

PROGRAM SNAP v. 2.6 : NEW OPPORTUNITIES FOR TEACHING AND RESEARCH

PROGRAM SNAP v. 2.6 : NOVÉ MOŽNOSTI PRO VÝUKU I VÝZKUM

Dalibor Biolek*), Zdeněk Kolka**)

*) K301 VA Brno, Kounicova 65, PS 13, 612 00 Brno, email biolek@cs.vabo.cz

***) ÚREL FEI VUT Brno, Purkyňova 118, 612 00 Brno, email kolka@urel.fee.vutbr.cz

Abstract: The paper acquaints with a last version of SNAP program for linear circuit analysis. A number of interesting features have been incorporated for supporting both research and teaching processes. The program facilitates individual student working in the laboratories and creation their bachelors and diploma projects.

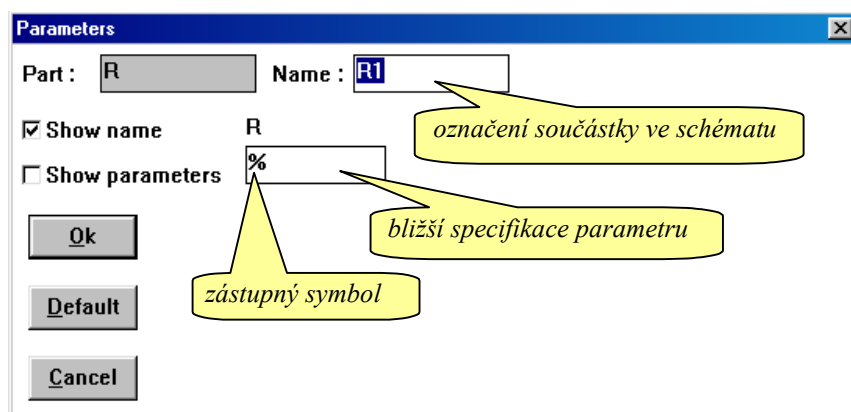
Úvod

Program SNAP (Symbolic Network Analysis Program) vznikl původně jako symbolický analyzátor lineárních a linearizovaných obvodů v prostředí Windows na základě symbolických algoritmů Prof. Čajky [1]. Od té doby přešel program postupným vývojem s cílem jednak rozšíření jeho analyzačních možností i mimo oblast symbolické analýzy, jednak přizpůsobení programu výukovým účelům pro podporu práce v elektrotechnické laboratoři a jako nástroj pro samostatnou práci studentů [2-4].

V článku se omezíme na popis různých možností formulace zadání analyzovaného obvodu, čímž může uživatel ovlivnit formát výsledků vlastní analýzy. Zadávání obvodu se děje v prostředí schématického editoru, z něhož se pak spouští vlastní simulátor.

Způsob zadávání parametrů součástek

Parametry je možné u každé součástky modifikovat v okně *Parameters*. Na obrázku je příklad okna pro definování rezistoru.



Význam jednotlivých položek:

Part: Označení typu součástky. R znamená rezistor.

Name: Označení součástky ve schématu. Toto označení je možné uživatelem změnit.

R .. bližší specifikace parametru, v tomto případě odporu součástky R1. Zástupný symbol % má následující význam:

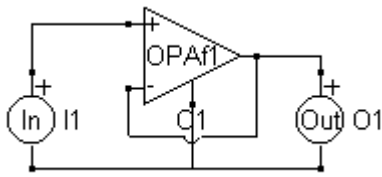
Zastupuje výraz v položce

Name, tj. v našem případě R1. Tento výraz je pak použit ve vzorci symbolického výsledku. Chceme-li docílit, aby ve vzorci výsledku namísto R1 figurovalo například jen krátké R, máme dvě možnosti:

- namísto symbolu % zapíšeme přímo R
- zástupný symbol necháme nezměněn, ale přepíšeme obsah položky **Name** z R1 na R. Tím se ale ve schématu u rezistoru objeví označení R namísto R1.

Chceme-li blíže specifikovat parametr součástky, např. zadat i jeho číselnou hodnotu R1=1kΩ, můžeme to udělat například připsáním %=1k.

Příklad 1. Obvod se součástkami, které jsou popsány několika parametry



Ve schématu napětového sledovače podle obrázku je aktivní součástkou „OPA1“ jednopólový model operačního zesilovače, popsáný stejným směrem zesílením otevřené smyčky A, tranzitním kmitočtem GBW a výstupním odporem Ro. Těmto parametrům přiřadíme hodnoty typické pro operační zesilovač typu 741: A = 200000, GBW = 1MHz, Ro = 50Ω. Dále se

pokusíme získat přenos napětí pro ideální operační zesilovač, tj. pro A = ∞, GBW = ∞, Ro = 0. Prohlédneme si implicitní okno parametrů operačního zesilovače:

Parameters			
Part :	OPA_f1	Name :	O1
☒ Show name	A	GBW	Ro
☐ Show parameters	%_A	%_GBW	%_Ro

Jméno operačního zesilovače je O1. Zápisy %_A, %_GBW a %_Ro znamenají označení parametrů A, GBW a Ro zesilovače O1. V případě více zesilovačů stejného typu

v obvodu je tak zajištěna jednoznačná identifikace jejich parametrů. Analýza přenosu napětí Snapem dá pouze symbolický výsledek

$$\frac{6.28319 \cdot O1_A \cdot O1_GBW}{6.28319 \cdot O1_A \cdot O1_GBW + 6.28319 \cdot O1_GBW + s \cdot (O1_A)}$$

který odpovídá vzorci

$$K_v = \frac{2\pi \cdot A \cdot GBW}{2\pi \cdot A \cdot GBW + 2\pi \cdot GBW + sA}$$

Dlouhé symboly O1_A, O1_GBW a O1_Ro mohou činit symbolické výsledky nepřehlednými. Navíc v případě jediného zesilovače ve schématu je takovýto zápis parametrů zbytečně složitý. Změňme označení parametrů například tak jak je naznačeno na obrázku.

Symbolický výsledek nyní bude přehlednější:

Parameters			
Part :	OPA_f1	Name :	O1
☒ Show name	A	GBW	Ro
☐ Show parameters	A	ft	Ro

$$\frac{6.28319 \cdot A \cdot ft}{6.28319 \cdot A \cdot ft + 6.28319 \cdot ft + s \cdot (A)}$$

Nyní přiřadíme symbolickým parametrům číselné hodnoty:

A	GBW	Ro
A=200k	ft=1meg	Ro=50

Výsledky symbolické analýzy se pochopitelně nezmění, přibudou však výsledky semisymbolické analýzy, nulové body a póly a vzorce impulsní a přechodné charakteristiky.

$$\frac{\text{semisymbolic}}{\text{Multip. Coefficient} = 6.283185300000000E+0006 \cdot 1.000000000000000E+0000}$$

$$\frac{6.28321671592650E+0006 \cdot 1.000000000000000E+0000}{s}$$

$$\frac{\text{zeros}}{\text{none}}$$

$$\frac{\text{poles}}{-6.28321671592650E+0006}$$

$$\frac{\text{step response}}{9.99995000025000E-0001 \cdot -9.99995000025000E-0001 \cdot \exp(-6.28321671592650E+0006 \cdot t)}$$

$$\frac{\text{pulse response}}{6.283185300000000E+0006 \cdot \exp(-6.28321671592650E+0006 \cdot t)}$$

$$K_v = 6.283 \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{6.283 \cdot 10^6 + s}$$

$$h(t) \doteq 1 - e^{-6.283 \cdot 10^6 t}$$

$$g(t) \doteq 6.283 \cdot 10^6 e^{-6.283 \cdot 10^6 t}$$

V složkách a je pak možné pracovat s grafy v kmitočtové a časové oblasti.

Pokusme se nyní idealizovat model operačního zesilovače volbou hraničních parametrů $A = \infty$, $f_t = \infty$, $R_o = 0$. Máme na výběr 3 možnosti jak to udělat:

1. Symbolické parametry ponecháme beze změny a přiřadíme jim pouze numerické parametry. Pak symbolický výsledek bude beze změny, ke změně dojde počínaje semisymbolickou analýzou.
2. Některé symbolické parametry ponecháme beze změny, ostatní přepíšeme jejich numerickými hodnotami. Tím dosáhneme částečné modifikace (zjednodušení) symbolického výrazu.
3. Místo všech symbolických parametrů zapíšeme přímo numerické parametry. Pak se změny promítnou maximální měrou již do symbolických výsledků. Tím dosáhneme maximální úpravy symbolického vzorce.

Ukážeme druhou možnost:

A	GBW	R _o
inf	ft=inf	0

Symbolický výraz bude nyní popisovat vliv f_t na přenos za předpokladu nekonečného zesílení A a nulového výstupního odporu R_o :

_____symbolic_____

6.28319*ft

6.28319*ft

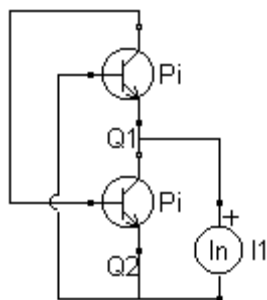
+s*(1)

$$\text{neboli } K_V = \frac{2\pi f_t}{2\pi f_t + s}$$

Příklad 2. Obvod s několika součástkami stejného typu

Uvažujme schéma obvodu podle obrázku. Podle [5] se obvod chová vzhledem k vstupním svorkám jako paralelní uspořádání rezistoru, kapacitoru a induktoru.

Tranzistory jsou typu „Transistor_Pi“. Jejich parametry jsou zadány následovně:



Name : Q1

Name : Q2

rbe
inf

gm
gm1=0.1

gce
0

Cbe
Cbe1=5p

Cbc
0

Cce
0

rbe
inf

gm
gm2=0.1

gce
0

Cbe
Cbe2=5p

Cbc
0

Cce
0

Fyzikální význam jednotlivých parametrů: rbe .. střídavý odpor báze-emitor
gm .. transkonduktance I_c/U_{be}
gce .. střídavá vodivost kolektor-emitor
Cbe .. kapacita báze-emitor
Cbc .. kapacita báze-kolektor
Cce .. kapacita kolektor-emitor.

Analýza tedy bude provedena za zjednodušujícího předpokladu, že oba tranzistory budou mít nekonečný odpor rbe, nulovou vodivost gce a nulové kapacity Cbc a Cce. Zbývající parametry gm a Cbe mají sice u obou tranzistorů stejné velikosti, v symbolech jsou však odlišeny indexy, abychom mohli v symbolickém výsledku identifikovat jejich vlivy.

Postup řešení: spočítáme vstupní impedanci a zjistíme, zda je ji možno interpretovat jako paralelní spojení součástek typu R, C a L.

Provedeme analýzu vstupní impedance (Z_{in} , open). Prohlédneme si první část výsledků:

_____symbolic_____

s*(Cbe2)

gm1*gm2

+s*(gm1*Cbe2)

+s^(2)*(Cbe1*Cbe2)

$$Z_{in} = \frac{sC_{be2}}{g_{m1}g_{m2} + sg_{m1}C_{be2} + s^2C_{be1}C_{be2}}$$

```

_____semisymbolic_____
Multip. Coefficient = 2.000000000000000E+0011
1.000000000000000E+0000 * s
-----
4.000000000000000E+0020
2.000000000000000E+0010 * s
1.000000000000000E+0000 * s^(2)

```

$$Z_{in} = 2 \times 10^{11} \frac{s}{4 \times 10^{20} + 2 \times 10^{10} s + s^2}$$

Vstupní admitance tedy bude

$$Y_{in} = \frac{1}{Z_{in}} = \frac{g_{m1}g_{m2} + s g_{m1}C_{be2} + s^2 C_{be1}C_{be2}}{s C_{be2}} = \frac{g_{m1}g_{m2}}{s C_{be2}} + g_{m1} + s C_{be1} = \frac{1}{500 \times 10^{-12} s} + 0.1 + 5 \times 10^{-12} s$$

a lze ji interpretovat jako paralelní řazení součástek typu L, R a C, kde

$$L = \frac{C_{be2}}{g_{m1}g_{m2}} = 0.5 nH, R = \frac{1}{g_{m1}} = 10 \Omega, C = C_{be1} = 5 pF.$$

Modifikujeme-li parametry tranzistoru Q2 podle obrázku, dosáhneme shody odpovídajících symbolických parametrů. Symbolický výraz pro vstupní impedanci nyní bude

```

_____symbolic_____
s*( Cbe1 )
-----
gm1^(2)
+s*( gm1*Cbe1 )
+s^(2)*( Cbe1^(2) )

```

Name :

rbe	gm	gce
inf	gm1	0
Cbe	Cbc	Cce
Cbe1	0	0

Výhodu takového zjednodušování oceníme například v režimu krokování: Krokováním parametru *gm1* současně krokujeme stejné parametry obou tranzistorů.

Závěr

Program SNAP lze s výhodou použít v některých situacích, kde klasické numerické simulátory typu SPICE nejsou použitelné: Při výpočtech využívajících symbolické a semisymbolické výsledky, při ověřování principu lineárních obvodů, při studiu vlivu reálných vlastností konkrétních parametrů součástek a funkčních bloků a při simulaci obvodů s využíváním speciálních nástrojů, jakými jsou editor závislostí [4] apod. V článku jsou popsány základní metody zadávání parametrů součástek a jejich vliv na formát symbolických a semisymbolických výsledků.

Tato práce vznikla za podpory Grantové Agentury ČR prostřednictvím projektu GAČR č. 102/97/0765.

Literatura

- [1] ČAJKA,J.-VRBA,K.-BIOLEK,D.: Improved Program for Symbolic Analysis and Synthesis of Electrical Networks. AMSE'94, Lyon, Vol.1, pp.299-302, France, 1994.
- [2] BIOLEK,D.- SVIEZENY,B.: SNAP - Analyse Symbolique des Circuits Linéaires. Manuel utilisateur, version 2.6. Société d'Etudes d'Exploitation et de Recherches, Paris 1999, France.
- [3] BIOLEK,D.-KOLKA,Z.: SNAP: A Tool for the Analysis and Optimization of Analogue Filters. Přijato k publikaci na TSP'99, Brno.
- [4] SNAP Program Extension for Supporting User-Based Analysis and Optimization of Analog Filters. Přijato k publikaci na AMTEE'99 Plzeň.
- [5] SUNG-Gi Yan et al.: Fully Symmetrical, Differential- Pair Type Floating Active Inductors. ISCAS'97 HongKong 1997, Vol.1, pp. 93-96.