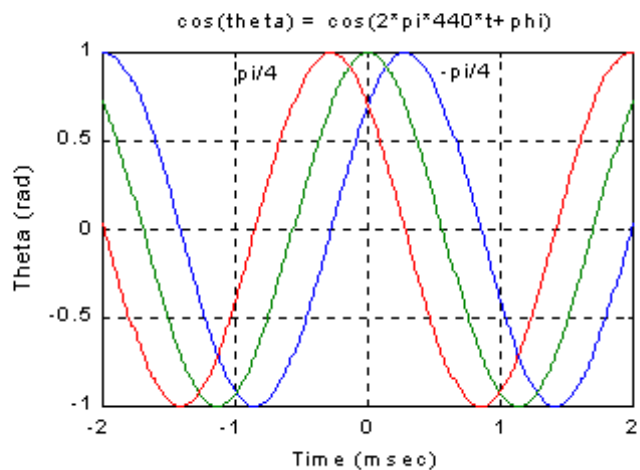
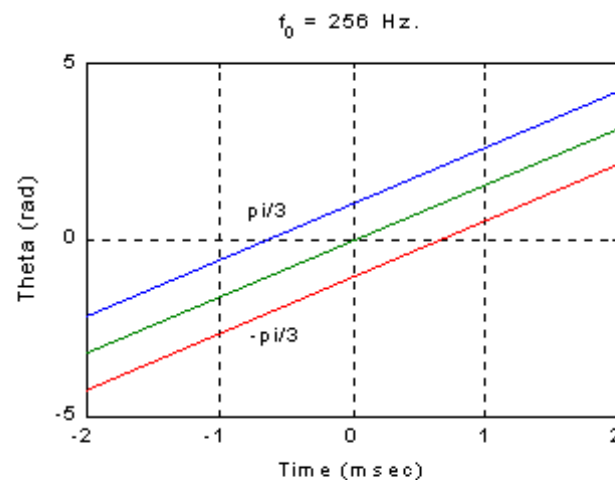
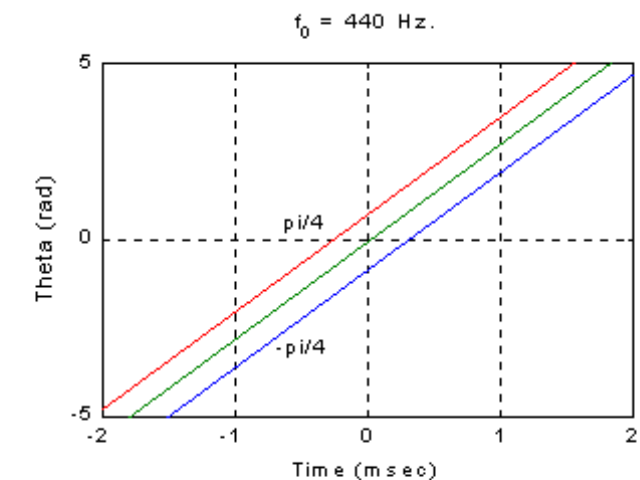


$$x_2(t) = 3 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot 256 \cdot t + \pi / 3)$$



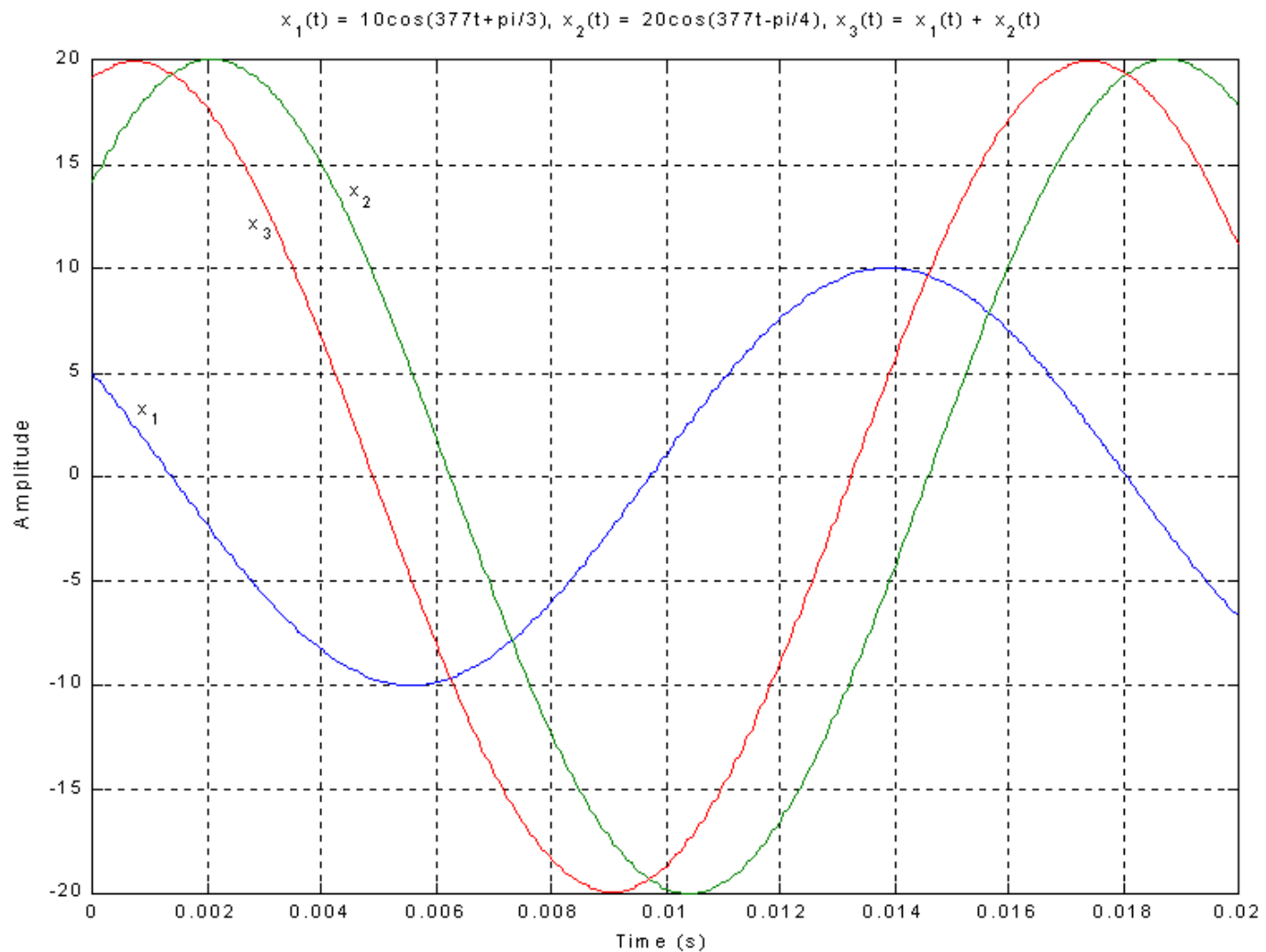
SYGNAŁY I SYSTEMY

Sygnały okresowe – przesunięcie fazowe



SYGNAŁY I SYSTEMY

Suma sygnałów okresowych o tej samej częstotliwości



Systemy

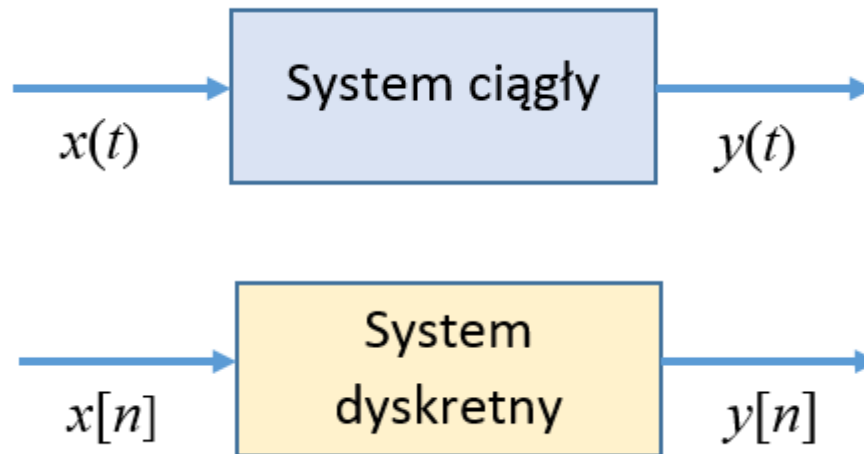
System to obiekt fizyczny lub abstrakcyjny, w którym można wyodrębnić zespół elementów wzajemnie powiązanych w układy oraz realizujący jako całość funkcję nadrzędną)¹

Systemy mogą służyć do wyjaśnienia zjawisk fizycznych i badać występujące w nich związki przyczynowo-skutkowe.

- Systemy jako modele rozważanych zjawisk
- W systemach przyczyna jest reprezentowana przez sygnał wejściowy a skutek jest reprezentowany przez sygnał wyjściowy (odpowieź systemu)

Systemy

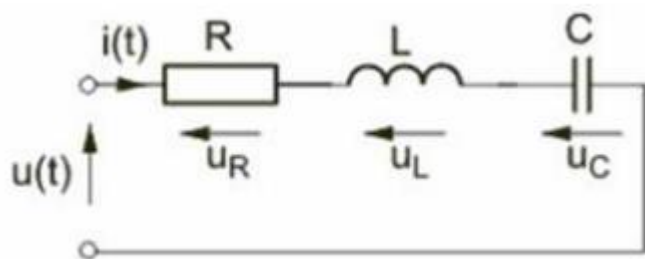
- W większości przypadków systemy rozpatruje się z punktu widzenia sygnałów wejściowych i wyjściowych
 - System odpowiada na zadany sygnał wejściowy jednym lub więcej sygnałami wyjściowymi
- Systemy możemy podzielić na ciągłe i dyskretne.



Systemy

Szeroka klasa systemów może być reprezentowana przez *równania różniczkowe* (czas ciągły) bądź *różnicowe* (czas dyskretny)

Obwód RLC jako przykład systemu ciągłego



Obwód RLC można opisać równaniem różniczkowym

$$\frac{d^2 u_C(t)}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{LC} u_C(t) = u(t)$$

Systemy

Przykład:

System dyskretny II rzędu można opisać równanie różnicowym gdzie $y[n]$ to odpowiedź systemu:

$$y[n] - 0,75 y[n-1] + 0,125 y[n-2] = 3x[n]$$

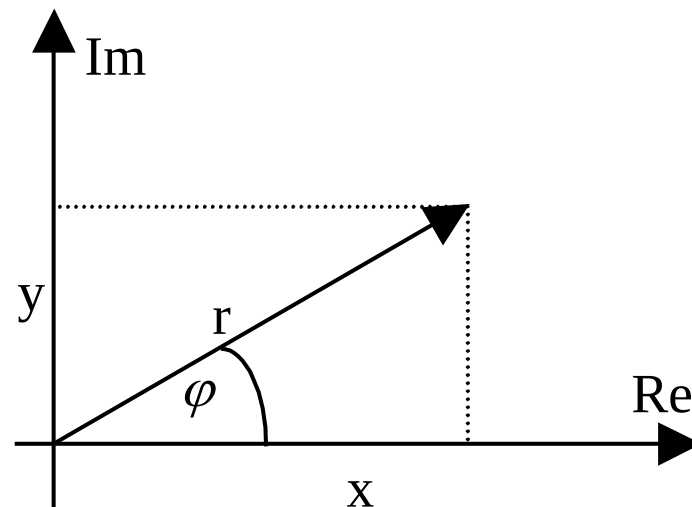
Podstawowe własności liczb zespolonych

$$z = x + jy \quad \operatorname{Re}[z] = x \quad \operatorname{Im}[z] = y \quad j = \sqrt{-1}$$

$$|z| = r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$z = re^{j\varphi} = r \cos \varphi + jr \sin \varphi$$

$$\begin{cases} x = r \cos \varphi & y = r \sin \varphi \\ \varphi = \arctan \left(\frac{y}{x} \right) \end{cases}$$



Dodawanie i odejmowanie liczb zespolonych

$$z_3 = z_1 + z_2 = (x_1 + x_2) + j(y_1 + y_2)$$

Mnożenie liczb zespolonych

$$z_5 = z_1 \cdot z_2 = (r_1 \cdot r_2) e^{j(\varphi_1 + \varphi_2)}$$

Dzielenie liczb zespolonych

$$z_6 = \frac{z_1}{z_2} = \left(\frac{r_1}{r_2} \right) e^{j(\varphi_1 - \varphi_2)}$$

Pierwiastek kwadratowy z liczby zespolonej

$$\sqrt{z} = \sqrt{x + jy} = a + jb \quad \begin{cases} a^2 - b^2 = x \\ 2ab = y \end{cases}$$
$$(a + jb)(a + jb) = x + jy$$