

PSPICE

Skrócona instrukcja użytkowania programu

SPIS TREŚCI

1.	Wiadomości wstępne.....	3
1.1	Przeznaczenie programu.....	3
1.2	Informacje podstawowe.....	3
2.	Zbiory danych.....	3
2.1	Struktura zbioru.....	3
2.2	Stosowane konwencje.....	4
3.	Opis obwodu.....	5
4.	Elementy.....	5
4.1	Elementy pasywne.....	6
4.2	Elementy półprzewodnikowe.....	9
4.3	Źródła	11
4.3.1.	Specyfikacje źródeł dla analizy stanu przejściowego.....	11
4.4	Źródła sterowane.....	13
4.4.1	Źródła sterowane liniowe.....	13
4.4.2	Źródła sterowane nieliniowe.....	14
5.	Modele.....	16
6.	Podobwody.....	18
7.	Analizy.....	19
7.1	Analiza temperaturowa.....	19
7.2	Analiza stałoprądowa.....	20
7.3	Analiza funkcji przejścia.....	21
7.4	Analiza wrażliwościowa.....	21
7.5	Analiza zmiennoprądowa.....	21
7.6	Analiza zniekształceń.....	22
7.7	Analiza stanu przejściowego.....	22
7.8	Analiza szumowa.....	23
7.9	Analiza Fouriera.....	23
8.	Nadawanie warunków początkowych dla analizy stanu przejściowego.....	23
9.	Opcje.....	24
10.	Wyrowadzanie wyników.....	25
11.	Włączanie zbiorów, biblioteki.....	26

1. WIADOMOŚCI WSTĘPNE

1.1 PRZEZNACZENIE

Program SPICE przeznaczony jest do analizy szerokiej gamy obwodów elektrycznych i elektronicznych. Pozwala on na przeprowadzenie różnych typów analiz wśród których wyróżnić można

- analizę stałoprądową,
- analizę zmiennoprądową,
- analizę wrażliwościową,
- analizę szumową,
- analizę stanu przejściowego,
- analizę Fourierską odpowiedzi czasowej układu,
- analizę metodą Monte Carlo,
- wyznaczanie funkcji przejścia dla małych sygnałów.

1.2 INFORMACJE PODSTAWOWE

W celu przeprowadzenia analizy obwodu należy wprowadzić jego opis do zbioru ASCII przy użyciu dowolnego edytora zgodnie z regułami standardu SPICE przedstawionymi poniżej. Po wprowadzeniu opisu obwodu uruchomić należy podstawowy program pakietu PSPICE1 w następującym formacie:

```
PSPICE1 INPUT_FILE.CIR,
```

gdzie `INPUT_FILE.CIR` jest nazwą zbioru zawierającego opis obwodu ewentualnie z podaną ścieżką dostępu. Przykładowo:

```
PSPICE1 a:circuit\example.cir
```

W wyniku działania tego programu standardowo utworzony zostanie zbiór o tej samej nazwie ale o rozszerzeniu `.OUT` zawierający informację o błędach (w przypadku wystąpienia błędów w opisie obwodu) lub wyniki w postaci tabel i wykresów gwiazdkowych odpowiednich wyspecyfikowanych analiz.

Jeżeli w zbiorze wejściowym było polecenie `.PROBE` to utworzony zostanie zbiór `PROBE.DAT` przeznaczony dla programu `PROBE`. Program ten pozwala na graficzną prezentację wyników analiz. W kartotece, w której uruchamiany będzie ten program musi znajdować się zbiór `PROBE.DEV`, gdzie znajduje się opis konfiguracji posiadanego sprzętu.

2. ZBIORY DANYCH

2.1 STRUKTURA ZBIORU

Program składa się z definicji elementów i ich połączeń, z modeli, do których odwołują się definicje elementów oraz z poleceń wykonywania analiz i wyprowadzania wyników. Struktura programu jest następująca:

```
NAZWA
.
. (program) « dowolna kolejność komend
.
.END
```

Zbiór winien zawierać następujące części składowe:

- NAZWA - nazwa zadania (pierwsza linia) MUSI WYSTĄPIĆ !,
- opisy wszystkich elementów obwodu analizowanego,
- polecenia i opcje dla programu PSPICE1 (zawsze pierwszym znakiem jest "."),
 - polecenia przeprowadzenia odpowiednich analiz (np. .DC ...)
 - opcje dla programu (np. .NODESET ..., .OPTIONS ...)
 - polecenia włączenia modeli ze zbiorów bibliotecznych (np. .LIB opnom.lib),
 - polecenia dotyczące wyprowadzenia wyników (np .PRINT ..., .PROBE ...),
 - polecenie .END oznaczające koniec zbioru danych.

2.2 STOSOWANE KONWENCJE

Program nie rozróżnia dużych i małych liter.

Znaki sterujące występujące jako pierwsze znaki w linii opisu:

- . - oznacza że ta linia stanowi polecenie (opcję) dla programu SPICE,
- * - oznacza, że linia jest komentarzem,
- + - oznacza, że linia jest kontynuacją linii poprzedniej.

Nazwy elementów:

- są ciągiem liter i cyfr (max. długość 131 znaków),
- pierwsza litera oznacza typ elementu (np ROBC R oznacza rezystor),

Nazwy węzłów:

- są ciągiem liter i cyfr (max. długość 131 znaków),
- nie muszą to być kolejne liczby,
- obowiązkowo musi wystąpić węzeł oznaczony 0 (zerem), który jest węzłem odniesienia (masą).

Wartości:

- można stosować zapis w konwencji scientific (np. 1.098E-3)
- można również stosować predefiniowane mnożniki:

F = 1.E-15
P = 1.E-12
N = 1.E-9
U = 1.E-6
MH = 25.4E-6
M = 1.E-3
K = 1.E3
MEG = 1.E6
G = 1.E9
T = 1.E12

przykładowo 1.5E6 jest równoważne zapisowi 1.5MEG

- mogą być podawane jednostki (np. 10MV), ale są one ignorowane

UWAGA w dalszej części opisu stosowane będą następujące oznaczenia:

<value> - elementy wzięte w takie nawiasy mogą być powtarzane,
[value] - elementy wzięte w takie nawiasy są opcjonalne,
XXXX, YYYY - dowolne sekwencje znaków alfanumerycznych.

3. OPIS OBWODU

Przed przystąpieniem do formułowania opisu obwodu należy:

- zaznaczyć wszystkie węzły nadając im oznaczenia liczbowe lub w postaci sekwencji znaków alfanumerycznych,
- w jednej gałęzi występować może tylko jeden element,
- nadać różne nawy poszczególnym elementom zgodnie z konwencjami SPICE'a.

Następnie przy pomocy dowolnego edytora zbiorów ASCII wprowadzamy opis obwodu. Pierwsza linia musi zawierać nazwę analizowanego problemu (jest ona dowolna). Następnie należy wprowadzać opisy poszczególnych elementów (nie poprzedzone żadnym znakiem sterującym) lub polecenia dla PSPICE1 poprzedzone znakiem ".". W ostatniej linii zbioru umieszczamy polecenie .END

4. ELEMENTY

Każdy element obwodu opisywany jest w osobnej linii. Nazwa elementu musi być zgodna z konwencjami SPICE'a. Pierwsza litera nazwy oznacza typ elementu.

Dopuszczalne typy elementów:

Elementy pasywne :

- R - rezystor
- C - kondensator
- L - cewka
- K - transformator
- T - linia długa

Półprzewodniki

- D - dioda
- Q - tranzystor bipolarny
- J - tranzystor JFET
- M - tranzystor MOS-FET
- B - tranzystor GaAs-FET

Źródła niezależne

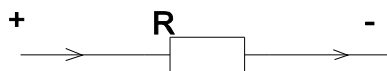
- V - niezależne źródło napięciowe
- I - niezależne źródło prądowe

Źródła sterowane

- | | |
|--|---------------------|
| E - napięciowo sterowane źródło napięciowe | $V_a = E(V_{ster})$ |
| H - prądowo sterowane źródło napięciowe | $V_a = H(I_{ster})$ |
| G - napięciowo sterowane źródło prądowe | $I_a = G(V_{ster})$ |
| F - prądowo sterowane źródło prądowe | $I_a = F(I_{ster})$ |

4.1 ELEMENTY PASYWNE

Rezystor



Generalna postać:

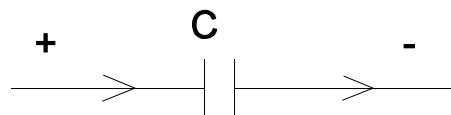
```
RXXXXXXX Node+ Node- [Model_name] VALUE
```

- Node+, Node- - nazwy węzłów do których podłączone są zaciski elementu,
- Model_name - opcjonalna nazwa modelu rezystora,
- VALUE - wartość rezystancji w omach.

Przykłady:

```
R1 1 2 100
RC1 12 17 VARRES 1K
```

Kondensator



Generalna postać:

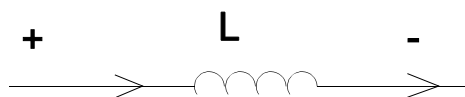
```
CXXXXXXX Node+ Node- [Model_name] VALUE[IC=Init_value]
```

- Node+, Node- - nazwy węzłów do których podłączone są zaciski elementu,
- Model_name - opcjonalna nazwa modelu kondensatora,
- VALUE - wartość pojemności w faradach,
- Init_value - opcjonalna wartość początkowa napięcia na kondensatorze $U_C(t=0)$ (napięcie występujące w chwili $t=0$) ma znaczenie tylko dla opcji UIC

Przykłady:

```
CBYP 13 0 1nF
COSC 17 23 10uF IC=3V
```

Indukcyjność



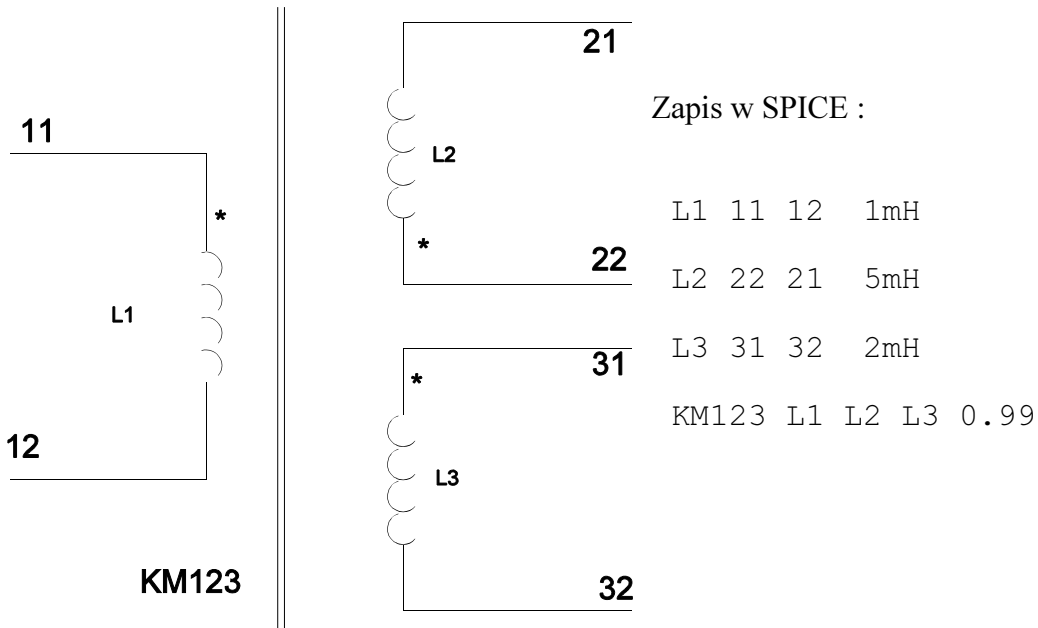
Generalna postać:

```
LXXXXXXX Node+ Node- [Model_name] VALUE[IC=Init_value]
```

- Node+, Node- - nazwy węzłów do których podłączone są zaciski elementu,
- Model_name - opcjonalna nazwa modelu indukcyjności,
- VALUE - wartość indukcyjności w Henrach,
- Init_value - opcjonalna wartość początkowa prądu w indukcyjności $I_L(t=0)$ (prąd występujący w chwili $t=0$) ma znaczenie tylko dla opcji UIC

Przykłady:

```
LLINK 42 69 1uH
LSHUNT 23 51 10mH IC=15.7mA
```

Indukcyjności sprzężone liniowe

Generalna postać:

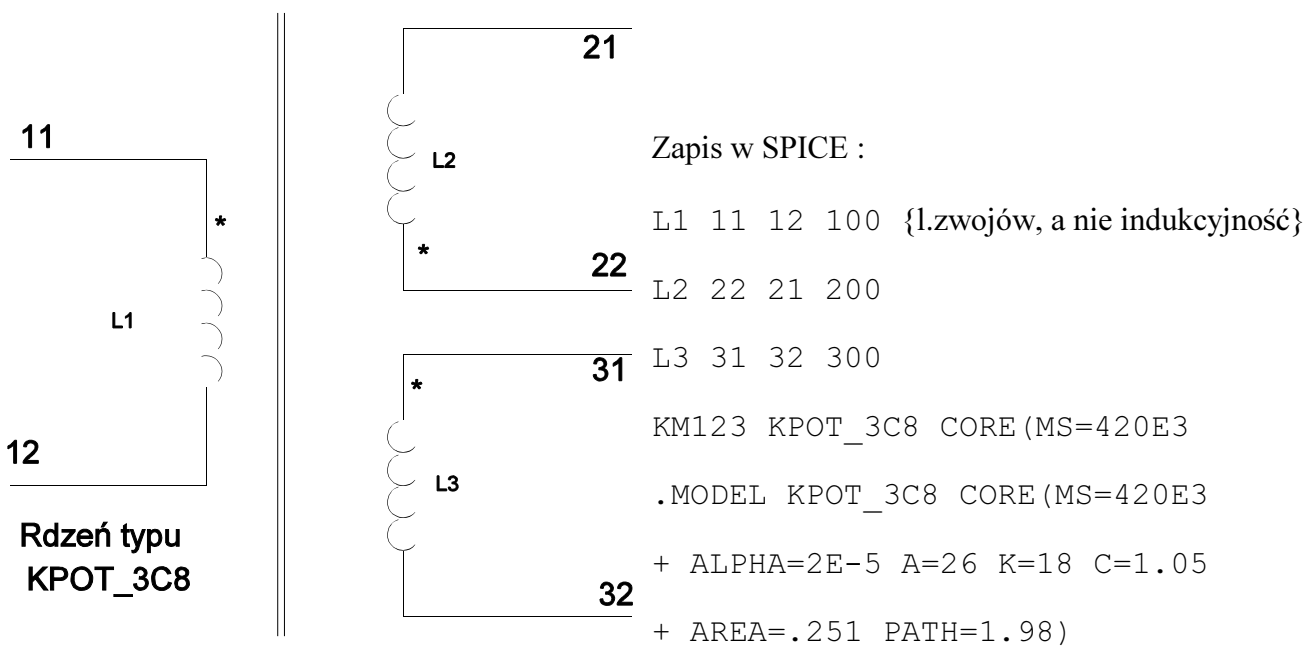
```
Kxxxxxx Lyyyyyy <Lzzzzzz> Wsp_sprzezenia
```

Lyyyyyy, Lzzzzzz, ... - nazwy cewek sprzężonych

Wsp_sprzezenia - wartość współczynnika sprzężenia $e < 0,1 >$
dla rdzeni magnetycznych = 0.9999

Istnieje możliwość sprzężenia 2 lub więcej cewek. Początek uzwojenia odpowiada węzłowi wymienionemu jako pierwszy przy definicji cewek.

Przykład zamieszczono powyżej.

Indukcyjności sprzężone model nieliniowy.

Generalna postać:

Kxxxxxx <Lyyyyyy> Wsp_sprzezenia Nazwa_modelu [Rozmiar]

Lyyyyyy, ... - nazwy cewek sprzężonych
 Wsp_sprzezenia - wartość współczynnika sprzężenia $e <0,1>$ dla rdzeni magnetycznych = 0.9999
 Nazwa_modelu - nazwa przyjętego modelu rdzenia zdefiniowanego w zbiorze danych
 lub wziętego z biblioteki KNOM lub KNOM2
 Rozmiar - współczynnik skalowania pola przekroju rdzenia

Parametry modelu

Nazwa	Opis	Jednostka	Wart. stand.
AREA	- pole przekroju rdzenia (skalowany przez parametr Rozmiar)	cm ²	0.1
PATH	- długość drogi magnetycznej	cm	1.0
GAP	- szerokość szczeliny powietrznej	cm	0.0
PACK	- wsp. wypełnienia rdzenia		1.0
MS	- wartość nasycenia	A/m	1E6
ALPHA	- mean field parameter		1E-3
A	- współczynnik kształtu pola	A m	1E3
C	- domain wall flexing constant		0.2
K	- domain wall pinning constant		500

Istnieje możliwość sprzężenia jednej (dławik) lub więcej cewek.

Początek uzwojenia odpowiada węzłowi wymienionemu jako pierwszy przy definicji cewek.

Wymienienie Nazwy_modelu powoduje że cewki sprzężone stają się elementem nieliniowym o określonej parametrach modelu krzywej magnesowania

Przykład zamieszczono powyżej.

Linie długie

Generalna postać:

TXXXXXXXX N1 N2 N3 N4 Z0=VAL < TD=VAL F=VAL NL=VAL IC=V1, I1, V2, I2 >

N1, N2, N3, N4 - węzły

Z0 - impedancja falowa (charakterystyczna)

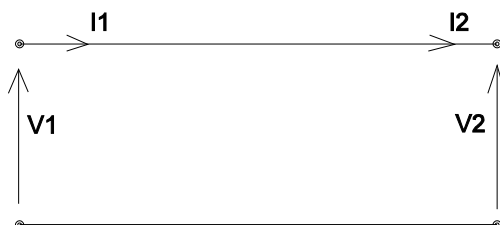
TD - czas opóźnienia

F - częstotliwość sygnału

NL - znormalizowana długość elektryczna linii
 dłuższej w odniesieniu do długości fali w linii
 przy częstotliwości F (jeżeli pominięta -
 przyjmowana 0.25 - linia ćwierćfalowa).
 Długość linii można określić podając TD lub
 F i NL .

V1, I1, V2, I2 - warunki początkowe (prądy i napięcia na początku i na końcu linii,
 stosowane jedynie w przypadku

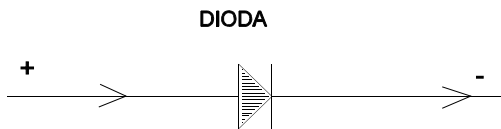
opcji UIC



4.2 ELEMENTY PÓLPRZEWODNIKOWE

Opis każdego elementu półprzewodnikowego musi zawierać nazwę elementu zgodnie z konwencją, numery węzłów do których podłączone są zaciski oraz nazwę modelu pobranego z odpowiedniej dołączonej biblioteki lub zdefiniowanego przez użytkownika dyrektywą `.MODEL`.

Dioda



Generalna postać:

```
DXXXXXXX Node+ Node- Model_name [Area] [IC=Init_value]
```

- Node+, Node- - nazwy węzłów do których podłączone są zaciski elementu,
- Model_name - nazwa modelu diody,
- Area - współczynnik powierzchniowy określający liczbę równoważnych urządzeń równoległych w podanym modelu (standardowo 1.0),
- Init_value - opcjonalna wartość początkowa napięcia na diodzie (napięcie występujące w chwili $t=0$) ma znaczenie tylko dla opcji UIC

Przykłady:

```
DBRIDGE 2 10 DIODE1 DCLMP 3 7 DMOD 3.0 IC=0.2
```

Tranzystor bipolarny

Generalna postać:

```
QXXXXXXX Ncol Nbase Nemit [Nsubst] Model_name <AREA>
```

- Ncol, Nbase, Nemit - nazwy węzłów do których podłączone są zaciski elementu (kolektor, baza, emiter, podłoże)
- Nsubst - nazwa modelu tranzystora,
- Area - współczynnik powierzchniowy określający liczbę równoważnych urządzeń równoległych w podanym modelu (standardowo 1.0),

Przykłady:

```
Q23 10 24 13 QMOD IC=0.6,5.0
Q50A 11 26 4 20 MOD1
```

Tranzystor polowy złączowy JFET (Junction Field-Effect)

Generalna postać:

```
JXXXXXXX NDrain NGate NSource Model_name <AREA>
```

- NDrain, NGate, NSource - nazwy węzłów do których podłączone są zaciski elementu (dren, bramka, źródło),
- Model_name - nazwa modelu tranzystora,
- Area - współczynnik powierzchniowy określający liczbę równoważnych urządzeń równoległych w podanym modelu (standardowo 1.0),

Przykłady:

```
J1 7 2 3 JM1
```

Tranzystor GaAsFET

Generalna postać:

```
BXXXXXXX NDrain NGate NSource Model_name <AREA>
```

NDrain, NGate, NSource - nazwy węzłów do których podłączone są zaciski elementu (dren, bramka, źródło),
Model_name - nazwa modelu tranzystora,
Area - współczynnik powierzchniowy określający liczbę równoważnych urządzeń równoległych w podanym modelu (standardowo 1.0),

Przykłady:

```
B11 7 2 3 JM1 OFF
```

Tranzystory MOSFET

Generalna postać:

```
MXXXXXXX NDrain NGate NSource NBulk Model_name  
[L=VAL] [W=VAL] [AD=VAL] [AS=VAL] [PD=VAL]  
[PS=VAL] [NRD=VAL] [NRS=VAL]
```

NDrain, NGate, - nazwy węzłów do których podłączone są zaciski elementu (dren, bramka, źródło, masa),
Model_name - nazwa modelu tranzystora,
L - długość kanału [m],
W - szerokość kanału [m],
AD - pole obszaru dyfuzyjnego drewnu [m²],
AS - pole obszaru dyfuzyjnego źródła [m²],
PD - obwody geometryczne złącza drewnu [m], standardowo PD=0,
PS - obwody geometryczne złącza źródła [m], standardowo PS=0,
NRD - wielkość związana z rezystancją pasożytniczą drewnu, standardowo NRD=1,
NRS - wielkość związana z rezystancją pasożytniczą źródła, standardowo NRS=1,

Przykłady:

```
M1 24 2 0 20 TYPE1  
M31 2 17 6 10 MODM L=5U W=2U  
M31 2 16 6 10 MODM 5U 2U  
M1 2 9 3 0 MOD1 L=10U W=5U AD=100P AS=100P PD=40U PS=40U  
M1 2 9 3 0 MOD1 10U 5U 2P 2P
```

4.3 ŹRÓDŁA NIEZALEŻNE

V - niezależne źródło napięciowe

I - niezależne źródło prądowe

Generalna postać

```
VXXXXXXX Node+ Node-
+ [DC Value]
+ [AC MOD [FAZA]]
+ [Specyfikacja dla analizy stanu przejściowego], patrz pkt.4.3.1
```

```
IXXXXXXXX Node+ Node-      + [DC Value]
+ [AC MOD [FAZA]]
+ [Specyfikacja dla analizy stanu przejściowego]
```

Node+, Node- - nazwy węzłów do których podłączone są zaciski elementu,

VALUE - wartość źródła dla analiz DC i TRAN (jeżeli pominięte przyjmowane 0). Jeżeli źródło nie zależy od czasu (np. zasilacz) przed wartością jest DC.

MOD, FAZA - wartość źródła dla analizy AC (moduł, faza). Jeżeli jest tylko słowo "AC" => MOD=1, FAZA=0. Słowo "AC" i wartości MOD, FAZA są pomijane gdy źródło nie jest źródłem wejściowym małosygnalowym .

Przykłady:

```
VCC 10 0 DC 6
VIN 13 2 0.001 AC 1 SIN(0 1 1MEG)
ISRC 23 21 AC 0.333 45.0
SFFM(0 1 10K 5 1K)
VMEAS 12 9
```

4.3.1 SPECYFIKACJE ŹRÓDEŁ DLA ANALIZY STANU PRZEJŚCIOWEGO

Impuls trapezoidalny

```
PULSE( V1 V2 TD TR TF PW PER )
```

Parametr	Wartość typowa	Jednostki
V1 (wartość początkowa)		Volty lub Ampery
V2 (wartość szczytowa)		Volty lub Ampery
TD (opóźnienie załączenia impulsu)	0.0	s
TR (czas narastania impulsu)	TSTEP	s
TF (czas opadania impulsu)	TSTEP	s
PW (czas trwania impulsu)	TSTOP	s
PER (okres)	TSTOP	s

Punkty charakterystyczne definiujące impuls

Czas	Wartość
0	V1
TD	V1
TD+TR	V2
TD+TR+PW	V2
TD+TR+PW+TF	V1
TSTOP	V1

Punkty pośrednie określane są poprzez interpolację liniową.

Przykład:

```
VIN 3 0 PULSE(-1 1 2NS 2NS 2NS 50NS 100NS)
```

Sinusoidalne

```
SIN(VO VA FREQ TD THETA FAZA)
```

Parametr		Wartość typowa	Jednostki
VO	wartość średnia napięcia		Volty lub Ampery
VA	amplituda		Volty lub Ampery
FREQ	częstotliwość	1/TSTOP	Hz
TD	opóźnienie	0.0	s
THETA	wsp. tłumienia	0.0	1/s
FAZA	faza początkowa	0.0	stopnie

Kształt przebiegu

Czas	Wartość
0 do TD	VO
TD do TSTOP	$VO + VA \cdot \exp(-(time-TD) \cdot THETA) \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot FREQ \cdot (time-TD) - FAZA/360)$

Przykład :

```
VIN 3 0 SIN(0 1 100MEG 1NS 1E10 60)
```

Przebieg eksponencjalny

```
EXP( V1 V2 TD1 TAU1 TD2 TAU2 )
```

Parametr		Wartość typowa	Jednostki
V1	wartość początkowa napięcia		Volty lub Amp.
V2	amplituda impulsu		Volty lub Amp.
TD1	czas narastania impulsu	0.0	s
TAU1	stała narastania impulsu	TSTEP	s
TD2	czas opadania impulsu	TD1+TSTEP	s
TAU2	stała opadania impulsu	TSTEP	s

Kształt przebiegu

od 0	do TD1	V1
od TD1	do TD2	$V1 + (V2 - V1) \cdot (1 - \exp(-(time - TD1) / TAU1))$
od TD2	do TSTOP	$V1 + (V2 - V1) \cdot (1 - \exp(-(time - TD1) / TAU1)) + (V1 - V2) \cdot (1 - \exp(-(time - TD2) / TAU2))$

Przykład:

```
VIN 3 0 EXP(-4 -1 2NS 30NS 60NS 40NS)
```

Aproksymacja liniowo-odcinkowa

PWL(T1 V1 [T2 V2 T3 V3 T4 V4 ...])

Para liczb (Vn,Tn) określa współrzędne wierzchołka łamanej.

Parametr	Wartość typowa	Jednostki
Vn	wartość napięcia (prądu)	Volty lub Amp.
Tn	czas	s

Przykład:

```
VCLOCK 7 5 PWL(0 -7 10NS -7 11NS -3 17NS -3 18NS -7 50NS -7)
```

Sinusoidalne - modulowane

SFFM(VO VA FC MDI FS)

Parametr	Wartość typowa	Jednostki
VO	napięcie przesunięcia	Volty lub Ampery
VA	amplituda	Volty or Ampery
FC	częstotliwość nośna	1/TSTOP Hz
MDI	wskaźnik modulacji	0
FS	częstotliwość sygnału	1/TSTOP Hz

Kształt przebiegu

Czas	Wartość
0 do TSTOP	$VO + VA \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot FC \cdot \text{time} + MDI \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot FS \cdot \text{time}))$

Przykład:

```
V1 12 0 SFFM(0 1M 20K 5 1K)
```

4.4 ŹRÓDŁA STEROWANE**4.4.1. ŹRÓDŁA LINIOWE**

Źródło prądowe sterowane napięciowo

GXXXXXXXX N+ N- NC+ NC- VALUE

N+, N-	-	węzły źródła (kierunek prądu : N+ -L N-)
NC+, NC-	-	węzły kontrolujące
VALUE	-	transkonduktancja G w [S] : I=G V

Przykład:

```
G1 2 0 5 0 0.1M
```

Źródło napięciowe sterowane napięciowo

```
EXXXXXXXXX N+ N- NC+ NC- VALUE
```

N+ , N- - węzły źródła
NC+ , NC- - węzły kontrolujące
VALUE - współczynnik napięciowy E : $V=E V$

Przykład:

```
E1 2 3 14 1 2
```

Źródło prądowe sterowane prądowo

```
FXXXXXXXX N+ N- VNAME VALUE
```

N+ , N- - węzły źródła (kierunek prądu : N+ -L N-)
VNAME - nazwa źródła napięciowego , przez które płynie prąd sterujący
VALUE - współczynnik prądowy F : $I=F I$

Przykład:

```
F1 13 5 VSENS 5
```

Źródło napięciowe sterowane prądowo

```
HXXXXXXXX N+ N- VNAME VALUE
```

N+ , N- - węzły źródła
VNAME - nazwa źródła napięciowego , przez które płynie prąd sterujący
VALUE - transrezystancja H w [W] : $V=H I$

Przykład:

```
HX 5 17 VZ 0.5K
```

4.4.2. ŹRÓDŁA NIELINIOWE

Funkcje : $I=f(U)$, $U=f(U)$, $I=f(I)$, $U=f(I)$ muszą być wyrażone w postaci wielomianów o współczynnikach : p_0, p_1, \dots, p_n . Źródło może być też funkcją wielu zmiennych , np. $I=f(V1, V2)$.

$$y = f(x) \Rightarrow y = p_0 + p_1x + p_2x^2 + p_3x^3 + \dots$$

$$y = f(x, z) \Rightarrow y = p_0 + p_1x + p_2z + p_3x^2 + p_4xz + p_5z^2 + \dots$$

Źródło prądowe sterowane napięciowo

```
GXXXXXXXX N+ N- < POLY(ND) > NC1+ NC1- NC2+ NC2-...
+          P0 < P1 P2... IC=VAL >
```

- N+ , N- - węzły źródła
- ND - wymiar źródła (ilość argumentów funkcji). Gdy ND=1 pomijamy POLY(ND); ND>0.
- NC+, NC- - węzły kontrolujące . Dla każdego wymiaru musi być podana para węzłów.
- P[n] - współczynniki wielomianu
- VAL - warunki początkowe napięcia kontrolującego lub napięć kontrolujących w [V]

Można zamodelować w ten sposób nieliniowy rezystor (węzły źródła i węzły kontrolujące muszą być wtedy te same) , np :

```
GR 17 3 17 3 0 10 1.5 => charakterystyka : I = 10U + 1.5U2
```

Przykłady:

```
G1 1 0 5 3 0 0.1M
GR 17 3 17 3 0 1M 1.5M IC=2
GM 23 17 POLY(2) 3 5 1 2 0 1M 17M 3.5U IC=2.5,1.3
```

Źródło napięciowe sterowane napięciowo

Analogicznie jak źródło prądowe sterowane napięciowo

```
EX 17 0 POLY(3) 13 0 15 0 17 0 0 1 1 1
   N+ N- ND NC1+ NC1- NC2+ NC2- NC3+ NC3- P0 P1 P2 P3
```

$V=f(V)$: $V = V(13,0) + V(15,0) + V(17,0)$ - idealny sumator napięciowy

Źródło prądowe sterowane prądowo

```
FXXXXXXXX N+ N- < POLY(ND) > VN1 < VN2 VN3 ... >
+          P0 < P1 P2 ... IC=VAL >
```

- N+, N- - węzły
- ND - wymiar źródła (ilość argumentów funkcji) , gdy ND = 1 => pomijamy POLY(ND) ; ND >0
- VN - źródła napięciowe , przez które płynie prąd sterujący
- P[n] - współczynniki wielomianu
- VAL - warunki początkowe prądu sterującego lub prądów sterujących w [A]

Przykład:

```
FX 12 10 VCC 1M 1.3M
```

Źródło napięciowe sterowane prądowo

Analogicznie jak źródło prądowe sterowane prądowo

5. MODELE

Definicja :

```
.MODEL MNAME TYPE < PNAME1=PVAL1 PNAME2=PVAL2 ... >
```

```
np : .MODEL MOD1 NPN BF=50 IS=1E-13 VBF=50
```

Linia ta podaje zestaw parametrów modelu , które są używane przez jeden lub więcej elementów. Dla pominiętych parametrów przyjmowane są wartości określone w programie. Opisy modeli można umieszczać w programie głównym bądź w zbiorach bibliecznych. Do tworzenia modeli elementów półprzewodnikowych najwygodniejsze jest zastosowanie programu PARTS, w którym do opisu elementu wystarczająca jest znajomość parametrów katalogowych. W wyniku działania tego programu uzyskujemy zbiory z deklaracjami MODEL.

MNAME - nazwa modelu

TYPE - typ modelu

PNAME[n] , PVAL[n] - nazwa i wartość parametru

Typy modeli :

D - dioda

NPN - tranzystor bipolarny typu n-p-n

PNP - tranzystor bipolarny typu p-n-p

NJF - tranzystor unipolarny JFET z kanałem typu n

PJF - tranzystor unipolarny JFET z kanałem typu p

NMOS - tranzystor unipolarny MOSFET z kanałem typu n

PMOS - tranzystor unipolarny MOSFET z kanałem typu p

CORE - rdzeń magnetyczny

DIODA

Model ten może być określony przez 14 parametrów . Najważniejsze z nich to :

nazwa parametr	jednostka	wartość przyjmowana	
IS	prąd nasycenia	A	10^{-14}
RS	rezystancja szeregową	Ω	0
N	współczynnik emisji	-	1
TT	czas przełączania	s	0
EG	szerokość przerwy energetycznej	eV	1.11
BV	zaporowe napięcie przebicia	V	∞
IBV	prąd przy BV	A	10^{-3}
CJO	pojemność złącza	F	0

TRANZYSTOR BIPOLARNY

Model ten jest rozwiniętą wersją modelu Gummela-Poona, który można uprościć do modelu Ebersa-Molla zaniebując niektóre parametry. Model ten może być określony przez 40 parametrów. Najważniejsze z nich to :

nazwa	parametr	jednostka	wartość przyjmowana
IS	prąd nasycenia	A	10^{-16}
BF	współczynnik wzmocnienia prądowego β	-	100
NF	prądowy współczynnik emisji	-	1
VAE	napięcie Early'ego	V	∞
ISE	prąd upływu złącza B-E	A	0
BR	rewersyjny współczynnik wzmocnienia prądowego β	-	1
NR	rewersyjny prądowy współczynnik emisji	-	1
VAR	rewersyjne napięcie Early'ego	V	∞
ISC	prąd upływu złącza B-C	A	0
RB	rezystancja bazy	Ω	0
RE	rezystancja emitera	Ω	0
RC	rezystancja kolektora	Ω	0
TF	czas przełączania , przy pracy normalnej	s	0
PFT	nadmiar fazy , przy częstotliwości $1/2\pi TF$	deg	0
TR	czas przełączania , przy pracy rewersyjnej	s	0
EG	szerokość przerwy energetycznej półprzewodnika	eV	1.11

TRANZYSTOR UNIPOLARNY JFET

Model ten jest wzorowany na modelu Shichmana-Hodgesa i może być określony przez 12 parametrów. Najważniejsze z nich to:

nazwa	parametr	jednostka	wartość przyjmowana
VTO	napięcie progowe	V	-2
BETA	parametr transkonduktancji	A/V	10^{-4}
LAMBDA	parametr modulacji długości kanału	1/V	0
VRD	rezystancja drenu	Ω	0
RS	rezystancja źródła	Ω	0
CGS	pojemność złącza G-S	F	0
CGD	pojemność złącza G-D	F	0
PB	potencjał złącza bramki	V	1
IS	prąd nasycenia złącza bramki	A	10^{-14}

TRANZYSTOR UNIPOLARNY MOSFET

Istnieją 3 modele tranzystora MOSFET różniące się sposobem podawania charakterystyki prądowo - napięciowej . Wyboru modelu dokonuje się określając zmienną LEVEL :

LEVEL=1 => model Shichmana-Hodgesa

LEVEL=2 => model Warda-Duttona

LEVEL=3 => model półempiryczny

Modele te różnią się niektórymi parametrami i mogą być określone ogółem przez 42 parametry. Najważniejsze z nich to:

nazwa	parametr	jednostka	wartość przyjmowana
LEVEL	rodzaj modelu	-	1
VTO	napięcie progowe	V	0
AKP	parametr transkonduktancji	A/V	2
PHI	potencjał powierzchniowy	V	0.6
LAMBDA	parametr modulacji długości kanału (tylko dla LEVEL=1 i LEVEL=2)	1/V	0
RD	rezystancja drenu	Ω	0
RS	rezystancja źródła	Ω	0
CBD	pojemność złącza B-D	F	0
CBS	pojemność złącza B-S	F	0

RDZEŃ MAGNETYCZNY

Model ten jest oparty na modelu magnetycznym Jilesa-Athertona i wykorzystuje teorię domen magnetycznych do określenia krzywej histerezy. Model ten może być określony przez 9 parametrów. Najważniejsze z nich to :

nazwa	parametr	jednostka	wartość przyjmowana
AREA	pole przekroju	cm	0.1
PATH	długość drogi magnetycznej	cm	1
GAP	długość " przerwy powietrznej "	cm	0
PACK	współczynnik wypełnienia rdzenia	-	1
MS	nasylenie natężenia pola magnetycznego	A/m	10^6

6. PODOBWODY

Podobwód jest definiowany w programie głównym lub w bibliotekach. Można go wywoływać z dowolnego miejsca w programie (umieszczać w dowolnym miejscu obwodu). Podobwód może być dowolnej wielkości i zawierać inne podobwody.

```
Definicja : .SUBCKT SUBNAM N1 < N2 N3 ... >
.
. ( definicje elementów )
.
.ENDS< SUBNAM >
```

```

np :      .SUBCKT OPAMP 1 2 3 4
          R1 1 2 100
          .ENDS OPAMP

```

Wywołanie : XYYYYYYY N1 < N2 N3 ... > SUBNAM

```
np :      X1 2 4 17 3 1 MULTI
```

Parametry:

SUBNAM - nazwa podobwodu
N1 , N2 ... - węzły wyjściowe podobwodu (nie może być 0)

W definicji podobwodu nie może być linii sterujących (np. wywołanie analiz), mogą być natomiast modele i definicje innych podobwodów. Takie modele i definicje są ściśle lokalne - obowiązują tylko w danym podobwodzie i nie są znane poza nim. Podobnie nazwy węzłów są również lokalne i nie mają związku z nazwami węzłów w programie głównym (tzw parametry formalne). Szczególnym przypadkiem podobwodu mogą być wzmacniacze operacyjne :

Definicja :

```
YYYYYYYY V+ V- < GROUND > VCC+ VCC- OUT MNAME
```

gdzie:

V+ , V- - wejścia odwracające i nieodwracające
VCC+ , VCC- - zasilanie
GROUND - masa
OUT - wyjście
MNAME - nazwa modelu wzmacniacza

Przykład:

```
XAMP 5 3 0 1 2 4 uA741
```

Należy pamiętać o dołączeniu biblioteki wzmacniaczy operacyjnych poleceniem :.LIB OPNOM.LIB

7. ANALIZY

7.1 ANALIZA TEMPERATUROWA

```
.TEMP T1 < T2 T3 ... >
```

Np: .TEMP -55 25 125

T1 , T2 , T3 ... - temperatury w [deg C], przy których następuje symulacja obwodu. Temperatury poniżej -223 deg C są pomijane. Jeżeli w programie nie ma wywołania tej analizy symulacja odbywa się w temperaturze ustawionej w opcji TNOM. Temperatura ma szczególnie duże znaczenie przy symulacji przyrządów półprzewodnikowych.

7.2 ANALIZA STAŁOPRĄDOWA

```
.DCSRCNAM VSTART VSTOP VINCR < SRC2 START2 STOP2 INCR2 >
```

```
Np : .DC VIN 0.25 5 0.25
      .DC VDS 0 10 0.5 VGS 0 5 1
      .DC RES RMOD(R) 0.9 1.1 0.001
```

SRCNAM - nazwa niezależnego źródła prądowego lub napięciowego którego wartość będzie zmieniana w kolejnych iteracjach. Możliwa jest także zmiana wartości parametrów modeli.

VSTART - wartość początkowa źródła

VSTOP - wartość końcowa źródła

VINCR - krok

Polecenie powoduje wykonanie pojedynczej analizy lub ciągu analiz stałoprądowych dla kolejnych wartości wielkości zmienianej. Wartość zmieniana jest w skali liniowej.

```
.DC[OCT] [DEC] SRCNAM VSTART VSTOP NUMSTEP <SRC2 START2 STOP2 INCR2>
```

```
Np : .DC DEC IN 0.2 100 10
      .DC OCT NPN QFAST(IS) 1.E-18 1.E-14 5
SRCNAM - nazwa niezależnego źródła prądowego lub napięciowego, którego wartość będzie zmieniana w kolejnych iteracjach. Możliwa jest także zmiana wartości parametrów modeli.
```

VSTART - wartość początkowa źródła

VSTOP - wartość końcowa źródła

NUMSTEP - liczba analiz przypadająca na oktawę (OCT), lub dekadę (DEC)

OCT - wielkość zmieniana w skali logarytmicznej, oktavami

DEC - wielkość zmieniana w skali logarytmicznej, dekadami.

Polecenie powoduje wykonanie pojedynczej analizy lub ciągu analiz stałoprądowych dla kolejnych wartości wielkości zmienianej. Wartość zmieniana jest w skali logarytmicznej.

```
.DC SRCNAM LIST <Value>
```

```
Np : .DC VCC LIST 0 10 14 9 5
      .DC TEMP LIST 0 20 27 32 50
```

SRCNAM - nazwa niezależnego źródła prądowego lub napięciowego którego wartość będzie zmieniana w kolejnych iteracjach. Możliwa jest także zmiana wartości parametrów modeli.

LIST - Lista wartości jakie przyjmować będzie wielkość zmieniana

Polecenie powoduje wykonanie ciągu analiz stałoprądowych dla kolejnych wartości wielkości zmienianej.

Przy podaniu parametrów drugiego źródła (SRC2, START2, STOP2, INCR2) pierwsze źródło będzie zmieniało się w swoim zakresie dla każdej wartości drugiego źródła. Może być to przydatne np. dla uzyskiwania charakterystyk wyjściowych przyrządów półprzewodnikowych.

Analiza ta wyznacza punkt pracy obwodu dla zwarć wprowadzonych w miejsce cewek i przerw wprowadzonych w miejsce kondensatorów. Jest ona wykonywana automatycznie przed analizą stanu przejściowego TRAN w celu wyznaczenia jej warunków początkowych oraz przed małosygnalową analizą zmiennoprądową w celu wyznaczenia liniowych modeli małosygnalowych elementów nieliniowych. Jako część tej analizy może zostać również wyznaczona stałoprądowa małosygnalowa funkcja przejścia oraz rezystancja wejściowa i wyjściowa. Można narysować też krzywą przejściową: podane niezależne źródło jest zmieniane w określonym zakresie, a zmienne wyjściowe są zbierane dla każdej wartości źródła.

Do wprowadzenia wyników służą polecenia PRINT, PLOT, i PROBE

7.3 ANALIZA FUNKCJI PRZEJŚCIA

```
.TF OUTVAR INSRC
```

```
Np : .TF V(5,3) VIN
     .TF I(VLOAD) VIN
```

OUTVAR - zmienna wyjściowa (deklarowana jak dla dyrektywy PRINT)
 INSRC - nazwa niezależnego źródła

Analiza ta oblicza małosygnałową funkcję przejścia (stosunek wyjścia do wejścia) oraz rezystancję wejściową i wyjściową obwodu. Np . w pierwszym z podanych przykładów zostanie obliczony stosunek V(5,3)/VIN, rezystancja wejściowa widziana z zacisków, do których dołączone jest źródło i rezystancja wyjściowa widziana z węzłów 5 i 3.

Wyniki analizy są automatycznie wyprowadzane do zbioru wynikowego.

7.4 ANALIZA WRAŻLIWOŚCIOWA

```
.SENS OV1(A) < OV2(B) ... >
```

```
Np : .SENS V(9) V(4,3) V(17) V(ICC)
```

OV[n] - zmienna wyjściowa (prąd lub napięcie) deklarowane jak w PRINT,
 A - węzeł (numer lub nazwa)

Analiza ta wyznacza stałoprądową czułość małosygnałową każdej podanej zmiennej wyjściowej w zależności od każdego parametru obwodu (wartości elementów, parametrów modeli).

Wyniki analizy są automatycznie wyprowadzane do zbioru wynikowego.

7.5 ANALIZA ZMIENNOPRĄDOWA

```
.AC SCALE N FSTART FSTOP
```

```
SCALE : DEC ( dekada ) lub OCT ( oktawa ) lub LIN ( liniowa )
```

```
Np : .AC DEC 10 1 10K
     .AC LIN 100 1 100
```

SCALE - sposób zmiany częstotliwości (liniowa lub logarytmiczna)
 N - ilość punktów pomiarowych przypadających na cały zakres (LIN) lub na dekadę (DEC) czy oktawę (OCT)
 FSTART - częstotliwość początkowa
 FSTOP - częstotliwość końcowa

Analiza powoduje wyznaczenie częstotliwościowej odpowiedzi układu.

Analiza ta podaje zmienną wyjściową w funkcji częstotliwości zmieniającej się w podanym zakresie. Co najmniej jedno źródło niezależne musi mieć podaną wartość AC, żeby analiza ta miała sens. Częstotliwość wymuszenia jest identyczna dla wszystkich źródeł znajdujących się w obwodzie. Analizy tej używa się zwykle do obliczania funkcji przejścia obwodu. Można również za jej pomocą symulować biały szum rezystorów i przyrządów półprzewodnikowych.

Do wyprowadzenia wyników służą polecenia PRINT, PLOT, i PROBE

7.6 ANALIZA ZNIEKSZTAŁCEŃ

```
.DISTO RLOAD < INTER SKW2 REFPWR SPW2 >
```

Np : .DISTO RL 2 0.95 1E-3 0.75

- RLOAD - nazwa rezystora wyjściowego służącego do pomiaru zniekształceń
- INTER - przedział, w którym następuje sumaryczny wydruk składników całkowitego zniekształcenia pochodzących ze wszystkich elementów nieliniowych (jeżeli pominięty lub INTER=0 => nie będzie sumarycznego wydruku).
- SKW2 - stosunek częstotliwości f_2/f_1 (jeżeli pominięty => SKW2=0.9)
- REFPRW - poziom odniesienia mocy (jeżeli pominięty => REFPWR=1mW)
- SPW2 - amplituda sygnału o częstotliwości f (jeżeli pominięta => SPW2=1)

Analiza ta podaje miarę zniekształceń obwodu. Przyjmuje się, że na wejście podawane są dwa sygnały o częstotliwościach f_1 i f_2 , przy czym f_1 jest częstotliwością nominalną dla danej analizy, a $f_2=SKW2 f_1$. Wynikami analizy są następujące wielkości :

- HD2 - moduł składowej częstotliwości $2f_1$, dla nieobecnej częstotliwości f_2
- HD3 - moduł składowej częstotliwości $3f_1$, dla nieobecnej częstotliwości f_2
- SIM2 - moduł składowej częstotliwości f_1+f_2
- DIM2 - moduł składowej częstotliwości f_2-f_1
- DIM3 - moduł składowej częstotliwości $2f_1-f_2$

Wyniki analizy są automatycznie wyprowadzane do zbioru wynikowego.

7.7 ANALIZA STANU PRZEJŚCIOWEGO

```
.TRAN [ OP] TSTEP TSTOP [TSTART TSTEPMAX] [UIC]
```

Np : .TRAN 1N 100N
 .TRAN 1N 1000N 500N
 .TRAN 10N 1U UIC

- TSTEP - odstęp czasu między wyprowadzaniem wyników, parametr ten nie ma związku z krokiem czasowym analizy, który jest wewnętrznie zmieniany w zależności od charakteru obwodu i sygnałów wymuszających.
- TSTOP - końcowa wartość czasu analizy
- TSTART - początkowa wartość czasu (jeżeli pominięta => TSTART=0) ma to znaczenie li tylko dla procesu wyprowadzania wyników, analiza zawsze przeprowadzana jest od chwili TIME=0 !.
- TSTEPMAX- maksymalny krok czasu (jeżeli pominięty => TMAX=TSTEP lub TMAX=(TSTOP-TSTART) 50 - wybierana jest wartość mniejsza).
- UIC - warunki początkowe. Jeżeli słowo to występuje, to program nie oblicza statycznego punktu pracy przed rozpoczęciem tej analizy. Używa on wtedy jako warunków początkowych wartości podanych przy definicji poszczególnych elementów (IC=VAL) .
- OP - powoduje wyprowadzenie wyników analizy statycznego punktu pracy

Analiza czasowa stanu przejściowego w obwodzie, wyznaczane są czasowe przebiegi poszczególnych prądów i napięć od czasu TIME=0 do TSTOP.

Jeżeli w programie występuje polecenie IC (pkt.8), wtedy do obliczeń warunków początkowych dla poszczególnych elementów używa się napięć w węzłach podanych w poleceniu IC.

Analiza ta podaje zmienne wyjściowe w funkcji czasu w przedziale podanym przez użytkownika. Do wyprowadzania wyników można zastosować polecenia PRINT, PROBE, PLOT.

7.8 ANALIZA SZUMÓW

```
.NOISE OUTV INSRC NUMS
```

Np : `.NOISE V(5) VIN 10`

OUTV – napięcie wyjściowe podające punkt sumowania szumów
 INSRC – nazwa niezależnego źródła prądowego lub napięciowego dla którego obliczana będzie zastępczy szum wejściowy
 NUMS – co NUMS częstotliwości wyprowadzane są pełne wyniki analizy szumowej

Analiza ta jest wykonywana w połączeniu z analizą AC. Oblicza ona równoważne szumy wejściowe i wyjściowe. Składowe z każdego generatora szumów w obwodzie są podawane dla wszystkich częstotliwości w określonych odstępach.

Wyniki analizy są automatycznie wyprowadzane do zbioru wynikowego.

7.9 ANALIZA FOURIERA

```
.FOUR F OV1 < OV2 OV3 ... >
```

Np : `.FOUR 100K V(5)`

F – częstotliwość podstawowa
 OV[n] – zmienne wyjściowe, dla których analiza jest przeprowadzana, deklaracja jak dla PRINT

W wyniku tej analizy uzyskiwane są współczynniki Fouriera (składowa stała i 9 harmonicznym) dla przebiegów czasowych otrzymanych w wyniku analizy stanu przejściowego.

Analiza czasowa nie może trwać krócej niż $1/F$. Dla maksymalnej dokładności TMAX w analizie TRAN powinien być ustawiony na $1/100$ lub mniej.

8. NADAWANIE WARUNKÓW POCZĄTKOWYCH

W celu przeprowadzenia analizy stanu przejściowego konieczne jest wyznaczenie warunków początkowych dla wszystkich cewek i kondensatorów występujących w obwodzie (również dla tych które znajdują się wewnątrz modeli półprzewodników). Istnieją cztery sposoby ustalania warunków początkowych:

1. Automatyczne wyznaczenie warunków początkowych przez program w trakcie analizy punktu pracy dokonanej przed analizą stanu przejściowego (stosowane gdy nie ma klucza UIC w poleceniu TRAN)
2. Nadanie wartości początkowych na poszczególnych elementach poprzez podanie parametru IC=VAL przy definicjach elementów. Wielkości te są uwzględniane w trakcie analizy TRAN jedynie wtedy, gdy uruchamiana jest z kluczem UIC, jeżeli klucza tego nie ma to warunki początkowe określone są jak w pkt.1. Warunki początkowe na elementach dla których nie podano parametru UIC przyjmowane są jako zerowe.
3. Automatyczne wyznaczenie warunków początkowych przez program w trakcie analizy punktu pracy dokonanej przed analizą stanu przejściowego z uwzględnieniem pewnych narzuconych warunków początkowych (stosowane gdy nie ma klucza UIC w poleceniu TRAN). Do wymuszania stosowane są polecenia:

```
.IC V(NODNUM)=VAL < V(NODNUM)=VAL ... >
```

Np : `.IC V(11)=5 V(4)=-5 V(2)=2.2`

NODNUM - numer węzła

VAL - wartość napięcia początkowego w danym węźle

Polecenie powoduje że w czasie analizy stanu początkowego występującego w obwodzie napięcia w węzłach wymienionych w tym poleceniu będą miały wartości wyspecyfikowane, a tylko pozostałe potencjały będą wyznaczane. W momencie rozpoczęcia analizy TRAN narzucone wartości przestają obowiązywać.

```
.NODESET V(NODNUM)=VAL < V(NODNUM)=VAL ... >
```

Np : `.NODSET V(11)=5 V(4)=-5 V(2)=2.2`

NODNUM - numer węzła

VAL - wartość napięcia początkowego w danym węźle

Polecenie podobne do poprzedniego, z tą różnicą że wyspecyfikowane wartości początkowe uwzględniane są tylko jako wartości startowe dla analizy stanu początkowego i mogą w wyniku tej analizy ulec zmianie.

9. OPCJE

Definicja :

```
.OPTIONS OPT1 < OPT2 OPT3 ... >
```

lub : `.OPTIONS OPT1=OPTVAL1 < OPT2=OPTVAL2 ... >`

Np : `.OPTIONS ACCT LIST NODE`

OPT[n] - nazwy opcji

OPTVAL[n] - wartości opcji

Linia ta pozwala użytkownikowi ustawić opcje programu dla specyficznych celów symulacyjnych. Opcje mogą być podane w dowolnej kombinacji i w dowolnym porządku.

Najważniejsze opcje :

ACCT	- drukowanie statystyki obliczeń i czasu
LIST	- drukowanie listy danych wejściowych
NOMOD	- usunięcie wydruku parametrów modelu
NOPAGE	- usunięcie stron
NODE	- drukowanie tablicy węzłów
OPTS	- drukowanie wartości opcji
GMIN=X	- ustawianie wartości minimalnej konduktancji przyjmowanej w programie (jeżeli pominięte => $GMIN=10^{-12}$)
RELTOL=X	- ustawianie tolerancji błędu względnego w programie (jeżeli pominięte => $RELTOL=0.1\%$)
ABSTOL=X	- ustawianie tolerancji bezwzględnego błędu prądowego (jeżeli pominięte => $ABSTOL=1\text{pA}$)
VNTOL=X	- ustawianie tolerancji bezwzględnego błędu napięciowego (jeżeli pominięte => $VNTOL=1\text{uV}$)
TNOM=X	- ustawianie temperatury nominalnej (jeżeli pominięte => $TNOM=300\text{K}$)
LIMPTS=X	- ustawianie ogólnej liczby punktów, które mogą zostać wydrukowane lub naszkicowane w analizach DC, AC i TRAN (jeżeli pominięte => $LIMPTS=201$) .

10. WYPROWADZANIE WYNIKÓW

Wyrowadzanie wyników w postaci tabularycznej

```
.PRINT PRTYPE OV1 < OV2 ... OV8 >
```

```
Np : .PRINT TRAN V(4) I(VIN)
.PRINT AC VM(4,2) VR(7) VP(8,3)
.PRINT DC V(2) I(VSRC) V(23,17)
.PRINT NOISE INOISE
```

PRTYPE - typ analizy (DC , AC , TRAN , NOISE , DISTO)
 OV[n] - zmienne wyjściowe

Polecenie to powoduje wyrowadzenie wartości wyspecyfikowanych zmiennych wyjściowych dla określonej analizy. Wartości te zostaną umieszczone w zbiorze wyjściowym o nazwie identycznej z nazwą zbioru zawierającego opis obwodu, ale z rozszerzeniem OUT. Maksymalnie wyspecyfikować można 8 zmiennych i 1 analizę w jednej linii rozkazowej

Typy zmiennych wyjściowych :

- napięcie : V(N1<,N2>) - różnica potencjałów pomiędzy węzłami N1 i N2 (jeżeli N2 jest pominięte => N2=0 - masa). Dla potrzeb analizy AC można uzyskać 5 dodatkowych zmiennych wyjściowych :
 - VR - część rzeczywista
 - VI - część urojona
 - VM - moduł
 - VP - faza
 - VDB - moduł w decybelach : $20\log(10 \text{ moduł})$
- prąd : I(VXXXXXXXX) - prąd przepływający przez niezależne źródło napięciowe VXXXXXXXX. Dla potrzeb analizy AC można uzyskać 5 dodatkowych zmiennych wyjściowych, podobnie jak w przypadku napięcia.
- szumy : OV[X], gdzie :
 - OV : ONOISE - szumy wyjściowe
 - INOISE - szumy wejściowe
 - X : R - część rzeczywista
 - I - część urojona
 - M - moduł
 - P - faza
 - DB - moduł w decybelach : $20\log(10 \text{ moduł})$

Wyrowadzanie wyników w postaci wykresów graficznych

```
.PROBE [Variable]
```

Variable - opcjonalna specyfikacja zmiennych wyjściowych, jeżeli nie zostanie podana to dostępne będą wyniki wszystkich analiz i wszystkie przebiegi. Przy bardziej złożonych obwodach powoduje to wydłużenie czasu przetwarzania i powstanie bardzo dużego zbioru wynikowego. Specyfikacja zmiennych jest identyczna jak dla poprzednich poleceń.

Polecenie to powoduje utworzenie zbioru zawierającego dane o wynikach przeprowadzonych analiz (PROBE.DAT) przeznaczonego dla postprocesora graficznego PROBE.EXE. Program ten po przeprowadzeniu określonych w zbiorze danych analizach (przez program PSPICE) umożliwia graficzną prezentację wyników na ekranie i drukarce. Należy pamiętać aby w kartotece z której uruchamiany będzie PROBE znajdował się zbiór określający konfigurację posiadanego sprzętu (PROBE.DEV).

11. WŁĄCZANIE ZBIORÓW

Program umożliwia włączanie do zbioru danych innych zbiorów o formacie zgodnym z formatem SPICE'a (np. zawierających definicję subobwodów lub często powtarzające się fragmenty). Do tego celu służy polecenie:

`.INC [PATH] FILENAME`

PATH - opcjonalna ścieżka dostępu do zbioru

FILENAME - nazwa zbioru włączanego

np: `.INC c:defsobow.def`

Włączanie zbioru powoduje wydłużenie kodu naszego programu głównego. W przypadku gdy dysponujemy zbiorem zawierającym wiele definicji subobwodów lub modeli, a naszym zamiarem jest wykorzystanie jednego lub kilku z nich bardziej odpowiednim jest polecenie LIB. Polecenie to powoduje iż uwzględniane są li tylko niezbędne definicje. Składnia tego polecenia jest następująca (patrz obok):

`.LIB [PATH] LIBNAME`

PATH - opcjonalna ścieżka dostępu

LIBNAME - nazwa zbioru bibliotecznego

np: `.LIB X:\SPICE\LIB\OPNOM.LIB`

Zbiory biblioteczne mogą zawierać tylko definicje modeli i subobwodów. W składzie pakietu SPICE dostarczane są następujące biblioteki elementów:

CPNOM - podobwoły
DINOM - cyfrowe elementy wejścia
DONOM - cyfrowe elementy wyjścia
DNOM - diody
QNOM - tranzystory bipolarne
JNOM - tranzystory unipolarne JFET
MNOM - tranzystory unipolarne MOSFET
OPNOM - wzmacniacze operacyjne
QZNOM - kryształy kwarcowe
KNOM - rdzenie magnetyczne
NOM - elementy standardowe
MISC - rozmaite funkcje.