

## 1. Wstępne wiadomości

- podstawy elektrotechniki i teoria obwodów
- metody pomiarowe i podstawowy miernictwa
- elementy półprzewodnikowe

### 1.1 Istotne etapy rozwoju elektroniki

Na rozwój elektroniki wpływ miało wprowadzenie właściwości materiałów:

- **1949** – wynalezienie tranzystora bipolarnego dwuzłączowego
- **1961** – wprowadzenie układów scalonych w microelektronice
- **1971** – wprowadzenie pierwszych mikroprocesorów

### 1.2 Wielkości fizyczne i jednostki stosowane w elektronice

Wielkością fizyczną nazywamy cechę zjawiska fizycznego lub własność ciała, którą możemy zmierzyć. Zbiór wielkości fizycznych nazywamy układem wielkości.

- podstawowe – niezależne od innych, pierwotne
- pochodne – określone w zależności od wielkości podstawowej

Zbiór wartości podstawowych SI:

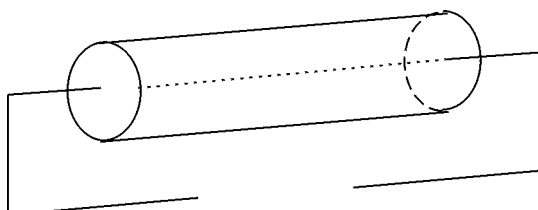
m	metr	jednostka długości lub odległości
kg	kilogram	jednostka masy
s	sekunda	jednostka czasu
A	Amper	jednostka natężenia
K	Kelwin	jednostka temperatury
mol	mol	jednostka liczności materii
Cd	Candela	jednostka światła

$$1C = 1A * 1s$$

G	giga	$10^9$
M	mega	$10^6$
K	kilo	$10^3$
p	piko	$10^{-12}$
n	nano	$10^{-9}$
$\mu$	mikro	$10^{-6}$
m	mili	$10^{-3}$

### 1.3 Zjawisko prądu elektrycznego

Zjawisko fizyczne polegające na uporządkowanym ruchu ładunków elektrycznych przez przekrój poprzeczny ciała przewodzącego.



przewodniki I rodzaju – nie ulegają zmianom chemicznym: metale i ich stopy, węgiel  
przewodniki II rodzaju – ulegają zmianom chemicznym: elektrolity

*Miara przepływu prądu* – liczba elektronów swobodnych przypadających na jednostkę powierzchni materiału (konduktywność właściwa lub przewodność właściwa). Przewodniki charakteryzują się dużą liczbą elektronów swobodnych.

#### 1.4 Ruch cząstek materialnych

a wraz z nim ładunków elektrycznych, powoduje w przestrzeni otaczającej te cząstki występowanie pola elektrycznego. Na ładunki elektryczne działa tam siła.

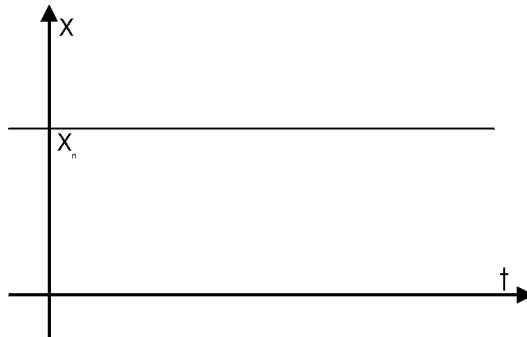
Polem elektrostatycznym nazywamy pole elektryczne w otoczeniu ładunków elektrycznych nieruchomych. Na podtrzymanie takiego pola nie potrzeba energii, jest ona potrzebna jedynie do jego wytworzenia.

Polem elektrycznym stacjonarnym, nazywamy pole elektryczne występujące w przewodach, gdzie płynie prąd stały. Na podtrzymanie tego pola potrzeba energii, której część traci się przy przepływie prądu na rzecz wypromieniowania ciepła.

#### 1.5 Sygnały elektryczne.

- Ładunek elektryczny  $q(t) = q$        $Q$  – ładunek zgromadzony
- Strumień magnetyczny  $\psi(t)$
- Napięcie  $u(t)$
- Prąd  $i(t)$

Za model matematyczny sygnału uznajemy funkcje w czasie:

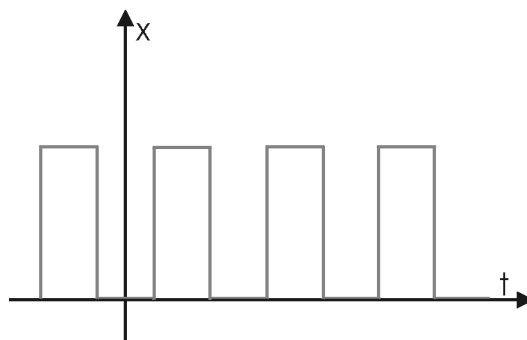


Dziedziny sygnałów:  $-\infty \rightarrow \infty$        $t \in (-\infty, \infty)$   
 $0 \rightarrow \infty$        $t \in (0, \infty)$

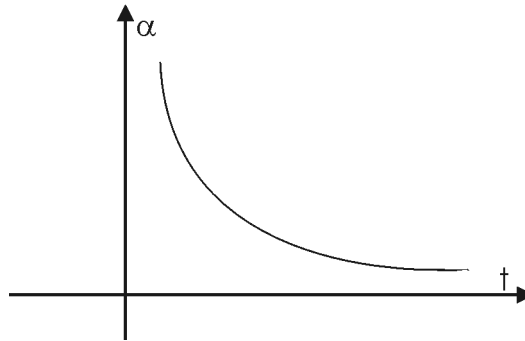
Zmienne: okresowe i nieokresowe

$x(t) = f(t)$

Dziedziny sygnałów sinusoidalnych: zespolone

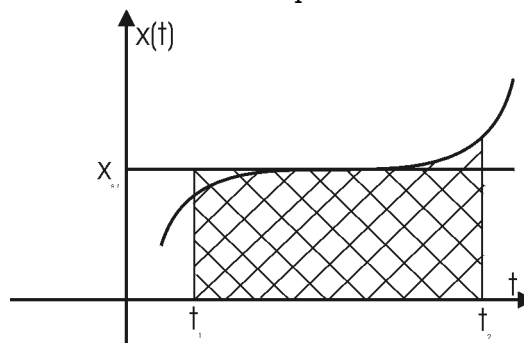


funkcja nieokresowa  $(0, \infty)$   
 $x(t) = x_0 e^{-\alpha t}$



### WARTOŚĆ ŚREDNIA SYGNAŁU W OKREŚLONYM PRZEDZIALE CZASU

$$x_{sr} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} x(t) dt$$



$$x_{sr} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} x(t) dt$$

$$x(t) = x_{sr} \cos(\omega t + \varphi)$$

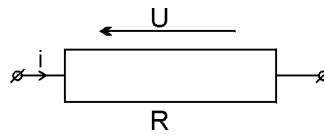
wartość średnia za okres funkcji sinusoidalnej jest równa 0 !!!

### WARTOŚĆ SKUTECZNA SYGNAŁU

$$x_{sk} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} x^2(t) dt} \quad \text{ma interpretację energetyczną}$$

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

## 1.6 Moc i energia



$$U = R \cdot I$$

### MOC CHWILOWA WYDZIELONA W ELEMENCIE

$$p(t) = u(t) \cdot i(t)$$

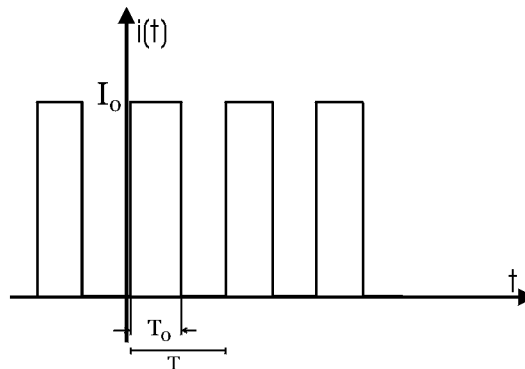
$$1W = 1V \cdot 1A$$

$$P_{sr}(t_1, t_2) = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt \quad \text{moc średnia}$$

$$P_{cz} = P_{sr}(t_0, t_0 + T) = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0 + T} p(t) dt \quad \text{moc czynna}$$

$$E(t_2, t_1) = \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt \quad \text{energia}$$

Okres dla przebiegów:  $\Delta t = t_2 - t_1 = T$



$$i(t) = \begin{cases} I_0 & t \in (0, T_0) \\ 0 & t \in (T_0, T) \end{cases}$$

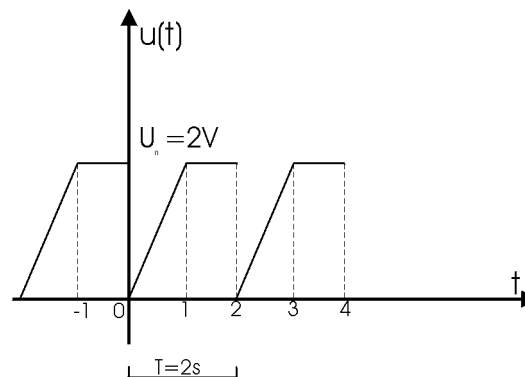
$$I_{sr} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{T_0} I_0 dt = \frac{I_0}{T} \int_0^{T_0} dt = \frac{I_0}{T} \int_0^T dt = \frac{I_0 T_0}{T} \quad \text{natężenie średnie}$$

$$\tau = \frac{T_0}{T} \quad I_{sr} = I_0 \tau$$

$$I_{sk} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} = I_0 \sqrt{\frac{T_0}{T}} = I_0 \sqrt{\tau} \quad \text{natężenie skuteczne}$$

$$p(t) = u \cdot i = R^2 \cdot I$$

$$P_{cz} = \frac{1}{T} \int_0^T R \cdot i^2 dt = R \left( \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt \right) = R I_{sk}^2 \quad \text{moc czynna}$$

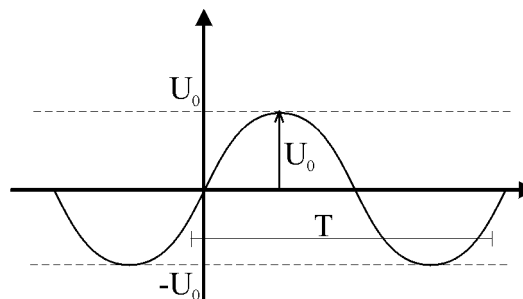


$$u(t) = \begin{cases} \frac{U_0}{T_0} t & t \in (0, T_0) \\ U_0 & t \in T \end{cases}$$

$$U_{sr} = \frac{1}{T} \left[ \int_0^{T_0} \frac{U_0}{T_0} t dt + \int_{T_0}^T U_0 dt \right] = \frac{1}{T} \left[ \frac{U_0}{T_0} \cdot \frac{t^2}{2} \Big|_0^{T_0} + U_0 t \Big|_{T_0}^T \right] = \frac{1}{T} \left( \frac{U_0}{T_0} \frac{T_0^2}{2} + U_0 (T - T_0) \right)$$

Odnosnie przykladu:  $U_{sr} = \frac{2}{2} \left( \frac{1}{2} + 1 \right) = \frac{3}{2} V$

$U_{sk} = U_m \sin(\omega t + \varphi)$        $\omega = \frac{2\pi}{T}$        $U_m$  – amplituda



## 2. Modelowanie zjawisk elektrycznych

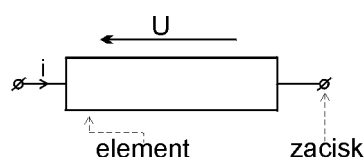
- Ograniczenie cechy fizycznej elementu do punktu materialnego (pomijamy wymiary)
- Czas propagacji wymuszeń = 0, zaburzenie we wszystkich miejscach jednocześnie

### 2.1 Element i obwód

**Element** – najmniejsza część składowa obwodu, niepodzielna pod względem funkcjonalnym

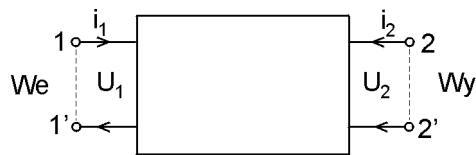
- Elementy źródłowe – dostarczają energię do obwodu
- Elementy odbiorcze – pozostałe

Posiada skończoną liczbę obszarów, poprzez które łączymy je z innymi elementami – zaciski  
Dwa zaciski to dwójnik.

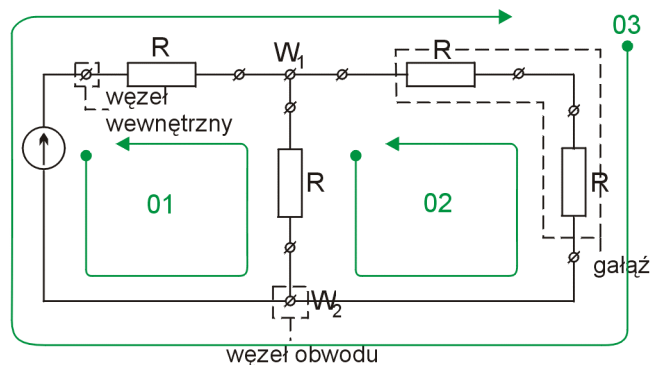


Relacja  $i$  z  $u$  to równanie dwójnikowe

$U=f(i)$  lub  $i=\varphi(u)$



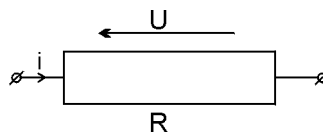
Obwód powstanie wtedy gdy uzyskamy przynajmniej jedną drogę zamkniętą.  
Układ zawiera więcej niż jedną drogę zamkniętą.



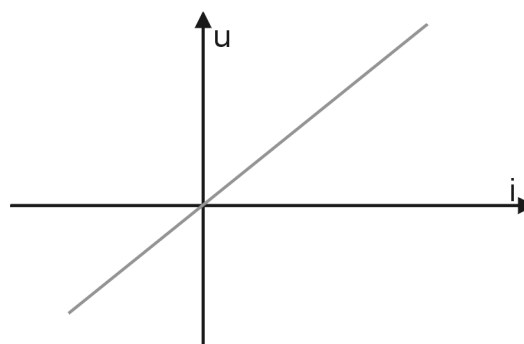
## 2.2 Podstawowe modele zjawisk w obwodach

- Zmiana energii elektrycznej na inny rodzaj energii (opór)
- Zjawisko koncentracji pola elektrycznego w pewnej przestrzeni (pojemność)
- Koncentracja pola magnetycznego i przechowywanie energii (indukcja)

### 2.2.1 Opór elektryczny



Opór – element dwuzaciskowy, na którego zaciskach występuje napięcie i prąd



Model oporu liniowego (idealny) ...

$$i = \frac{1}{R} \cdot u = G \cdot u$$

$$G = \frac{i}{u} [1s]$$

G [Siemens] – przewodność