

# Elementy skupione a elementy rozłożone

## Teoria obwodów...

... jest przybliżeniem teorii pola elektromagnetycznego (EM).

- elementy *skupione* – wyodrębniamy fragment przestrzeni i traktujemy go jako „czarną skrzynkę”, tzn. nie wnikamy, co dzieje się wewnątrz, natomiast zakładamy, że element kontaktuje się ze światem zewnętrznym *wyłącznie* za pomocą końcówek (zacisków)
- *skupiamy* się na jednej, wybranej wielkości fizycznej, np. na polu elektrycznym, polu magnetycznym, stratach ciepła
- rozmiary znacznie mniejsze od długości fali EM

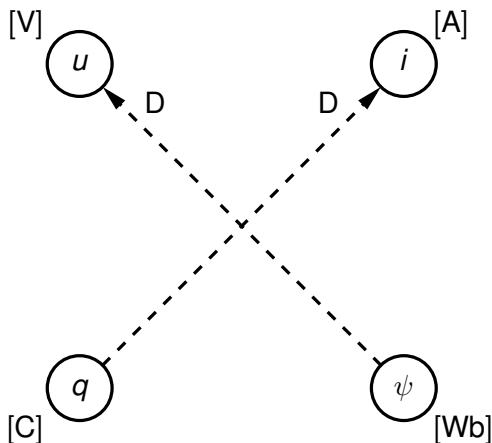
zastosowanie	$f$	$\lambda/100$
sieć energetyczna	50Hz	60km
sygnały akustyczne	15kHz	200m
radio FM	100MHz	3cm
rdzeń procesora	3GHz	1mm

# Elementy skupione – postulaty

- ❶ Pole magnetyczne „wychodzące” na zewnątrz elementu jest stałe.
  - Pole elektryczne wokół elementu (pochodzące od niego) jest potencjalne  $\implies$  możemy jednoznacznie zdefiniować napięcie między końcówkami elementu (*na elemencie*).
- ❷ Ładunek elektryczny „wewnątrz” elementu jest stały.
  - Możemy jednoznacznie zdefiniować prądy płynące *przez* poszczególne końcówki elementu.
- ❸ Wszystkie zmiany pól EM wewnątrz elementu zachodzą „równocześnie” w każdym jego miejscu.
  - Element opisywany jest funkcjami wyłącznie czasu  $t$  – jego równania nie zawierają zmiennych przestrzennych  $x, y, z$ .

element rzeczywisty	element obwodowy
opornik (rezystor)	opór
kondensator	pojemność
cewka (zwojnica)	indukcyjność

# Podstawowe wielkości elektryczne



- napięcie  $u$
- prąd  $i$
- ładunek elektryczny  $q$
- strumień skojarzony (magnetyczny lub abstrakcyjny)  $\psi$

Operator – przekształca funkcję (czasu) w inną funkcję (czasu).

Operator różniczkowy – przekształca funkcję (czasu) w jej pochodną (po czasie):

$$D \stackrel{\text{ozn.}}{=} \frac{d}{dt}$$

# Konwencje oznaczeń

Wszystkie wielkości elektryczne traktujemy jako funkcje czasu – *przebiegi* (czasowe) lub *sygnały* i oznaczamy je *małymi* literami:

$$u = u(t)$$

Wielkości elektryczne *stałe* w czasie oznaczamy *dużymi* literami:

$$u(t) = U = \text{const}$$

*Dużymi* literami oznaczamy także (niezmiennicze w czasie) *parametry* przebiegów będące wielkościami elektrycznymi:

$$u(t) = U_m \cos(\omega t + \phi)$$

Powyżej: *sygnał* (ko)sinusoidalny, *przebieg* napięcia.

# Konwencje strzałkowania

## Napięcie

Strzałka napięcia *dodatniego* pokazuje punkt o wyższym potencjale.

## Prąd

Strzałka prądu *dodatniego* pokazuje kierunek ruchu umownych ładunków dodatnich.

Standardowe strzałkowanie:

- elementy pasywne – strzałki napięcia i prądu przeciwne
- źródła napięcia/prądu – strzałki napięcia i prądu zgodne

Niestandardowe strzałkowanie – nie przejmujemy się – po prostu zmienia się równanie elementu (pojawia się minus).

# Obwody a obwody skupione

## Obwód ( $\leq$ układ $\leq$ sieć)...

... powstaje przez połączenie końcówek elementów skupionych za pomocą idealnych przewodów.

## Węzeł (obszar ekwipotencjalny)...

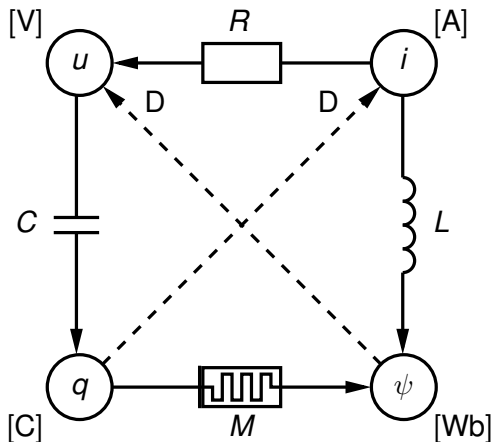
... tworzą połączone za pomocą idealnych przewodów końcówki (wraz z tymi przewodami).

## Obwód skupiony...

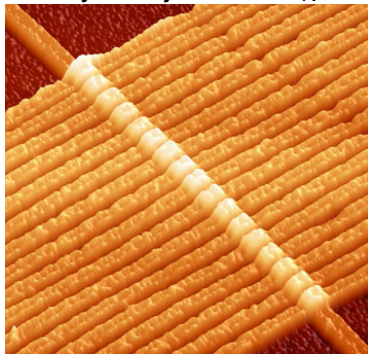
... jest to obwód na tyle mały, że można przyjąć, iż w jego obrębie propagacja fali EM jest natychmiastowa (rozmiar  $\ll \lambda$ ). Obwód taki nie promieniuje energii fali EM w przestrzeń.

Obwód SLS – skupiony liniowy i niezmienniczy w czasie (stacjonarny)  $\implies$  równania różniczkowe zwyczajne, liniowe o stałych współczynnikach.

# Podstawowe elementy dwukońcówkowe (dwójniki)



- opór  $R$  lub  $R_N$
- pojemność  $C$  lub  $C_N$
- indukcyjność  $L$  lub  $L_N$
- memrystancja  $M$  lub  $M_N$



<http://www.spectrum.ieee.org/dec08/7024>