

Komputerowe Projektowanie Układów Elektronicznych

Materiały wykładowe
dla kursu 16h

Adam Olszewski

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych PL

Plan semestru – wykład

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

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

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych PL

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.

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych PL

Literatura - podstawowa



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

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

Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL

Pspice.com

SPICE – Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis

<http://www.pspice.com>



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

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



Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL

Literatura - uzupełniająca



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

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

Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL

Cel stosowania programów symulacyjnych

- możliwość analizy dużych obwodów w krótkim czasie
- łatwość stosowania analizy nieliniowej
- łatwość drogi zmian-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







Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL 

Ograniczenia

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

Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL 

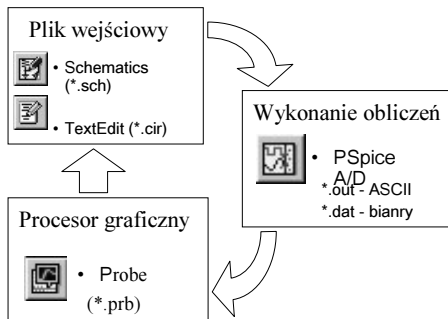
Składniki pakietu MicroSim

-  • Schematics
-  • PSpice A/D
-  • Parts
-  • Probe
-  • Stimulus Editor
-  • TextEdit



Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL 

Projekt w MicroSim



Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL

Elementy pliku wejściowego

- Opis topologii obwodu
- deklaracje elementów
 - pasywne
 - aktywne
 - modele
 - podobwody
 - komendy
 - komentarze

- Jak i co obliczyć?
- dyrektywy analiz

Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL

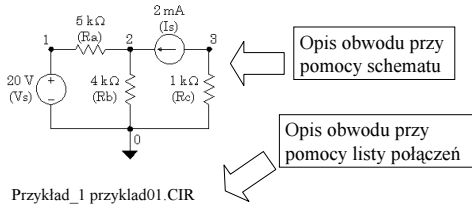
Plik wejściowy

- 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
- $V_{bus} = VBUS = vbus = vBUS$

Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL

Przykładowy obwód



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

Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL

Komentarze

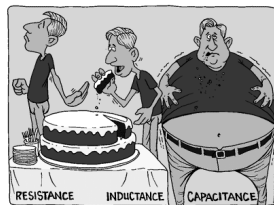
- Pierwsza linia jest ignorowana przez symulator – tytuł
- * (gwiazdka) – rozpoczyna linię komentarza
- ; (średnik) – dla komentarzy dodawanych na końcu linii

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

Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL

Deklaracje podstawowych elementów

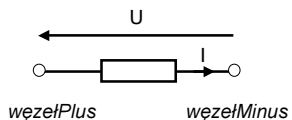
- rezystancja
- indukcyjność
- pojemność
- źródła niezależne i zależne



Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych PL

Rezystancja liniowa

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



Rezystancja=R· [1+TC1·(T-T-NOM)+TC2·(T-T-NOM)2]

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych PL

Rezystancja liniowa

deklaracje równoważne:

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

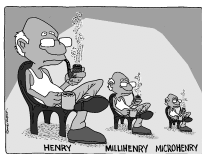
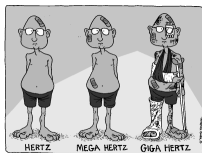
błędne deklaracje:

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

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych PL

Duże i małe liczby w PSpice

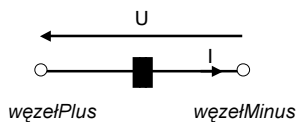
10 ¹²	T, t	tera
10 ⁹	G, g	giga
10 ⁶	MEG	mega
10 ³	K, k	kilo
10 ⁻³	M, m	mili
10 ⁻⁶	U, u	micro
10 ⁻⁹	N, n	nano
10 ⁻¹²	P, p	piko



Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych PL

Pojemność liniowa (podstawy)

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



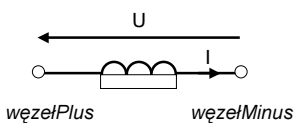
Przykłady:

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

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych

Indukcyjność liniowa (podstawy)

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



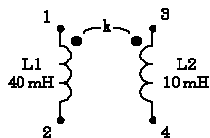
Przykłady:

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

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych

Indukcyjność wzajemna (podstawy)

K<nazwa> L<nazwa> L<nazwa> <wartość>

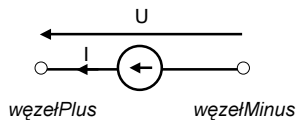


```
*name node1 node2 inductance
L1 1 2 40mH
L2 3 4 10mH
*name ind1 ind2 k (comment line)
K12 L1 L2 0.8
```

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych

Niezależne źródło napięcia

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



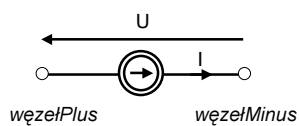
Przykłady:

Vpierwsze	n1	n7	12.5V
Vpierwsze	n1	n7	DC 12.5V
Vpierwsze	n1	n7	DC 12.5V AC 0V

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych

Niezależne źródło prądu

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



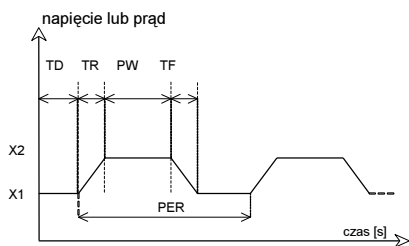
Ipierwsze	n1	n7	12.5mA
Ipierwsze	n1	n7	DC 12.5mA
Ipierwsze	n1	n7	DC 12.5mA AC 0V

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych

Specyfikacje przebiegów czasowych

przebieg prostokątny

PULSE (X1 X2 TD TR TF PW PER)



Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych

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 $TD < T \leq TSTOP$:

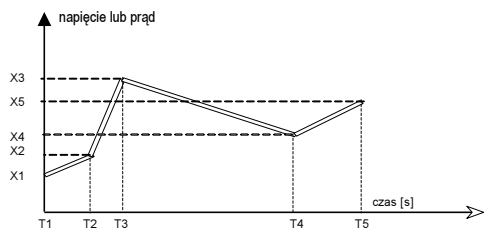
$V = V0 + VA \cdot \exp[-(time-TD) \cdot THETA] \cdot \sin[2\pi \cdot FREQ \cdot (time-TD)]$

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych

Specyfikacje przebiegów czasowych

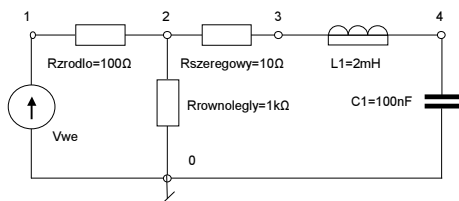
przebieg odcinkowo liniowy

PWL (T1 X1 <T2 X2 <T3 X3 ... >>)



Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych

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 (przejsściowa, stanu nieustalonego, czasowa) - .TRAN

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych

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

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych

Modele - przykład

Przykład - modele
 .lib ediode.lib
 .lib diode.lib

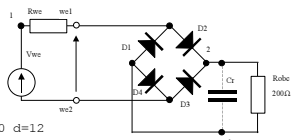
.PARAM a=200 b=1m c=10 d=12

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

Rwe 1 we1 10hm

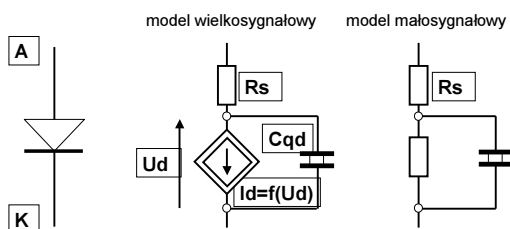
.PROBE

.END



Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych

Modele - dioda



Dnazwa węzełPlus węzełMinus nazwaModelu <area>
 + <OFF> <IC=napięciePoczątkowe>

Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych
