



CVIČENÍ V MICRO-CAPU



PRACOVNÍ SEŠIT

Jméno, třída, šk.r.

TEMATICKÝ PLÁN VYUČOVACÍHO PŘEDMĚTU

Programové vybavení (PRV)

Základy obvodové analýzy na počítači

Studijní obor

26 - 47 - M/002 Elektronické počítačové systémy

Ročník: čtvrtý

2/2

Školní rok: 2009/2010

Celkový počet hodin: 2 hodiny týdně / 30 hodin za učební blok

Časový rozvrh (týden) 1. a 2. skupina		Tematický celek a téma	Počet hodin	Poznámka
Září 1.	Leden 19.	Zásady práce a řád LVT. Charakteristika programů pro obvodovou analýzu.	2	Návrhový řetězec. Tvůrčí přístup k problému.
2.	20.	Prostředí MicroCapu. <u>Práce v editoru schémat.</u> <u>Dynamická DC analýza.</u>	2	Objekty pracovní plochy. Kopie, přesuny, schránka. Export grafiky.
3.	21.	Použití vzorců ve schématu. Krokování parametrů a teploty. Optimalizace obvodu.	2	Značení obvodových veličin a jejich zobrazování ve schématu.
4.	Únor 22. – 24.	<i>Procvičování dynamické DC analýzy. (únor 2010 - jarní prázdniny)</i>	2	<i>Konec bloku - klasifikace.</i>
Říjen 5.	25.	Časová analýza. <u>Nastavení analýzy.</u> Pracovní bod. Analýza křivek. Zdroje signálů.	2	Časová konstanta. Harmonický a impulzní signál.
6.	26.	Krokování parametrů a teploty. Aplikace na časovou analýzu.	2	
7.	Březen 27.	<i>Procvičování časové analýzy.</i>	2	<i>Konec bloku - klasifikace.</i>
8., 9. (ředitelské volno)	28.	Frekvenční analýza. <u>Nastavení analýzy.</u> Napěťový přenos, fázový posun.	2	Souvislost mezi frekvenční a časovou oblastí.
Listopad 10.	29.	Měření frekvenčních charakteristik vybraného obvodu.	2	Upevnění učiva předmětu ELEKTRONIKA.
11.	30.	<i>Procvičování frekvenční analýzy.</i>	2	<i>Konec bloku – klasifikace.</i>
12.	31.	DC analýza. <u>Nastavení analýzy.</u> Rozmítání napěťových a proudových zdrojů.	2	VA a AV charakteristiky rezistivních obvodů.
13.	Duben 32.	Základní měření na polovodičových součástkách. Teplotní závislosti.	2	Upevnění učiva předmětu ELEKTRONIKA.
Prosinec 14.	33.	<i>Procvičování DC analýzy.</i> Úloha podporující současné učivo v předmětu Elektronika.	2	<i>Konec bloku – klasifikace.</i>
15.	34.	<u>Úvod do SPICE.</u> Tvorba netlistu, spuštění analýzy.	2	RLC prvky, polovodičové součástky. Napěťové a proudové zdroje.
16. – 18. (vánoce)	35.	Podobvody SPICE.	2	Knihovny na Internetu.
Leden 19. – 21.	Květen 36. – 38.	<i>Domácí práce na individuálním projektu.</i>	6	<i>Každý žák bude pracovat na jiné úloze.</i>

ÚVOD

Tento pracovní sešit je pomůckou do předmětu PRV4, část „Základy obvodové analýzy na počítači“ oboru Elektronické počítačové systémy. Slouží jako opora paměti při práci v prostředí programu Micro-Cap a zároveň je médiem pro zapisování poznámek a postřehů při práci s programem v rámci výuky v počítačové učebně.

Látka je rozdělena do 7 kapitol, které logicky sledují postupné zvládnání práce se simulačním programem. Osnova uvedená na začátku každé kapitoly zároveň představuje soubor požadavků pro úspěšnou práci, tj. udává, na co byste se měli zaměřit. Některé body uvedené v osnově nejsou v textu rozvedeny, tj. předpokládá se, že si je doplníte a poznamenate sami na základě vlastních pokusů.

Je žádoucí, abyste si stáhli z domovské stránky výrobce Micro-Capu <http://www.spectrum-soft.com> výukovou verzi programu a „trénovali“ doma. Ještě lepším řešením je stáhnout si ze školní sítě dle pokynů vyučujícího verzi s upravenými knihovnamí „mc9demo.zip“. Program se nemusí instalovat, stačí jej kompletně rozbalit (tedy i s adresářem „mc9demo“, který je uvnitř archivu) na kořen logického disku C: a spustit. Pokud byste chtěli toto umístění změnit nebo složku s programem přejmenovat, upravte si podle toho obsah souboru MCAP.DAT (existují dobré důvody pro to, že tento soubor má atribut Read Only, ale s tím si určitě poradíte :-)).

Mnoho úspěchů při práci s programem přeje autor.

V Rožnově p.R., září 2009
Zdeněk Biolek

Poznámky:

1. Micro-Cap[®] - PRÁCE V EDITORU SCHÉMAT

Účel editoru schémat:

Vytvořit schéma zapojení, jehož chování se bude simulovat na počítači.

Osnova:

- Orientace na pracovní ploše
- Vložení součástky na plochu, zadání parametrů součástky
- Pravidla pro zadávání číselných konstant
- Editační pravidla
 - Změna parametrů součástky
 - Přemístění a rotace
 - Kopírování součástky
 - Práce se skupinou součástek
- Vodiče
 - Způsoby spojování součástek
 - Zalamování vodičů
 - Vodivé a nevodivé křížení
 - Editace vodičů
- Text ve schématu
 - Nadpisy a poznámky
 - Názvy uzlů
 - Editace textu
- Dodatečné úpravy schématu (grafické prvky)
- Uložení souboru
- Export schématu (do Wordu)

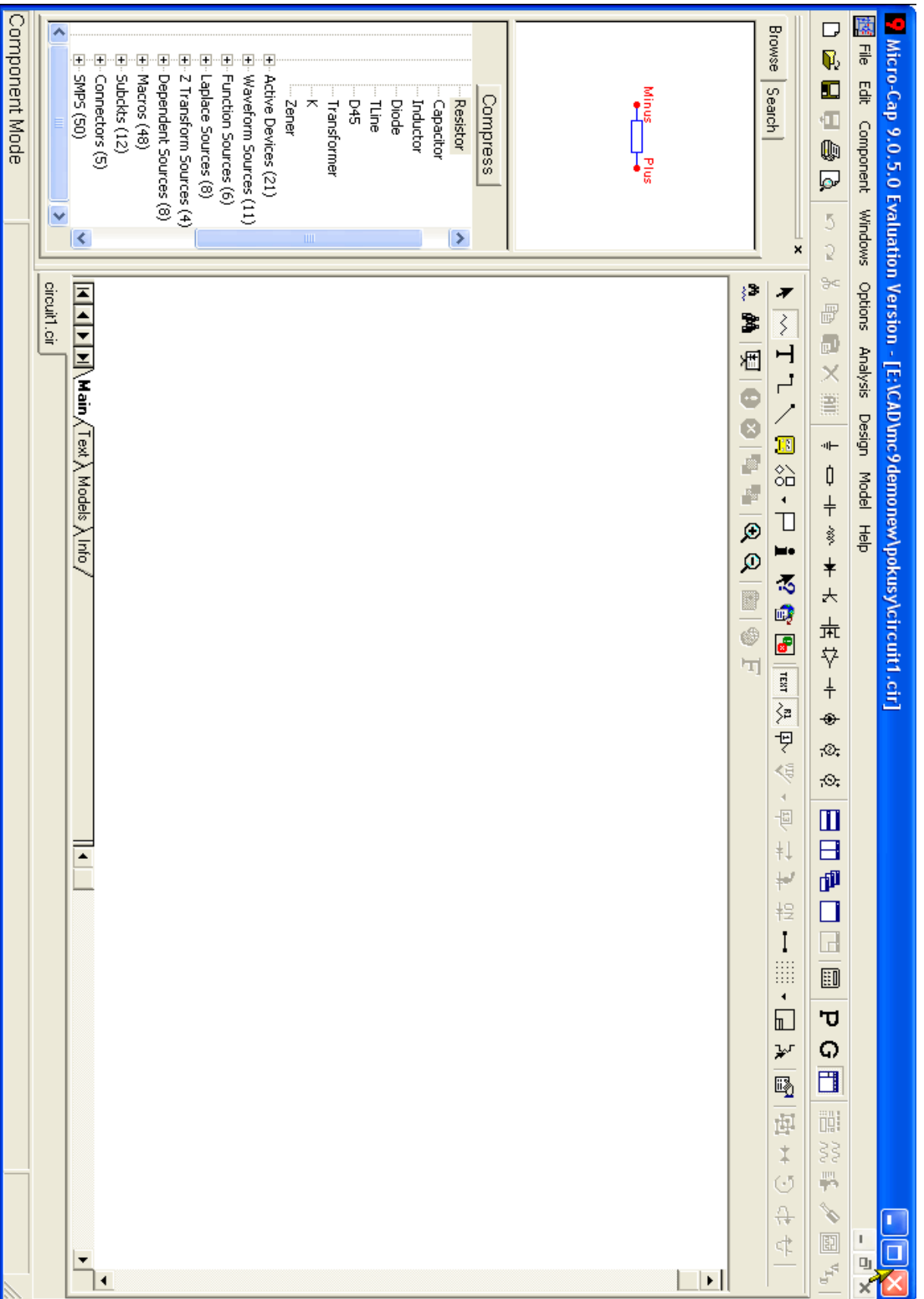
Nejpoužívanější klávesy a klávesové zkratky:

F1	Nápověda
Ctrl+C	Kopírovat do schránky
Ctrl+V	Nalepit na plochu ze schránky
Ctrl+X	Vystříhnout do schránky
Ctrl+Home	„Vystředění“ schématu do původní pozice
Shift+Označit (odznačit) myší	Přidat (ubrat) prvek do (ze) skupiny
Ctrl+Táhnout prvek (skupinu) myší	Přikopírování prvku (skupiny)

Pravidla pro zadávání číselných konstant:

1f	Femto	10 ⁻¹⁵
1p	Piko	10 ⁻¹²
1n	Nano	10 ⁻⁹
1u	Mikro	10 ⁻⁶
1m	Mili	10 ⁻³
1k	Kilo	10 ³
1meg	Mega	10 ⁶
1g	Giga	10 ⁹
1t	Tera	10 ¹²

Poznámky:



Poznámky:

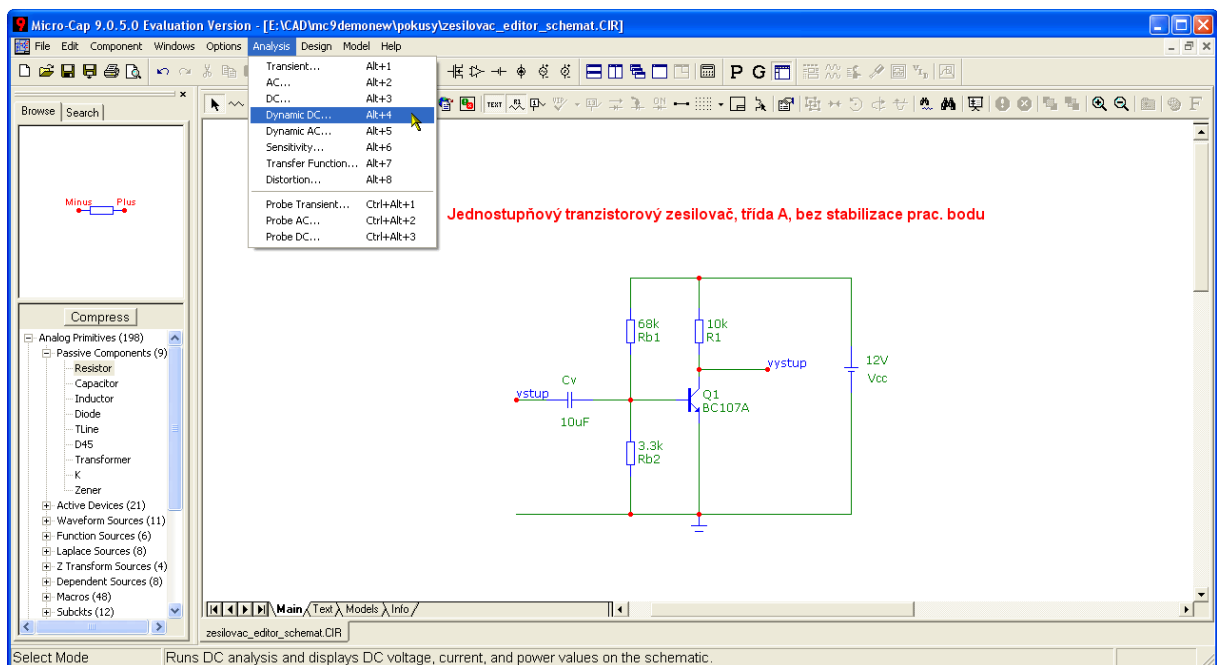
2. Micro-Cap[®] - DYNAMICKÁ DC ANALÝZA (DDC)

Účel analýzy: Zobrazovat přímo ve schématu napětí, proudy a jiné veličiny pracovního bodu.

Osnova:

- Spuštění dynamické DC analýzy
- Zobrazení uzlových napětí, proudů, výkonů, stavů polovodičových součástek
- Reakce na přímou změnu parametru součástky
- Reakce na postupnou změnu parametru součástky (slidery)
- Reakce na postupnou změnu parametrů skupiny součástek
- Reakce na změnu struktury zapojení
- Použití vzorců ve schématu
- Krokování parametrů a teploty
- Optimalizace

Spuštění dynamické DC analýzy



Cvičný příklad: Vylad'te rezistorem Rb2 napětí na uzlu „vystup“ na hodnotu 6V.

Nejpoužívanější ikonky



Čísla uzlů



Uzlová napětí



Proudy



Výkony



Stavy

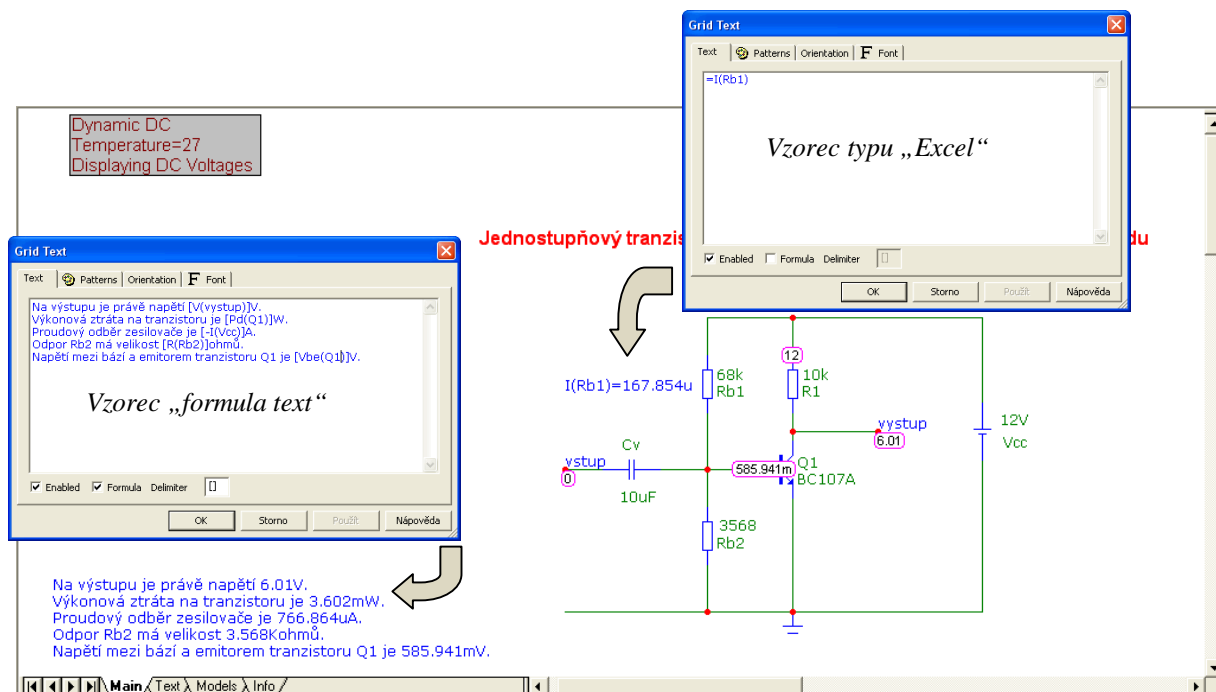
Nejpoužívanější klávesy a klávesové zkratky

Klávesová šipka ↑	Zvyšování hodnoty parametru vybraného prvku (skupiny)
Klávesová šipka ↓	Snižování hodnoty parametru vybraného prvku (skupiny)
F9	Nabídka „Limits“
Shift + F3	Ukončení analýzy

Poznámky:

Vkládání vzorců

Účel vzorců: Během dynamické DC analýzy se na místě, kam byly vloženy, objevují vypočítané výsledky, které okamžitě reagují na všechny změny prováděné ve schématu.



Pravidla pro zadávání obvodových veličin (platí pro všechny analýzy)

Syntaxe	Význam	Příklady, poznámka
V(číslo nebo název uzlu)	Napětí uzlu proti zemi	V(1) V(Out)
V(číslo nebo název uzlu1, číslo nebo název uzlu 2)	Napětí mezi uzly 1 a 2, kladný je směr 1-2	V(Out1,Out2)
V(jméno jednobranu)	Napětí na jednobranu	V(R1) V(Cv) V(Dioda)
Vx(jméno tranzistoru)	Napětí mezi elektrodou x a zemí	Vb(Q1)
Vxy(jméno tranzistoru)	Napětí mezi elektrodami x a y	Vce(Q1)
I(číslo nebo název uzlu1, číslo nebo název uzlu2)	Proud tekoucí větví z uzlu1 do uzlu2	I(In,Out) I(Vystup,0)
I(jméno jednobranu)	Proud tekoucí přes jednobran	I(Rb1) I(Dioda) I(Vcc)
Ix(jméno tranzistoru)	Proud vtékající do elektrody x	Ic(Q1)
PD(jméno součástky)	Ztrátový výkon součástky	Pd(R1) Pd(Q1) Pd(Dioda)
PDT	Ztrátový výkon v obvodu	Power Disipated Total
PG(jméno zdroje)	Výkon generovaný zdrojem	Pg(Vcc)
PGT	Výkon generovaný v obvodu	Power Generated Total

Poznámky:

Krokování parametrů

Účel krokování: Krok za krokem se za parametry vybraných součástek dosazují různé hodnoty a sleduje se, jaký to má vliv na funkci zapojení. V této analýze (tj. dynamické DC analýze) lze stejným způsobem krokovat i **teplotu**.

Dynamic DC
Temperature=27
RB2=3.8k
Displaying DC Voltages, Condition

Jednostupňový tranzistorový zesilovač, třída A

Temperature=27 RB2=3.8K

Step What: RB2
From: 3k
To: 4k
Step Value: 100

Step It: Yes No
Method: Linear Log List
Parameter Type: Component Model Symbolic Temperature

Change: Step all variables simultaneously Step variables in nested loops

All On All Off **Next** Stop Default Close Help...

This selects the start or next step value.

Optimalizace

Účel optimalizace: Optimalizátor tak dlouho mění hodnoty označených **parametrů** obvodu, až je dosaženo předem zadaného **kritéria**.

Cvičný příklad: Pro jakou hodnotu odporu Rb2 se bude tranzistor Q1 nejvíce zahřívat?

Dynamic DC
Temperature=27
RB2=3.57k
Displaying DC Voltages, Condition

Jednostupňový tranzistorový zesilovač, třída A

Dynamic DC Optimize

Find	Parameter	Low	High	Step	Current	Optimized
- + Get	RB2	1784	7136		3.568k	3.568k
- + Get					0	0
- + Get					0	0
- + Get					0	0

That	Expression	To	Current	Optimized	Error
Maximizes	Pd(Q1)		3.602m	3.602m	
None					
None					
None					

Method: Standard Powell Stepping Powell Update Circuit

Constraints:

Optimize Stop Apply Format... Settings... Close Help...

Starts the optimizer.

Poznámky:

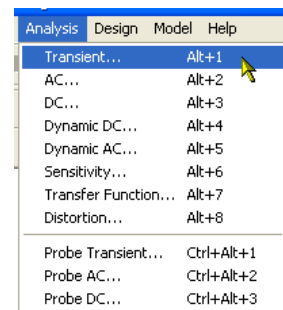
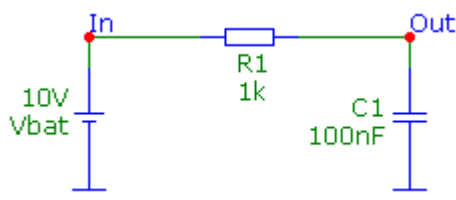
3. Micro-Cap[®] - ČASOVÁ ANALÝZA (TRANSIENT)

Účel analýzy: Sledovat chování obvodových veličin v čase – jako na osciloskopu.

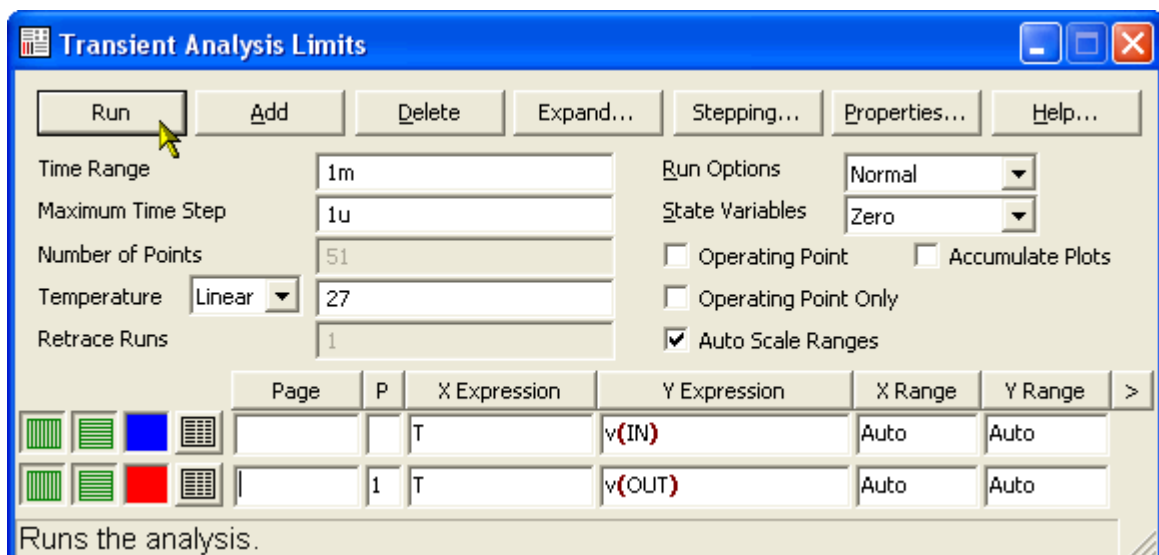
Osnova:

- Příprava schématu a spuštění analýzy
- Nastavení a rozběhnutí analýzy
 - Časový rozsah simulace
 - Pracovní bod
 - Pravidla pro vyjádření veličin elektrického obvodu
 - Sdružování křivek do grafů, formáty os, automatické formáty
 - Nastavení přesnosti simulace (počet bodů)
 - Rozběhnutí analýzy, vytvoření grafu
- Práce s grafem
 - Posun grafu
 - Výřezy
 - Měření na grafu (Cursor Mode)
 - Uložení grafu do grafického souboru, export do Wordu
- Dodatečné úpravy grafu (textové popisy, editace grafu)
- Zdroje signálu
- Krokování parametrů

Příprava schématu a spuštění časové analýzy:



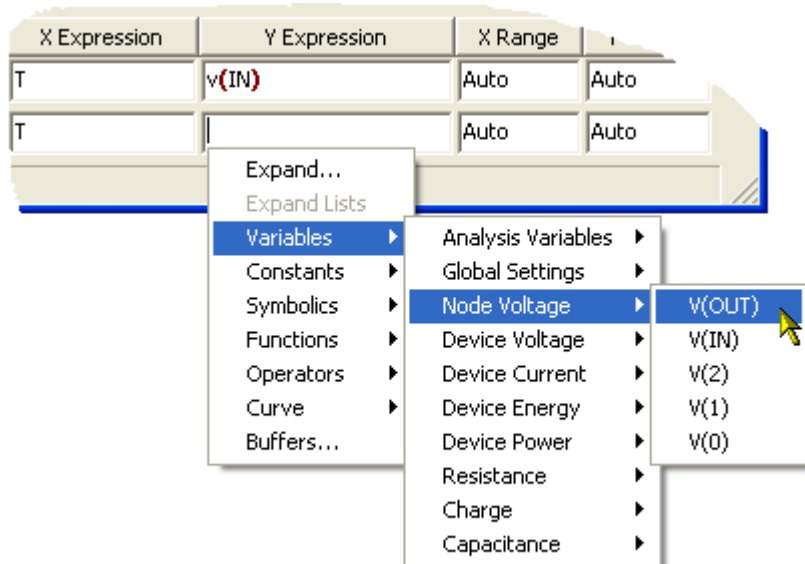
Nastavení a rozběhnutí analýzy:



Poznámky:

Pravidla pro zadávání obvodových veličin:

Veškerá syntaxe pro zadávání obvodových veličin je přístupná po kliknutí pravým tlačítkem myši nad příslušným editačním políčkem ve sloupci „Y Expression“:

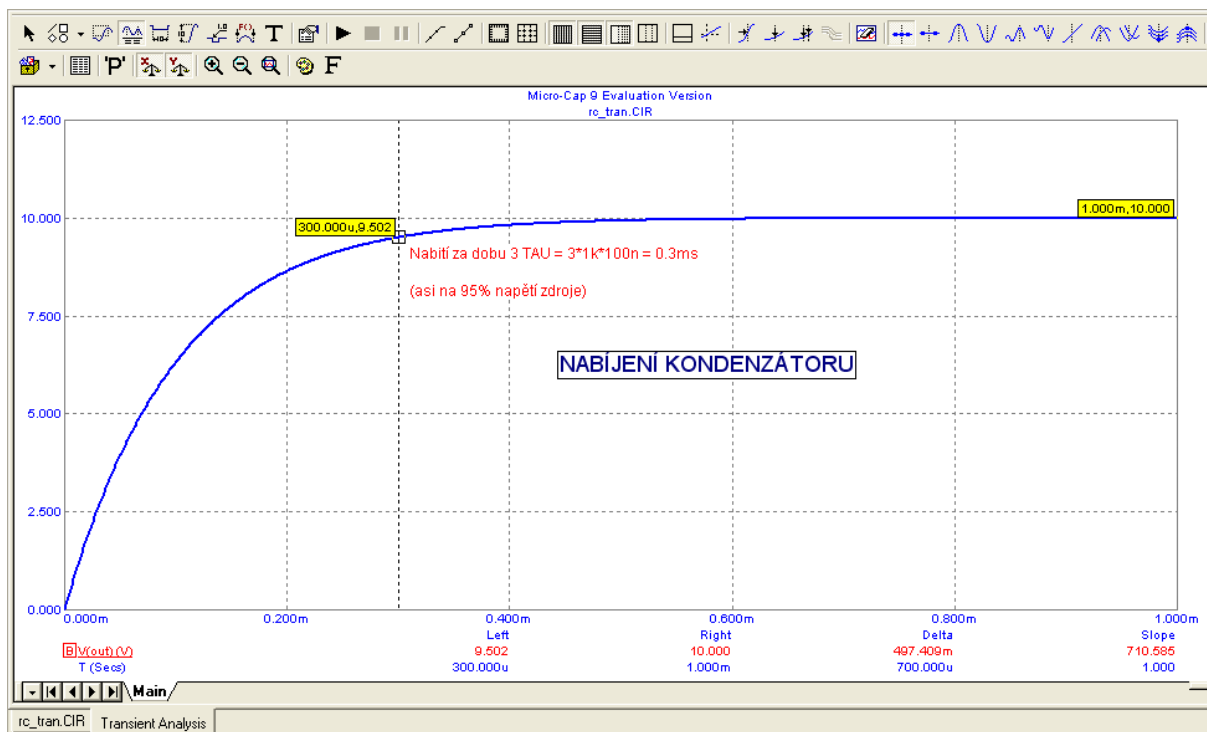


Nejpoužívanější klávesy, ikonky a akce pomocí myši:







Akce	Důsledek akce	Ikonka
F2	Rozběhnutí analýzy	
F3	Opuštění analýzy a návrat do schématu	
F7	Scale mód	
F8	Měřicí mód	
F9	Vyvolání okna s nastavením analýzy	
	Zobrazení datových bodů simulace	
	Vložení textu do grafu	
Zatáhnutí při držení levého tlačítka myši	Zvětšení zvoleného výřezu grafu přes celou obrazovku	
Držení pravého tlačítka myši	Posun grafu	
Ctrl+Home	„Vystředění“ grafu do původní pozice	
Poklepání levým tlačítkem myši do grafu	Editace vlastností grafu	

Poznámky:

Práce s grafem (kurzorový mód):

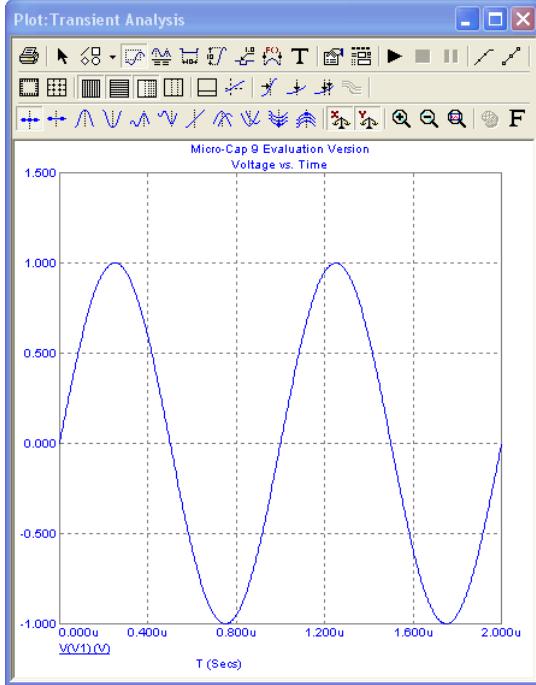
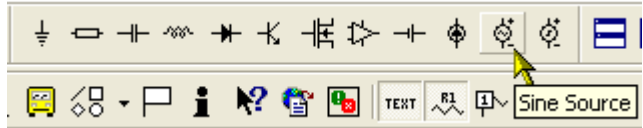
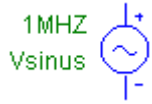


Nejpoužívanější klávesy, ikonky a akce pomocí myši:

Akce	Důsledek akce	Ikonka
Kliknutí levým (pravým) tlačítkem myši do grafu	Umístění levého (pravého) měřicího kurzoru do grafu	
Posuv myši se současným držení levého (pravého) kurzoru myši	Přemístění levého (pravého) měřicího kurzoru v grafu	
Klávesy → nebo ←	Postupné umísťování <i>levého</i> měřicího kurzoru ve směru šipky na objekty zadané ikonkami 	
Shift + Klávesy → nebo ←	Postupné umísťování <i>pravého</i> měřicího kurzoru ve směru šipky na objekty zadané ikonkami 	
Aktivace ikonky pomocí levého tlačítka myši	Postupné umísťování <i>aktuálně vybraného</i> měřicího kurzoru na objekty vybírané ikonkami 	
TAB	Přepínání mezi jednotlivými grafy nebo křivkami	
Aktivace ikonky pomocí levého tlačítka myši	Přesné umístění měřicích kurzorů na zvolenou souřadnici x	
Aktivace ikonky pomocí levého tlačítka myši	Přesné umístění měřicích kurzorů na zvolenou souřadnici y	
Aktivace ikonky pomocí levého tlačítka myši	Vyhledávání bodů na aktuální křivce vyhovujících složitější podmínce	

Poznámky:

Zdroj harmonického signálu



Sine Source

Name: MODEL Value: 1MHZ

Display: Pin Markers Pin Names Pin Numbers Current Power Condition Color

PART=V1
MODEL=1MHZ
COST=
POWER=
SHAPEGROUP=Default
PACKAGE=

Voltage vs. Time
1MHZ
3PHASEA
3PHASEB
3PHASEC
60HZ
GENERAL

OK Cancel Font... Add Delete Browse...
New Find... Plot... Syntax... IBIS... Help...

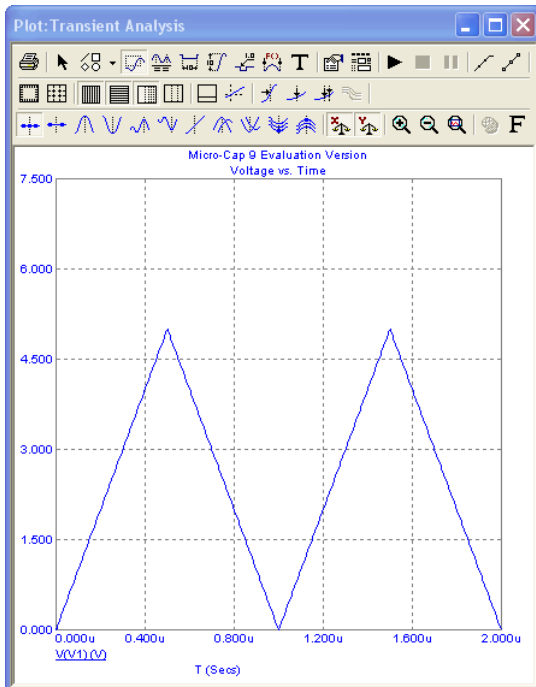
Enabled Help Bar [File Link](#)

Source: Global library located at E:\CAD\mc9demonew\library\UTILITY.LBR

A: 1 DC: 0 F: 1MEG
PH: 0 RP: 0 RS: 1m
TAU: 0

A: Amplitude
These are the model parameters. Editing makes the parameters local to this circuit and saves them as a model statement in the text area.

Zdroj pulzního signálu



Pulse Source

Name: MODEL Value: TRIANGLE

Display: Pin Markers Pin Names Pin Numbers Current Power Condition Color

PART=V1
MODEL=TRIANGLE
COST=
POWER=
SHAPEGROUP=Default
PACKAGE=

Voltage vs. Time
IMPULSE
PULSE
SAWTOOTH
SQUARE
TRIANGLE

OK Cancel Font... Add Delete Browse...
New Find... Plot... Syntax... IBIS... Help...

Enabled Help Bar [File Link](#)

Source: Global library located at E:\CAD\mc9demonew\library\UTILITY.LBR

P1: 0 P2: 500n P3: 500n
P4: 1u P5: 1u VONE: 5
VZERO: 0

VZERO: Zero level
These are the model parameters. Editing makes the parameters local to this circuit and saves them as a model statement in the text area.

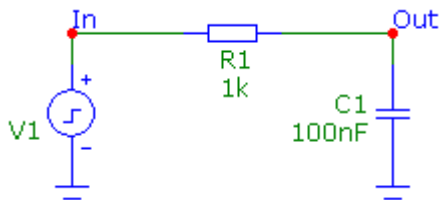
Poznámky:

4. Micro-Cap[®] - KROKOVÁNÍ PARAMETRŮ

Účel krokování: Krok za krokem se za parametry vybraných součástek dosazují různé hodnoty a pro každou z nich se vykreslí do společného grafu jedna křivka.

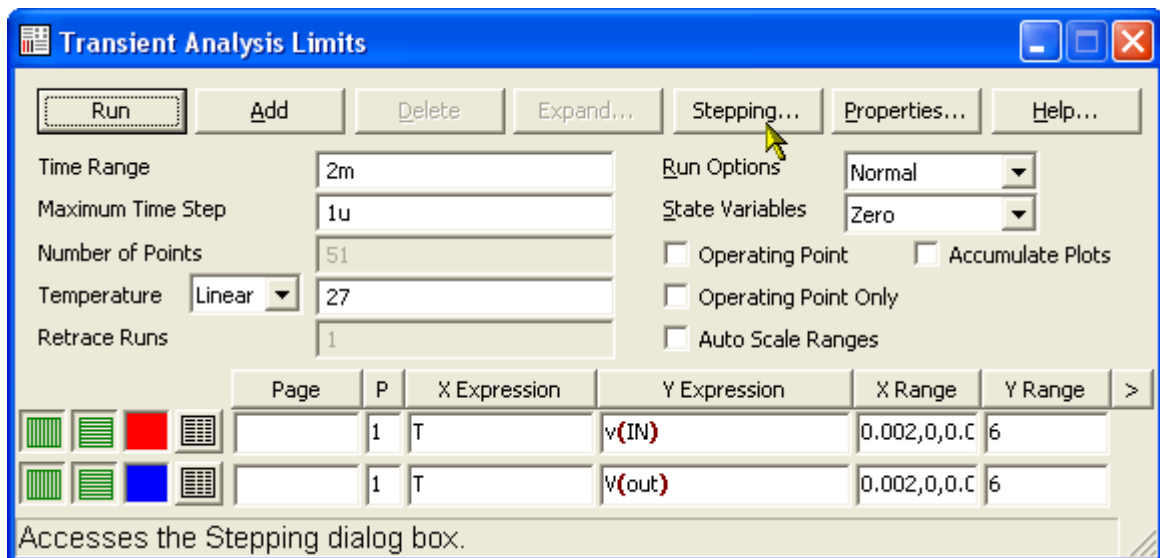
Osnova:

- Co to je krokování parametrů
- Spuštění krokování
- Nastavení parametrů krokování
 - Typy krokování
 - § Lineární krok
 - § Logaritmický krok
 - § Seznam (List)
- Krokování teploty



Cvičné zapojení: Sledujte vliv parametrů jednotlivých komponentů na průběh nabíjení a vybíjení kondenzátoru.

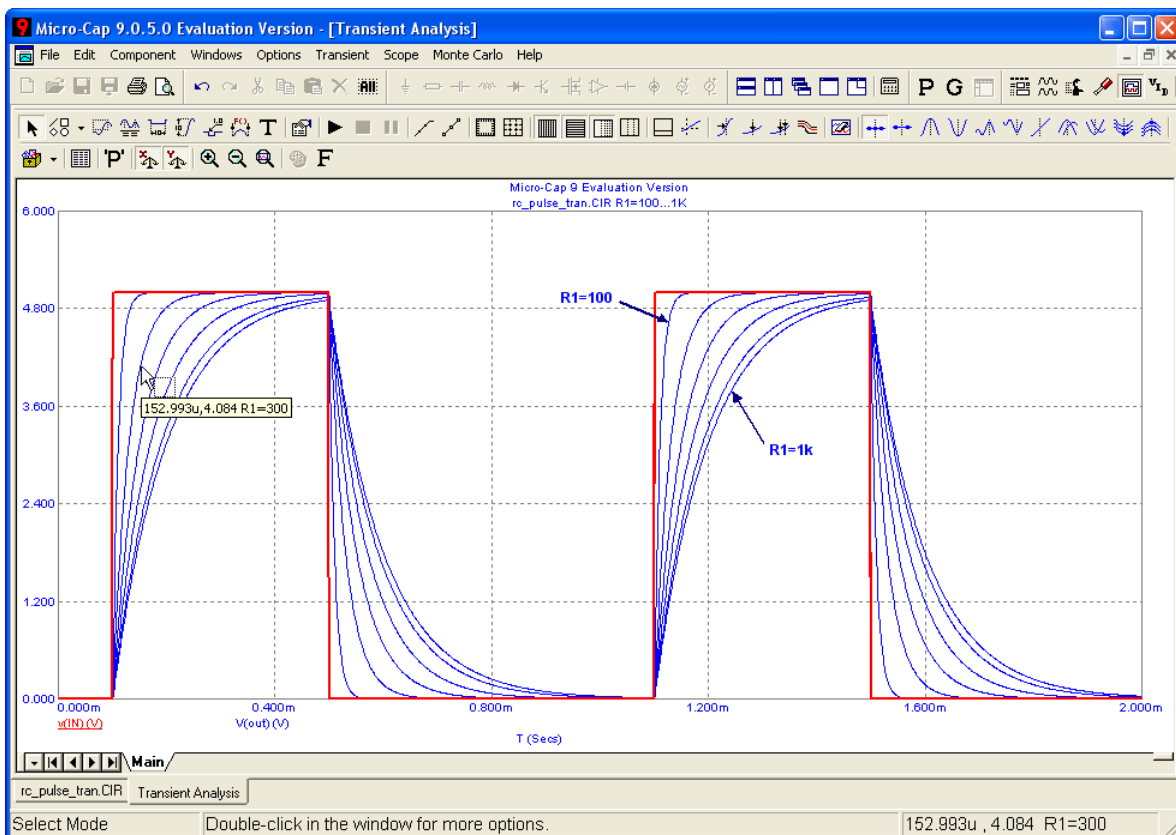
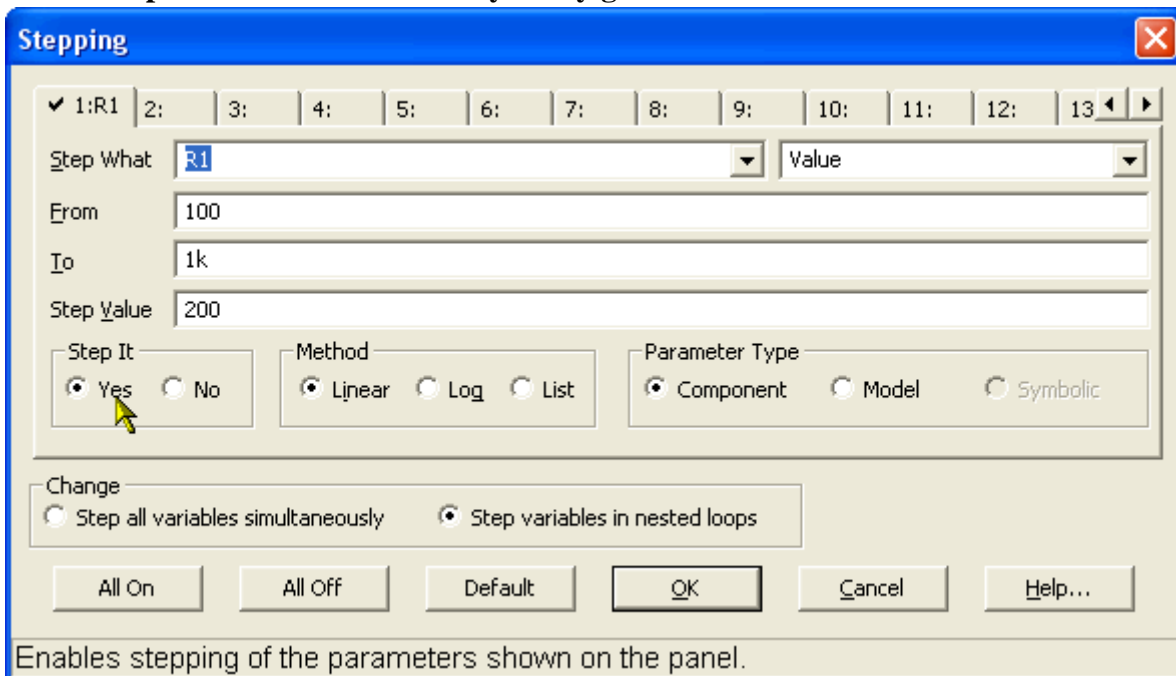
Spuštění krokování v rámci časové analýzy:



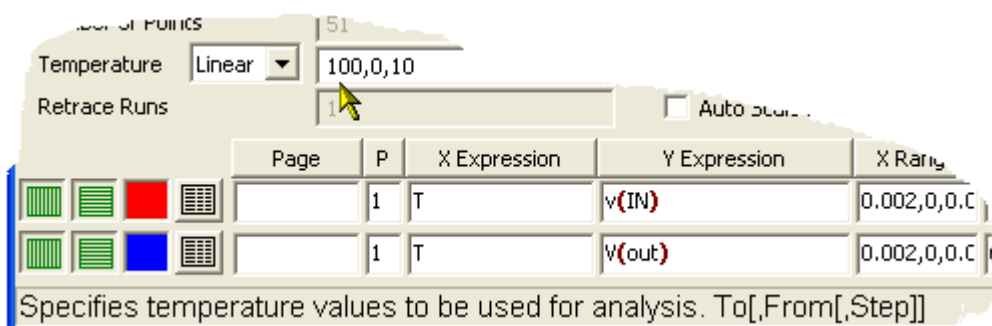
(dá se také spustit „horkou klávesou“ F11).

Poznámky:

Nastavení parametrů krokování a výsledný graf:



Krokování teploty:



Poznámky:

5. Micro-Cap[®] - FREKVENČNÍ ANALÝZA (AC)

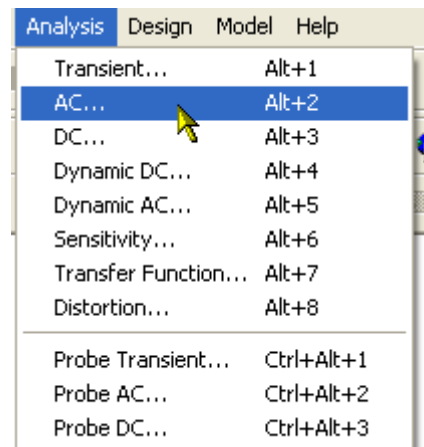
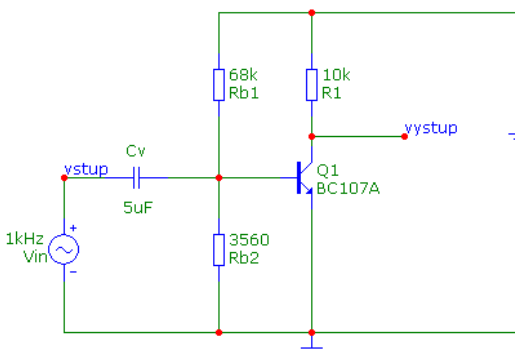
Účel analýzy: Zkoumají se reakce obvodu na různé frekvence testovacího sinusového signálu. Výsledkem jsou nejrůznější frekvenční charakteristiky.

Osnova:

- Příprava schématu a spuštění analýzy
- Nastavení a rozběhnutí analýzy
 - Frekvenční rozsah simulace
 - Veličiny potřebné pro amplitudovou a fázovou charakteristiku
 - Nastavení přesnosti simulace (počet bodů)
 - Rozběhnutí analýzy, vytvoření grafu
- Práce s grafem
 - Měření na grafu (šířka pásma apod.)

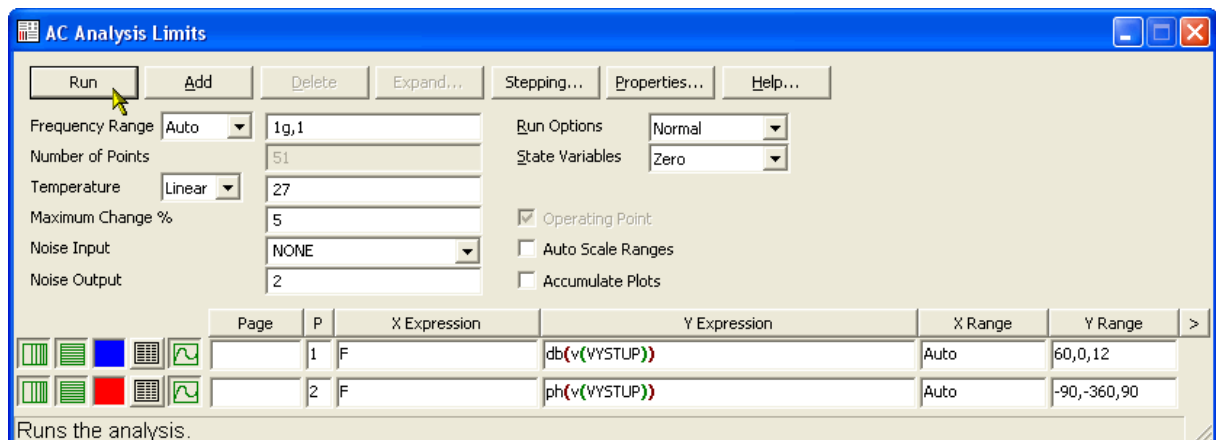
Příprava schématu a spuštění frekvenční analýzy:

Jednostupňový tranzistorový zesilovač
třída A, bez stabilizace prac. bodu



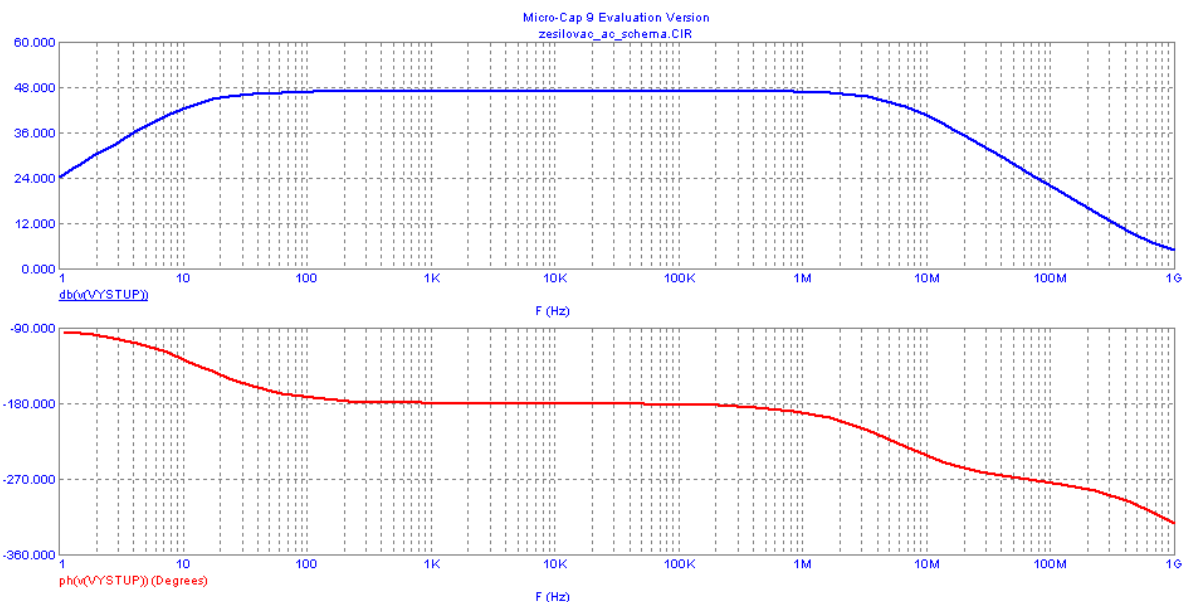
Obvod je linearizován kolem klidového pracovního bodu. Simulátor automaticky vyhledá ve schématu všechny zdroje signálu a nahradí je sinusovými zdroji o amplitudě 1V a nulovou počáteční fází. Zdroje se synchronně proladí s určitým krokem přes zadané frekvenční pásmo a pro každou frekvenci se počítá ustálený harmonický stav celého obvodu.

Nastavení a rozběhnutí analýzy:



Poznámky:

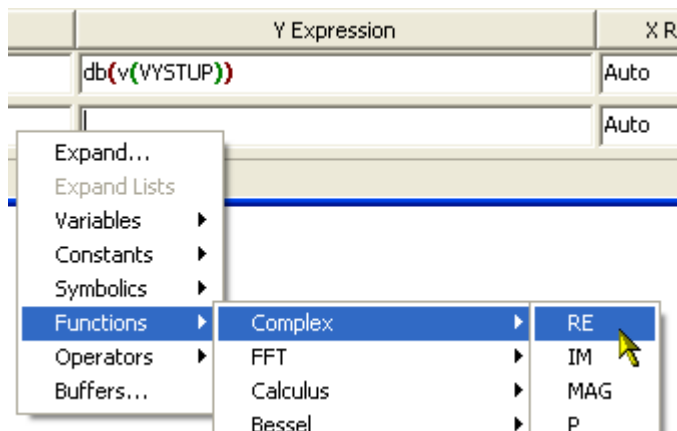
Výsledek analýzy:



Příklady funkcí pro zadávání obvodových veličin v AC analýze:

Syntaxe	Význam	Příklad
<veličina> nebo mag(<veličina>)	Magnituda elektrické veličiny	V(Out) I(R1)
db(<veličina>)	Zesílení v decibelech = $20 \times \log(\text{Veličina})$	db(V(Out))
ph(<veličina>) nebo p(<veličina>)	Fázový posun veličiny ve stupních	ph(I(R1))
re(<veličina>)	Reálná část komplexní veličiny	Re(V(vystup))
im(<veličina>) nebo img(<veličina>)	Imaginární část komplexní veličiny	Im(Vce(Q1))
gd(<veličina>)	Skupinové zpoždění (derivace fázového posunu podle frekvence)	Gd(V(out2,out1))

Veškerá pravidla pro zadávání obvodových veličin jsou přístupná po kliknutí pravým tlačítkem myši nad příslušným editačním políčkem ve sloupci „Y Expression“:



Poznámky:

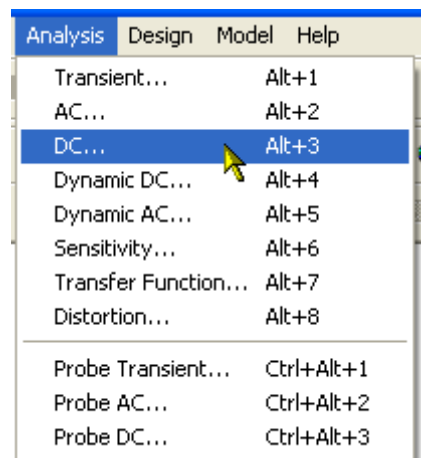
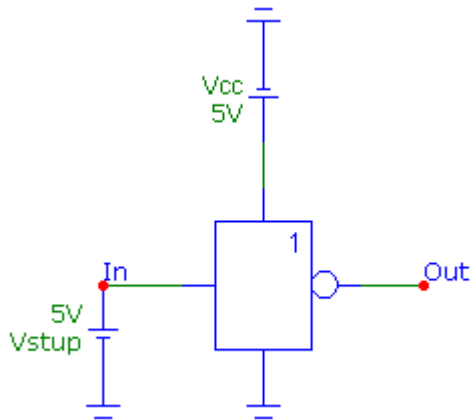
6. Micro-Cap[®] - STEJNOSMĚRNÁ ANALÝZA (DC)

Účel analýzy: Zkoumají se reakce obvodu na pomalé změny stejnosměrných zdrojů (napětových, proudových) nebo na změny teploty. Výsledkem mohou být různé voltampérové charakteristiky obvodu.

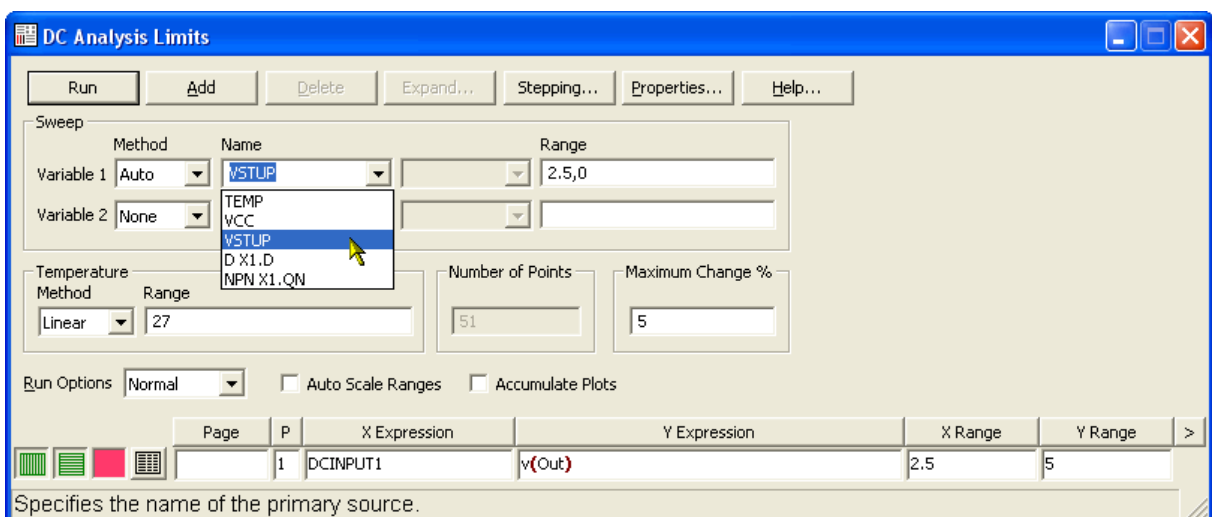
Osnova:

- Příprava schématu a spuštění analýzy
- Nastavení a rozběhnutí analýzy
 - Výběr zdroje nezávisle proměnné veličiny (Variable 1)
 - Zadání rozsahu změny nezávisle proměnné veličiny
 - Nastavení přesnosti simulace (krok, max. změna)
 - Rozběhnutí analýzy, vytvoření grafu
- Teplotní analýza

Příprava schématu a spuštění stejnosměrné analýzy:

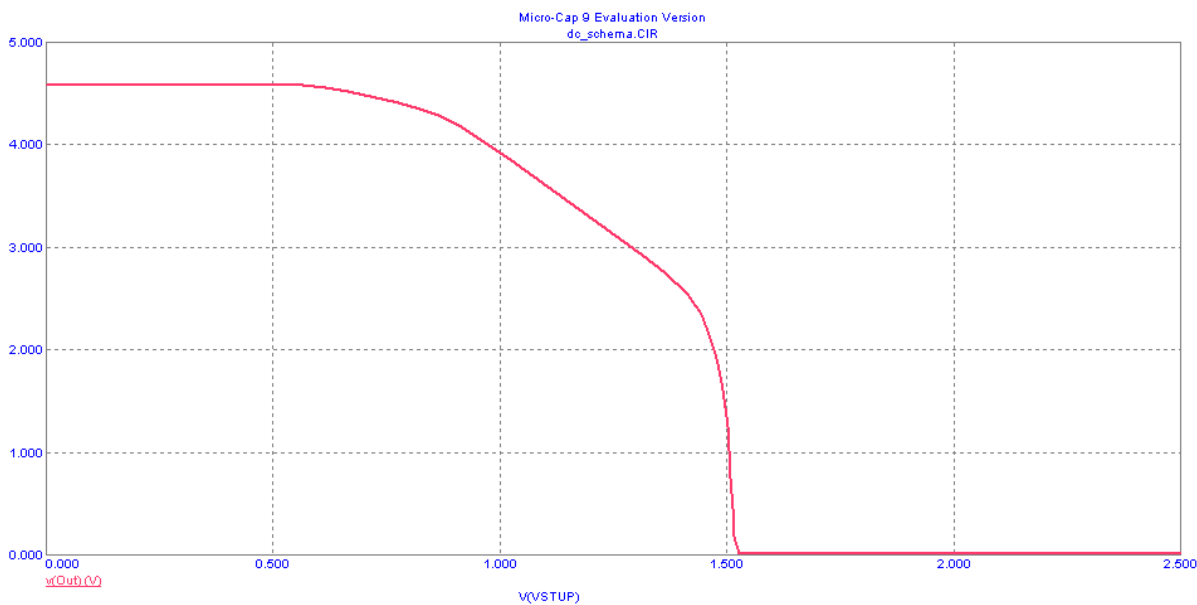


Nastavení a rozběhnutí analýzy:

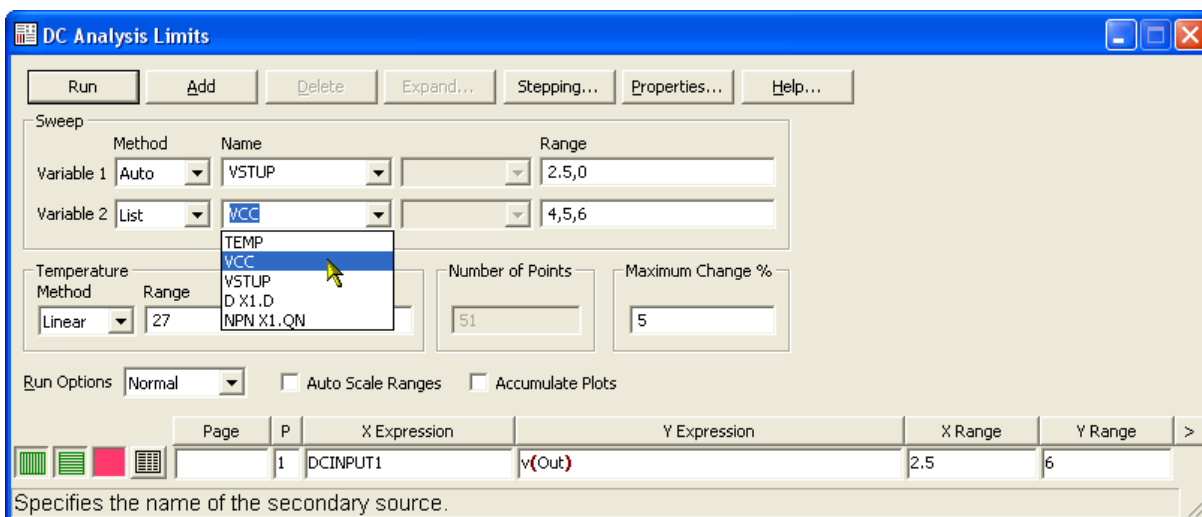


Poznámky:

Hotový graf:



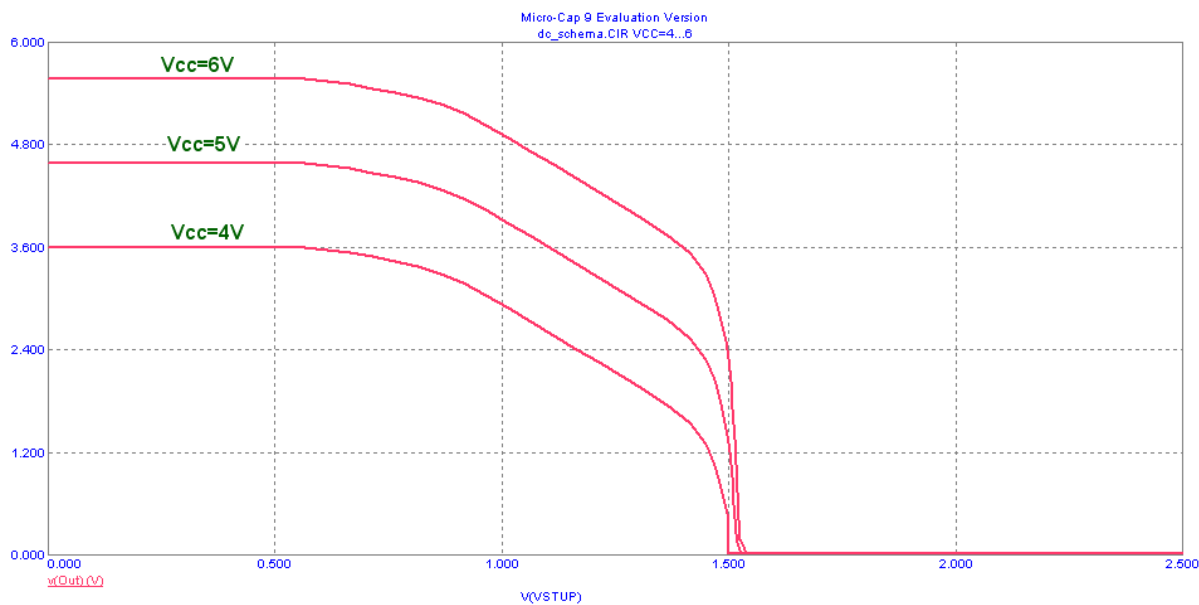
Stejnosměrné charakteristiky s parametrem:



Proměnná „Variable 2“ je jméno zdroje, jehož hodnota se krokuje a vystupuje v síti stejnosměrných charakteristik jako parametr.

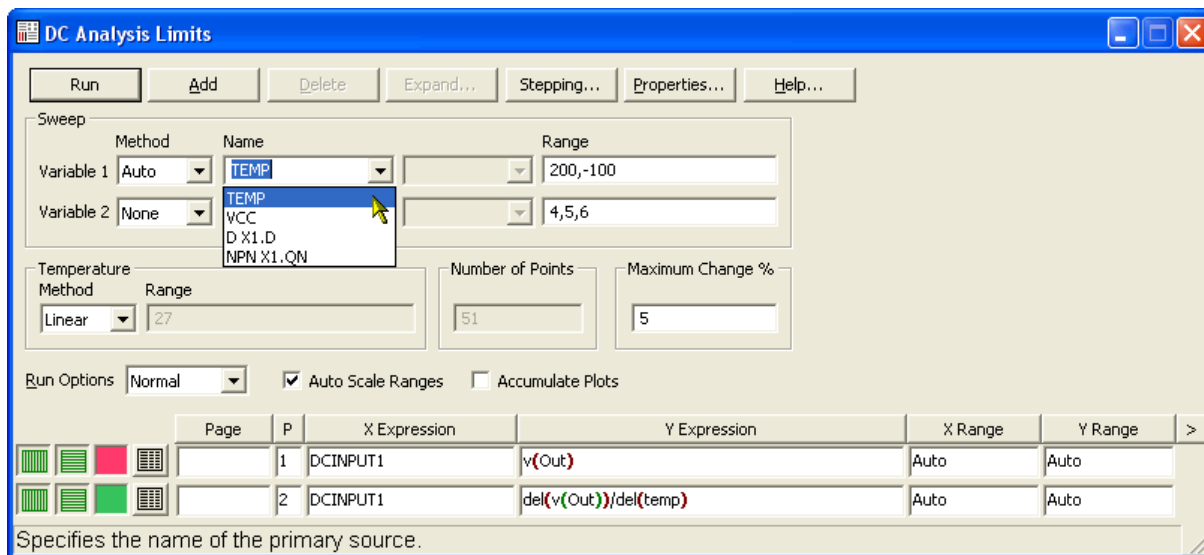
Poznámky:

Hotový graf:



Teplotní analýza:

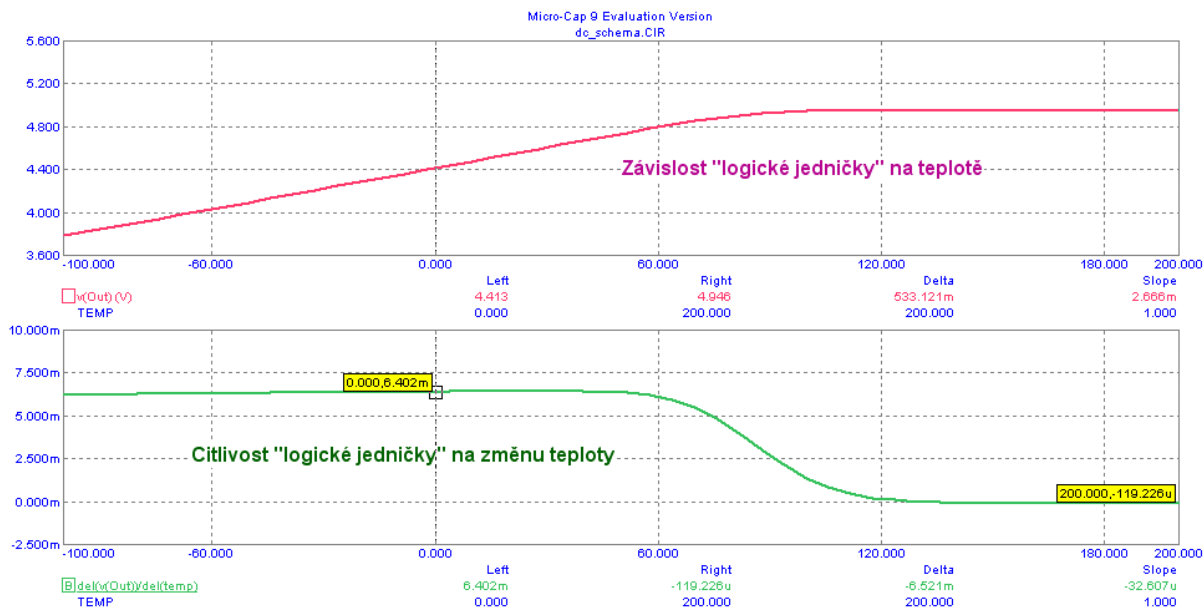
Ve schématu nastavíme vstupní zdroj na 0V, takže výstup je v log.1. Sledujeme závislost výstupní „jedničky“ na teplotě.



Teplota se dá *spojitě* měnit v zadaném rozmezí.

Poznámky:

Hotový graf:



Horní graf ukazuje závislost výstupní „logické jedničky“ na teplotě, spodní graf znázorňuje rychlost této změny neboli derivaci napětí podle teploty. Symbol „del“ znamená „delta“ neboli Δ , takže $\text{del}(V(\text{Out}))/\text{del}(\text{temp})$ znamená poměrnou změnu $\frac{\Delta V(\text{Out})}{\Delta \text{temp}}$ - o kolik se změní výstupní napětí, když teplota stoupne o 1°C . Z grafu je vidět, že při 0°C je tato citlivost asi $6.4 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}}$, při 200°C naopak výstupní napětí na teplotě téměř nezávisí a citlivost je zhruba $-0.1 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}}$.

Poznámky:

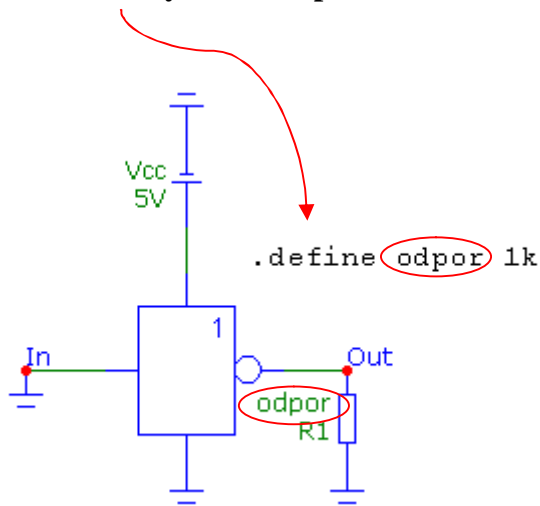
7. Micro-Cap[®] - SYMBOLICKÉ PROMĚNNÉ

Účel symbolické proměnné: Symbolickou proměnnou (např. hodnotu odporu) definujeme v editoru schémat a můžeme sledovat její vliv na chování obvodu ve všech typech analýz.

Osnova:

- Definování symbolické proměnné
- Použití symbolické proměnné v DC analýze

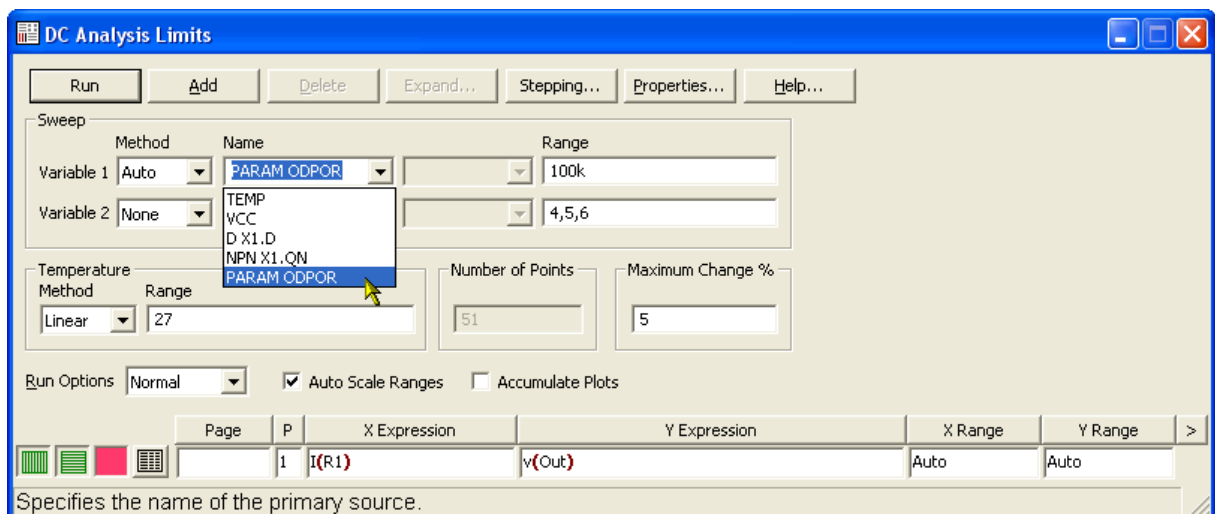
Definování symbolické proměnné:



Vstup invertoru je uzemněn, na výstupu je tedy logická jednička. Chceme zjistit, jak dlouho je hradlo schopno udržet na výstupu toto napětí, když budeme z výstupu odebírat stále větší proud. Budeme tedy měřit závislost výstupního napětí na velikosti proudu odebíraného z výstupu (zatěžovací charakteristika).

Odebíraný proud můžeme měnit změnou odporu zátěže připojené mezi výstup a zem. Ve schématu proto nedáme odporu R1 pevnou hodnotu, ale tuto hodnotu mu přiřadíme přes symbolickou proměnnou „odpor“. Tím získáme výhodu, že v rámci analýzy můžeme s touto proměnnou manipulovat (definiční příkaz můžeme vytvořit také v záložce „Text“).

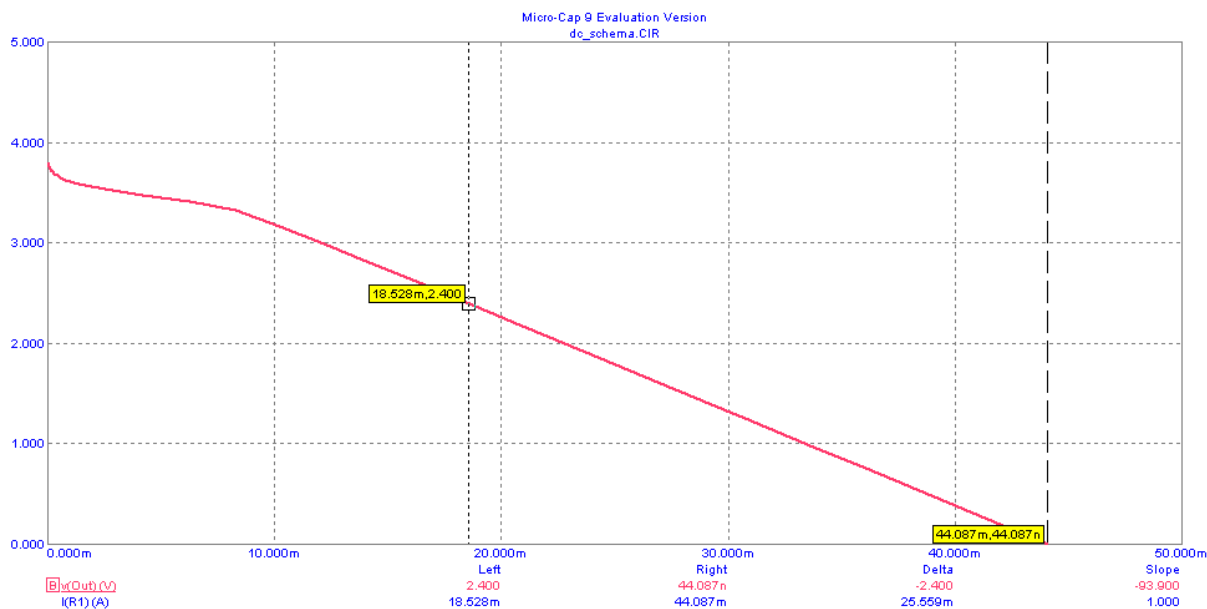
Použití symbolické proměnné v DC analýze:



Poznámky:

Hodnotu odporu budeme zvyšovat od 0 ohmů (úplný zkrat, tj. výstup dodává maximální neboli zkratový proud a vůči zemi má 0 voltů) do velmi vysoké hodnoty (v našem případě je to 100k ohmů; ideálně by to bylo do nekonečna, abychom získali stav naprázdno, tj. z výstupu není odebírán žádný proud).

Hotový graf:



Z grafu je vidět, že napětí na výstupu se při zátěži neudrží na původní vysoké hodnotě, ale úměrně s rostoucím zatěžovacím proudem klesá. Maximální proud, který je invertor schopen dodat, je proud do zkratu, což je cca 44mA. Maximální přípustný odběr, kdy výstup je ještě v pásmu logické jedničky (napěťová hranice 2.4V) je cca 18mA.

Poznámky:

Úvod do SPICE

pomocí programu Micro-Cap

<http://www.roznovskastredni.cz/biolek/dwnl/skriptaSPICE.pdf>

Poznámky

Poznámky:

Poznámky:

Poznámky:

Poznámky:

Poznámky:

Poznámky:

Poznámky:

Poznámky:

Poznámky:

Poznámky:

Poznámky:

Poznámky: