



# Komputerowe Projektowanie Układów Elektronicznych

Materiały wykładowe  
dla kursu 16h

Adam Olszewski

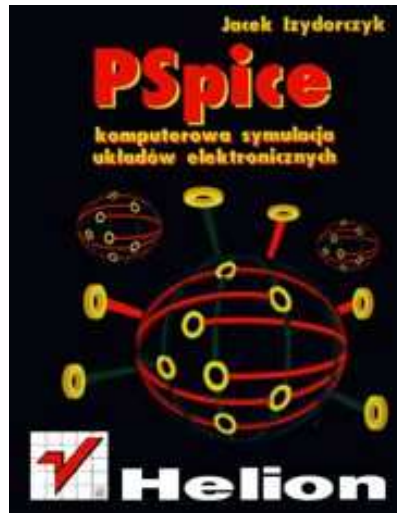
# Plan semestru – wykład

strona przedmiotu:

<http://neo.dmcs.p.lodz.pl/kpuesz>

- 16 godzin wykładu
  - rozłożone na 4 spotkania
  - kończą się egzaminem

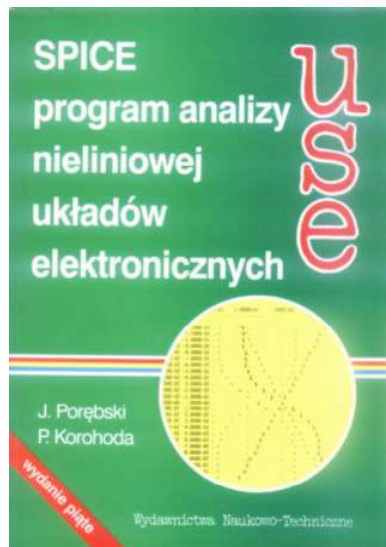
# Literatura - podstawowa



Izydorzyc J.:

*Pspice – komputerowa symulacja układów elektronicznych*

wersja elektroniczna dostępna za darmo

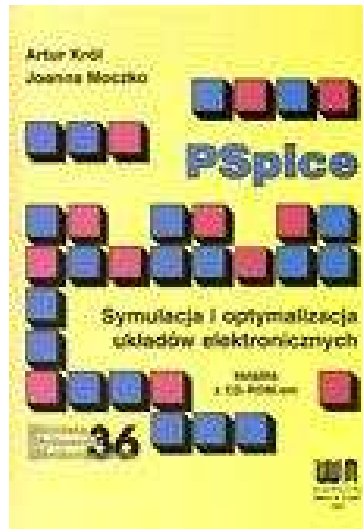


Porębski J., Korohoda P.:

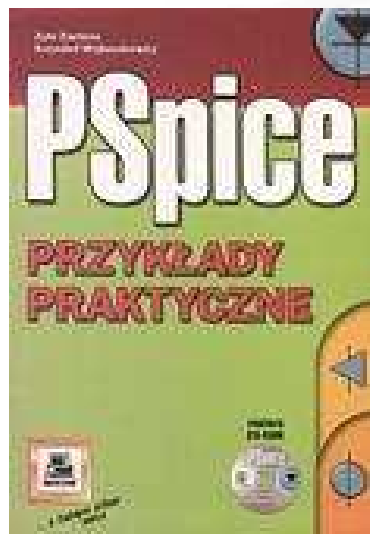
*SPICE program analizy nieliniowej układów elektronicznych*

WNT, 1996r.

# Literatura - podstawowa



Król A., Moczko J.:  
*Pspice – symulacja i optymalizacja  
układów elektronicznych*



Król A., Moczko J.:  
*Pspice – przykłady praktyczne*

# Pspice.com

SPICE – Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis

<http://www.pspice.com>

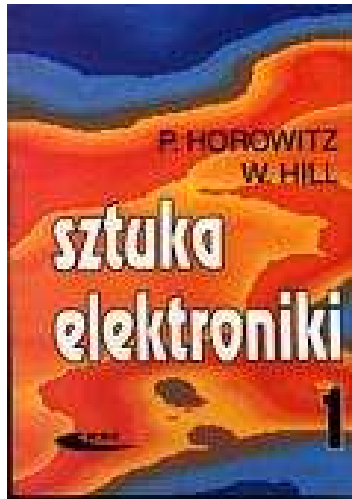
**PSpice.com**  
design community in action

<http://www.cadencepcb.com/products/downloads/PSpicestudent>

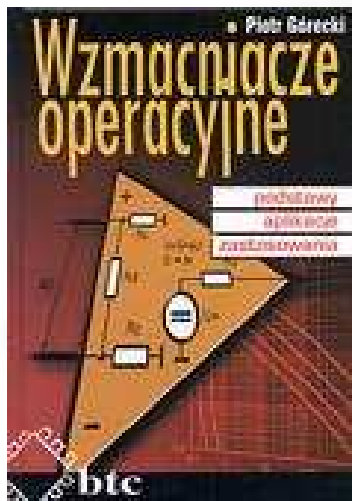
<http://www.aboutspice.com/>



# Literatura - uzupełniająca



Horowitz P., Hill W.:  
*Sztuka elektroniki* WKŁ, 1996 r.



Górecki P.:  
*Wzmacniacze operacyjne – podstawy, aplikacje, zastosowania* BTC, 2002 r.



# Cel stosowania programów symulacyjnych

- możliwość analizy dużych obwodów w krótkim czasie
- łatwość stosowania analizy nieliniowej
- łatwość drogi zmień-przeanalizuj
- możliwość stosowania skomplikowanych modeli
- dostępność modeli wielu rzeczywistych elementów
- łatwość (od strony użytkownika) uwzględnienia wpływu dodatkowych czynników, np. temperatury
- wygodna, graficzna forma reprezentacji większości wyników

# Ograniczenia

- zbyt mało dobrych modeli
- problemy stosowanych algorytmów numerycznych (zbieżność, dokładność)
- nieuwzględnianie pewnych zjawisk (np. przesłuchu)
- rozwiązanie jest przybliżone



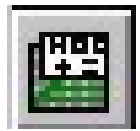
# Składniki pakietu MicroSim



- Schematics



- PSpice A/D



- Parts



- Probe



- Stimulus Editor



- TextEdit



# Projekt w MicroSim

## Plik wejściowy



- Schematics  
(\* .sch)



- TextEdit (\* .cir)



## Procesor graficzny



- Probe  
(\* .prb)

## Wykonanie obliczeń



- PSpice  
A/D  
\* .out - ASCII  
\* .dat - binary



# Elementy pliku wejściowego

## Opis topologii obwodu

- deklaracje elementów
  - pasywne
  - aktywne
  - modele
  - podobwody
- komendy
- komentarze

## Jak i co obliczyć?

- dyrektywy analiz

# Plik wejściowy



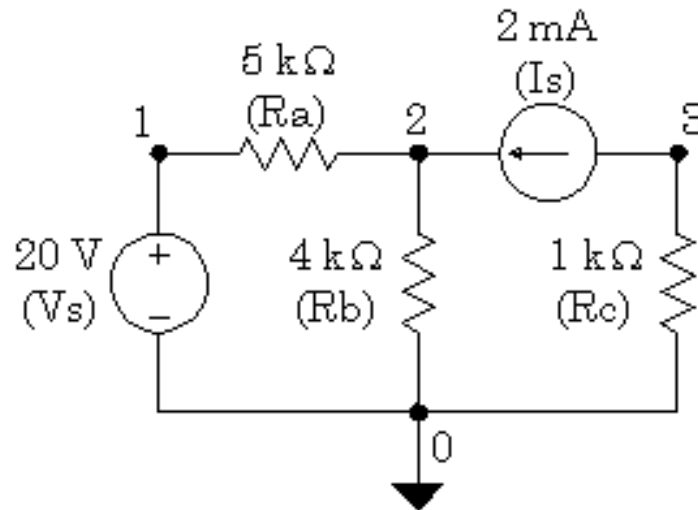
- Schematics



- TextEdit

- każdy obwód musi zawierać węzeł oznaczony 0
- każdy węzeł musi mieć stałoprądowe połączenie z węzłem 0
- nie może być oczek składających się jedynie ze źródeł napięciowych i indukcyjności
- nie może być węzła do którego podłączony jest tylko jeden element (wyjątek - węzeł podłoża)
- nie może być więcej niż jednego elementu o tej samej nazwie
- $Vbus = VBUS = vbus = vBuS$

# Przykładowy obwód



Opis obwodu przy pomocy schematu

Opis obwodu przy pomocy listy połączeń

Przykład\_1 przyklad01.CIR

Vs 1 0 DC 20.0V ; zwróć uwagę na kolejność węzłów

Ra 1 2 5.0k

Rb 2 0 4.0k

Rc 3 0 1.0k

Is 3 2 DC 2.0mA ; zwróć uwagę na kolejność węzłów

.END

# Komentarze

- Pierwsza linia jest ignorowana przez symulator – tytuł
- \* (gwiazdka) – rozpoczyna linię komentarza
- ; (średnik) – dla komentarzy dodawanych na końcu linii

## Przykład\_1 przyklad01.CIR

Vs 1 0 DC 20.0V ; zwróć uwagę na kolejność węzłów

Ra 1 2 5.0k

\*dowolny komentarz w tej linii

Rb 2 0 4.0k

Rc 3 0 1.0k

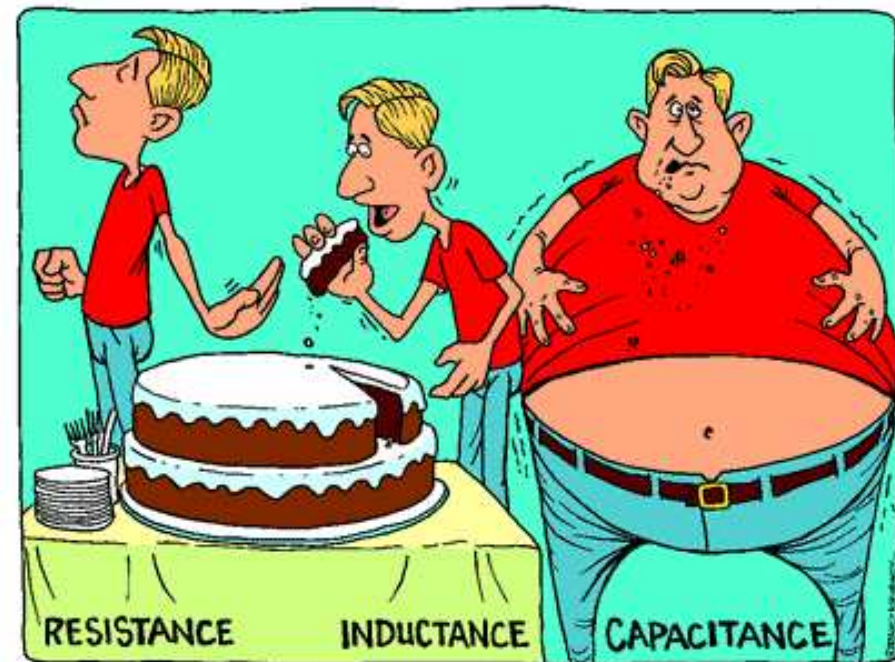
Is 3 2 DC 2.0mA ; zwróć uwagę na kolejność węzłów

.END



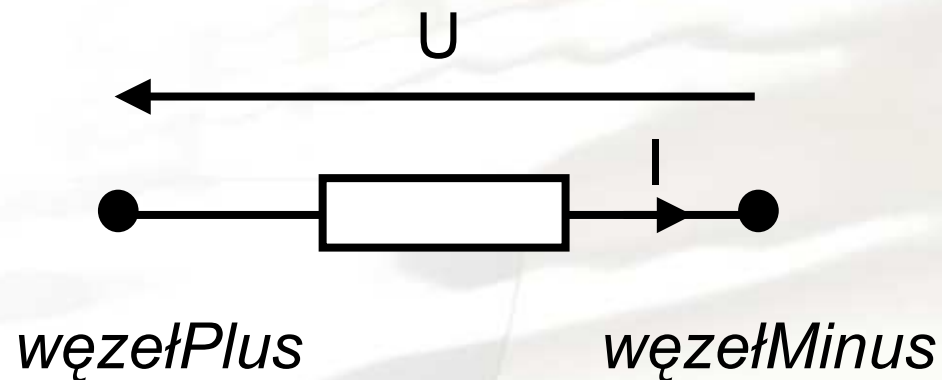
# Deklaracje podstawowych elementów

- rezystancja
- indukcyjność
- pojemność
- źródła niezależne i zależne



# Rezystancja liniowa

**R**<nazwa> <węzełPlus> <węzełMinus>  
+[nazwaModelu] <wartość> [**TC** = <TC1>  
[, <TC2>]]



$$\text{Rezystancja} = R \cdot [1 + \text{TC1} \cdot (T - T\text{-NOM}) + \text{TC2} \cdot (T - T\text{-NOM})^2]$$

# Rezystancja liniowa

## deklaracje równoważne:

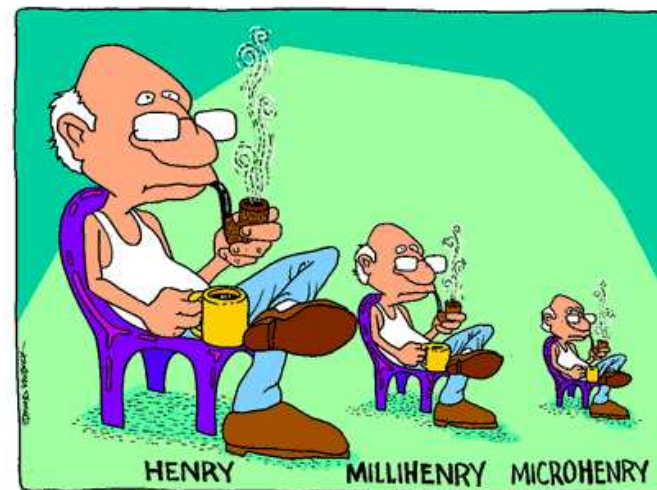
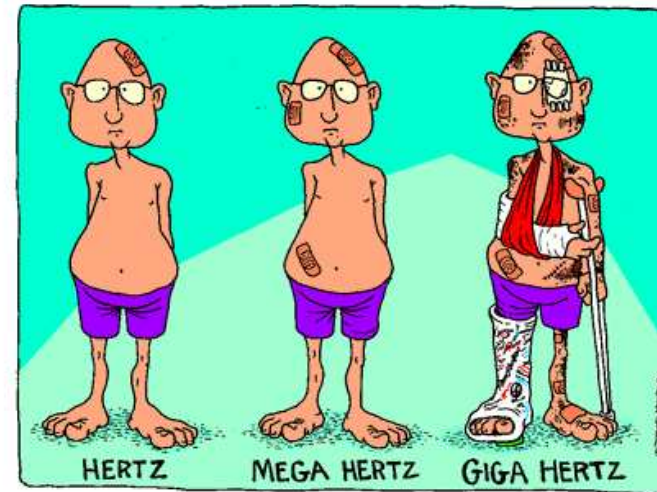
R1	1	7	1000Ohm
R1	1	7	1K
R1	1	7	1E3
R1	1	7	1kOhm

## błędne deklaracje:

R blad	1	2	100Ohm	
mojRezystor	1	5	100Ohm	
Rpierwszy	1	5	100Ohm	Rdrugi 2 5 10kOhm
Rpierwszy	1	5	100MEGOhm	

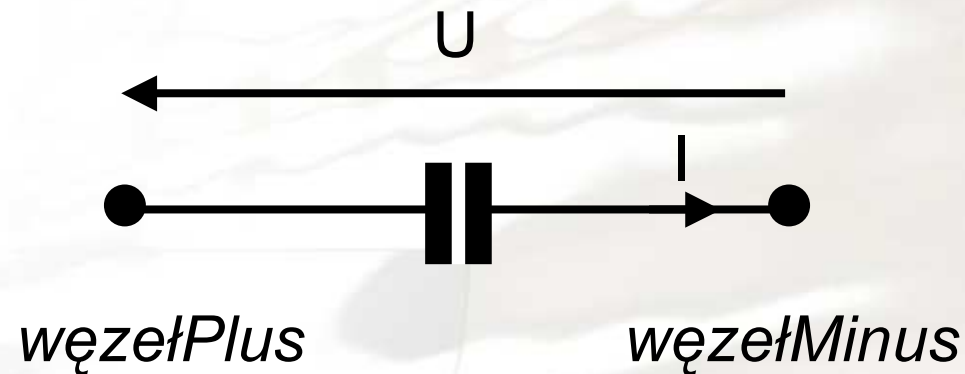
# Duże i małe liczby w PSpice

$10^{12}$	T, t	tera
$10^9$	G, g	giga
$10^6$	MEG	mega
$10^3$	K, k	kilo
$10^{-3}$	M, m	mili
$10^{-6}$	U, u	micro
$10^{-9}$	N, n	nano
$10^{-12}$	P, p	piko



# Pojemność liniowa (podstawy)

**C**<nazwa> <węzełPlus> <węzełMinus>  
<wartość> +<**IC**=Upoczątkowe>



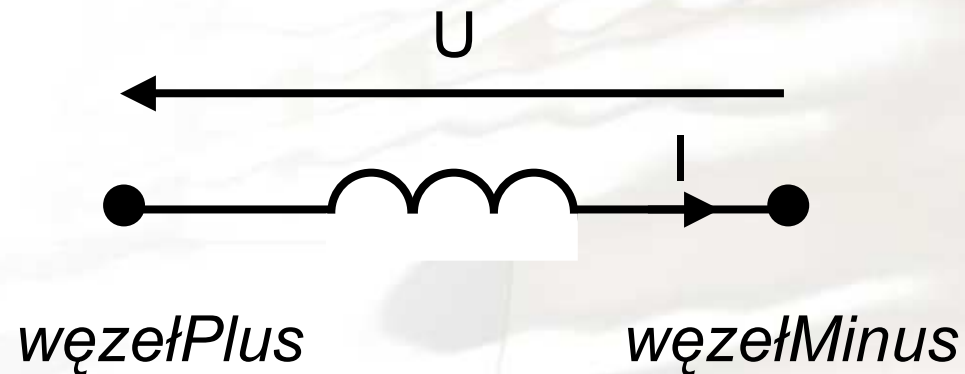
Przykłady:

C1	3	2	100pF	
C1	3	2	100pF	IC=0V
C1	3	2	100pF	IC=5kV



# Indukcyjność liniowa (podstawy)

**L**<nazwa> <węzełPlus> <węzełMinus>  
<wartość> +<**IC**=Ipoczątkowe>



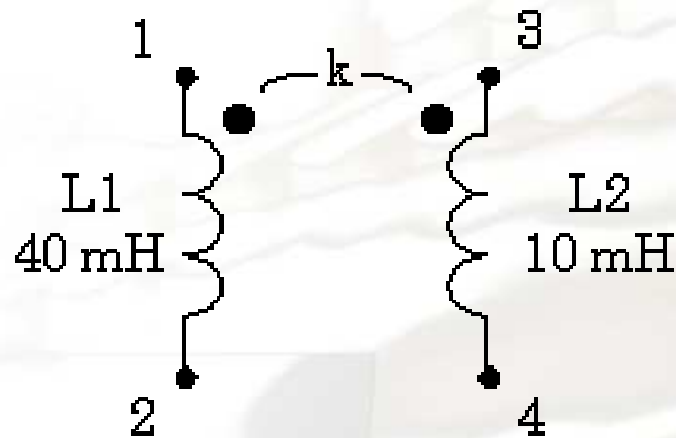
Przykłady:

L1	3	2	100mH	
L1	3	2	100mH	IC=0A
L1	3	2	100mH	IC=5mA



# Indukcyjność wzajemna (podstawy)

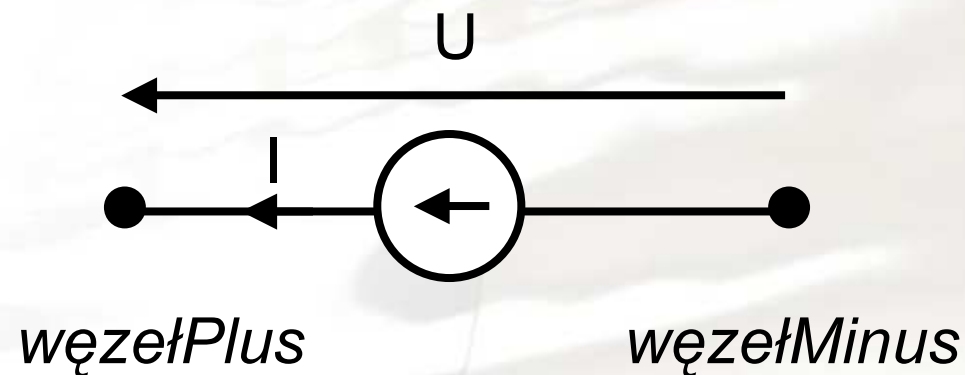
**K**<nazwa> **L**<nazwa> **L**<nazwa> <wartość>



```
*name node1 node2 inductance
L1 1 2 40mH
L2 3 4 10mH
*name ind1 ind2 k (comment line)
K12 L1 L2 0.8
```

# Niezależne źródło napięcia

**V**<nazwa> <węzełPlus> <węzełMinus>  
+<<**DC**> value> <**AC** magn <phase>>  
+<transSpec>



Przykłady:

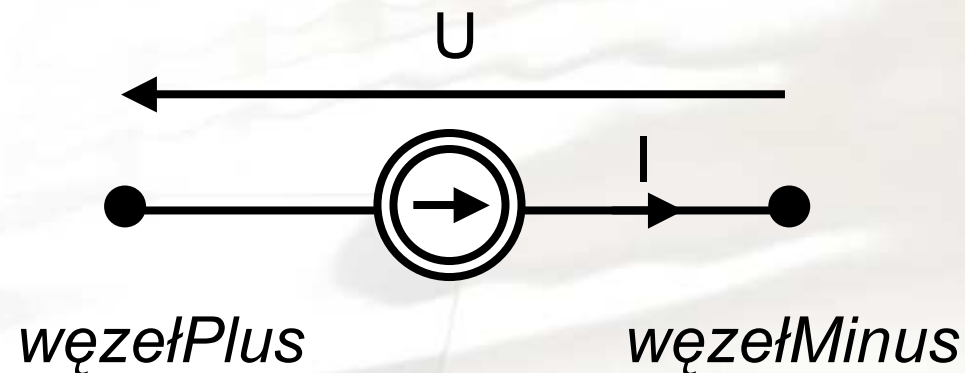
Vpierwsze      n1      n7      12.5V

Vpierwsze      n1      n7      DC      12.5V

Vpierwsze      n1      n7      DC      12.5V AC 0V

# Niezależne źródło prądu

**I**<nazwa> <węzełPlus> <węzełMinus>  
+<<**DC**> value> <**AC** magn <phase>>  
+<transSpec>

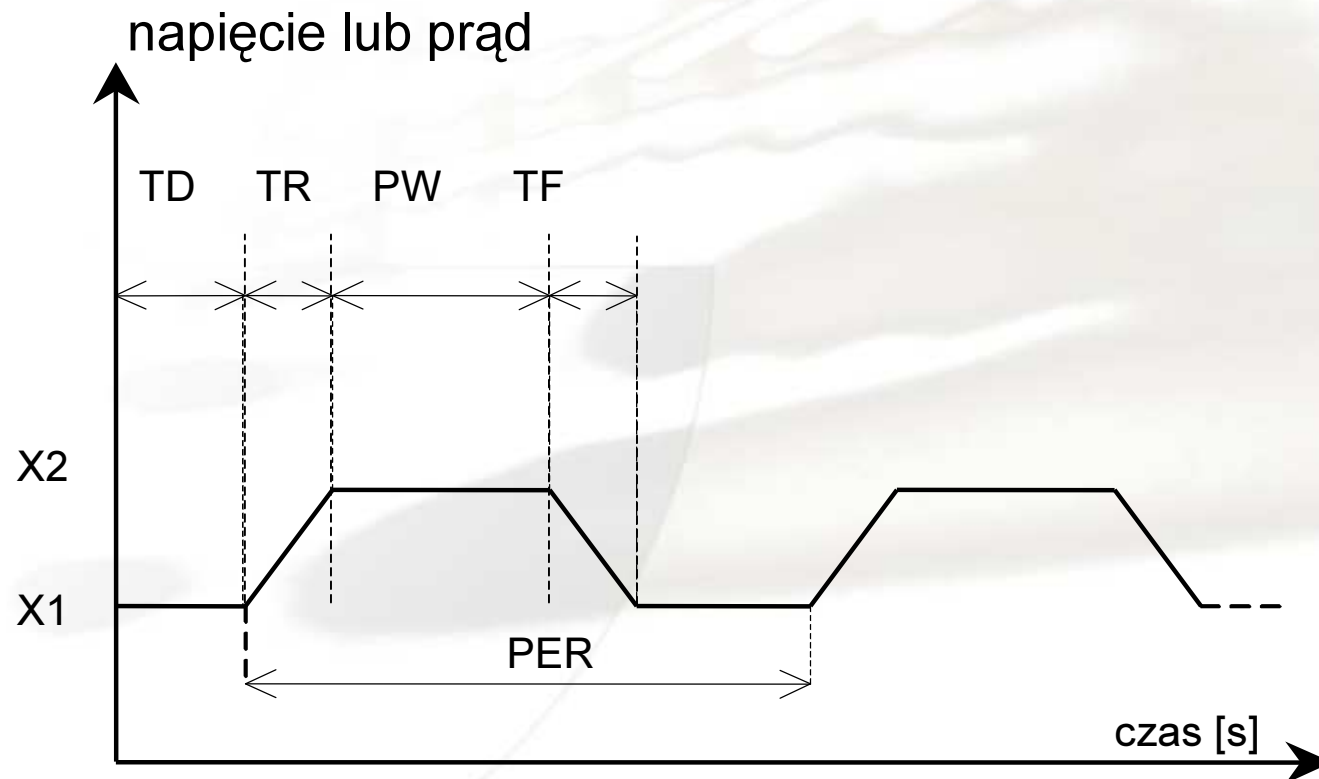


Ipierwsze	n1	n7	12.5mA
Ipierwsze	n1	n7	DC 12.5mA
Ipierwsze	n1	n7	DC 12.5mA AC 0V

# Specyfikacje przebiegów czasowych

## przebieg prostokątny

**PULSE** ( $X1$   $X2$   $TD$   $TR$   $TF$   $PW$   $PER$ )



# Specyfikacje przebiegów czasowych

## przebieg sinusoidalny tłumiony

**SIN** (*V0 VA FREQ TD THETA*)

- V0** - wartość składowej stałej (w woltach lub amperach)
- VA** - amplituda (w woltach lub amperach)
- FREQ** - częstotliwość - (w Hz, wartość wbudowana  $f=1/TSTOP$ )
- TD** - czas opóźnienia (w s, wartość wbudowana 0)
- THETA** - współczynnik tłumienia (w 1/s, wartość wbudowana 0)

Wzór opisujący źródło:

dla  $0 < T \leq TD$ :

$$V = V0$$

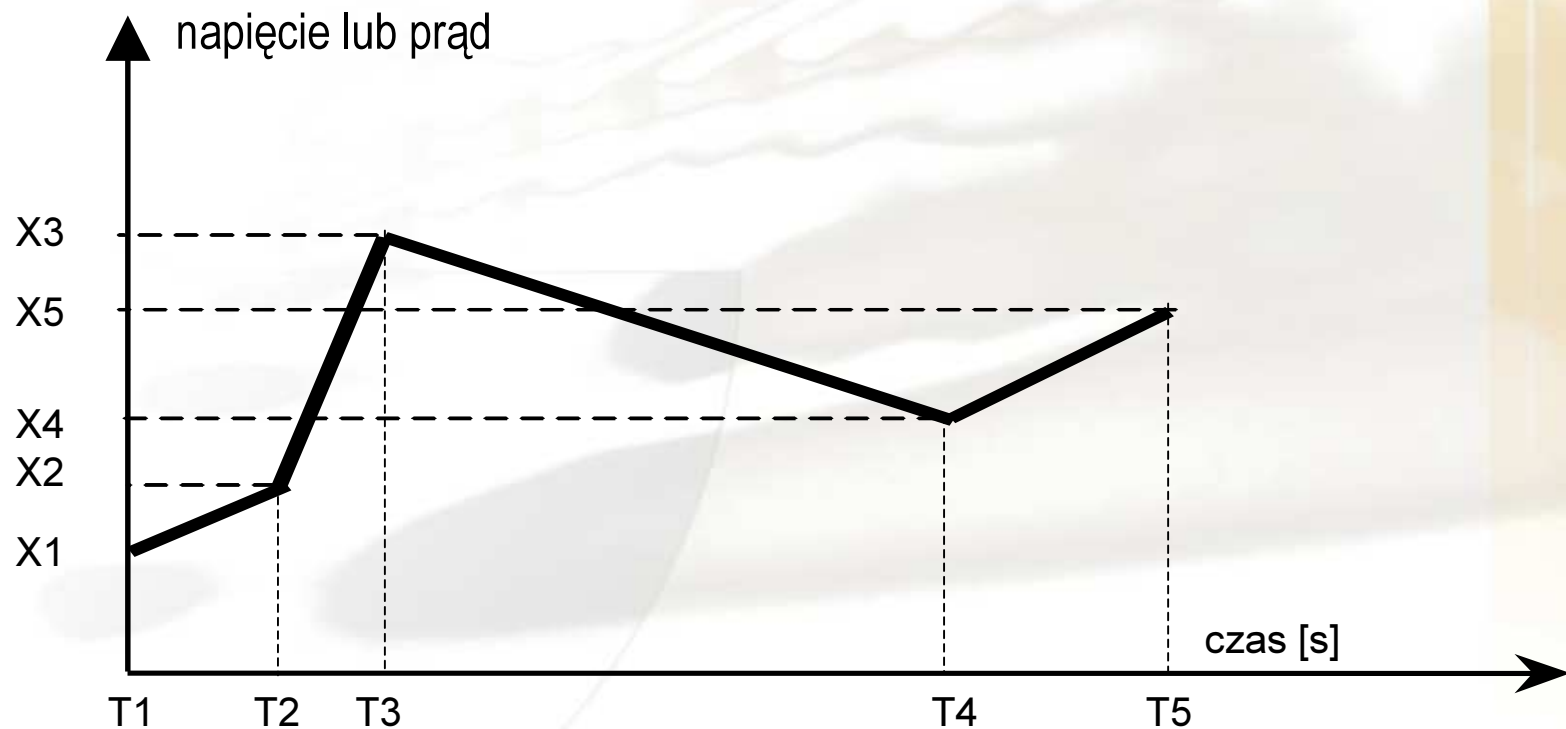
dla  $TD < T \leq TSTOP$ :

$$V = V0 + VA \cdot \exp[-(time-TD) \cdot THETA] \cdot \sin[2\pi \cdot FREQ \cdot (time-TD)]$$

# Specyfikacje przebiegów czasowych

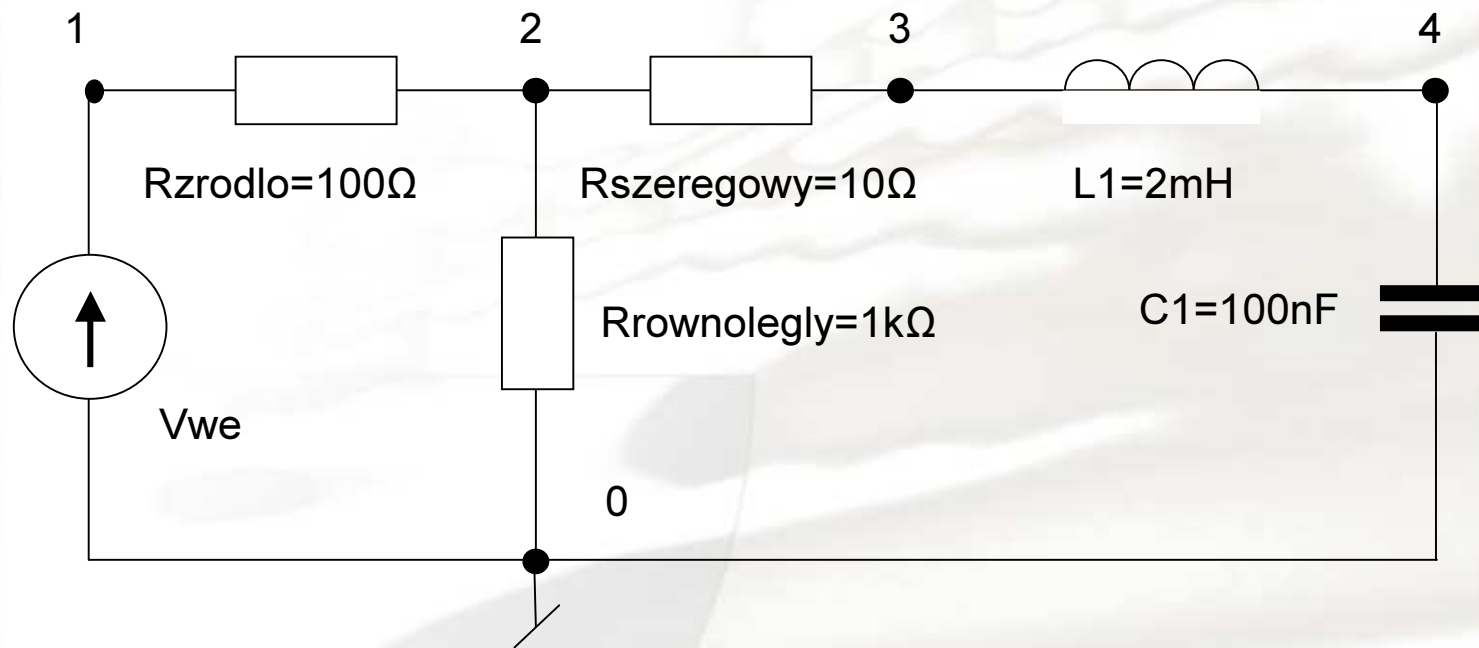
## przebieg odcinkowo liniowy

**PWL** ( $T1$   $X1$   $\langle T2$   $X2$   $\langle T3$   $X3$   $\dots \rangle \rangle$ )





# Przykładowy obwód - schemat



# Przykładowy obwód - opis

przykład wykładowy numer 1

```
Rzrodlo      1      2      100Ohm
Rrownolegly  2      0      1kOhm
Rszeregowy   2      3      100Ohm
L1           3      4      2mH
C1           4      0      100nF
Vwe          1      0      10V    AC    1V
+PULSE(0V 10V 5us 10us 10us 300us 500us)

.DC    Vwe    1V    10V    1V
.AC    DEC    5     1Hz    1GHz
.TRAN                750ns    750us
.PROBE
.END
```

# Analizy (podstawy)

- OP (punktu pracy) - .OP
- DC (stałoprądowa) - .DC
- AC (małosygnałowa, zmiennoprądowa) - .AC
- TRAN (przejściowa, stanu nieustalonego, czasowa) - .TRAN

# Modele

```
.MODEL nazwaModelu typModelu  
+ <parametr1=wartość1  
+ parametr2=wartość2 ...>
```

ważniejsze modele:

**D** - dioda

**NPN** - tranzystor bipolarny npn

**PNP** - tranzystor bipolarny pnp

**NMOS** - tranzystor MOS z kanałem N

**PMOS** - tranzystor MOS z kanałem P

**RES** - rezystancja

**CAP** - pojemność

**IND** - indukcyjność

# Modele - przykład

Przykład - modele

```
.lib ediode.lib  
.lib diode.lib
```

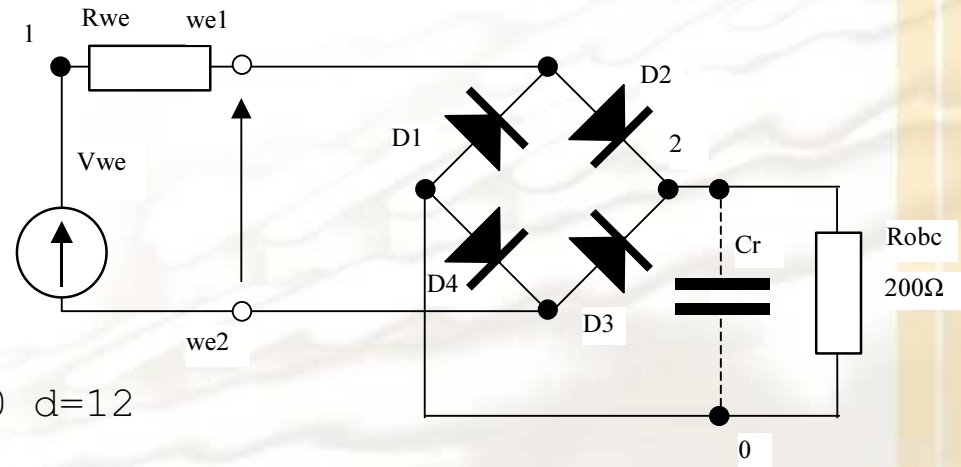
```
.PARAM a=200 b=1m c=10 d=12
```

```
D1 0 we1 BA318  
D2 we1 2 BA318  
D3 we2 2 BA318  
D4 0 we2 BA318
```

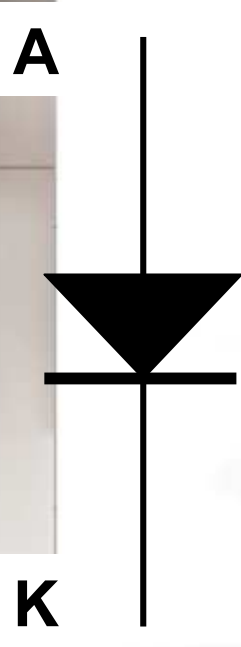
```
Rwe 1 we1 10hm
```

```
.PROBE
```

```
.END
```

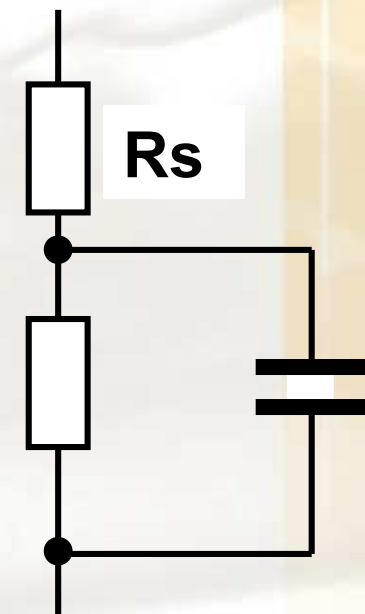
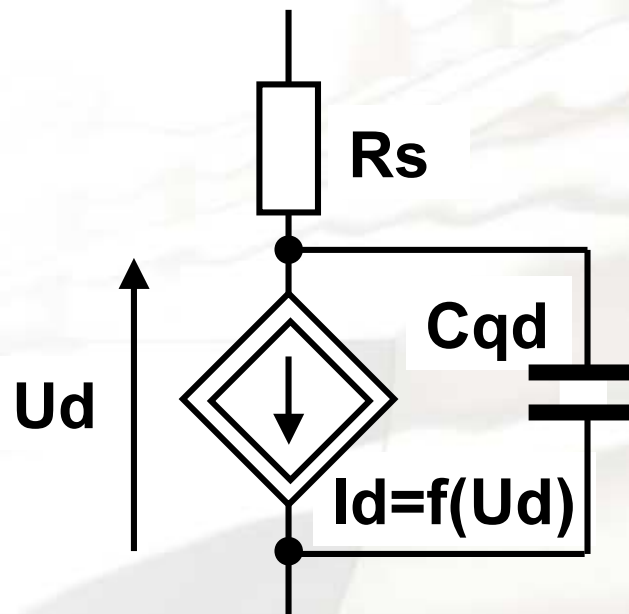


# Modele - dioda



model wielkosygnałowy

model małosygnałowy



`D nazwa węzełPlus węzełMinus nazwaModelu <area>  
+ <OFF> <IC=napięciePoczątkowe>`