

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>PROGRAMY PRO SIMULACI ANALOGOVÝCH OBVODŮ</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>SYMBOLICKÉ, SEMISYMBOLICKÉ A NUMERICKÉ VÝSLEDKY ANALÝZY LINEÁRNÍCH OBVODŮ</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>SYMBOLICKÉ, SEMISYMBOLICKÉ A NUMERICKÉ ALGORITMY ANALÝZY LINEÁRNÍCH OBVODŮ</b> .....	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>STRUKTURA SIMULAČNÍHO PROGRAMU, ZALOŽENÉHO NA SYMBOLICKÝCH ALGORITMECH (SNAP)</b> .....	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>ZÁKLADY PRÁCE S PROGRAMY PRO (NEJEN SYMBOLICKOU) ANALÝZU OBVODŮ</b> .....	<b>17</b>
6.1	ÚVOD .....	17
6.2	PRVNÍ PRAKTICKÉ KROKY K POČÍTAČOVÉ SIMULACI V PROGRAMU SNAP .....	18
6.2.1	LEKCE 1 - Rychlé seznámení se základními možnostmi programu; soubor DEMRC.CIR .....	18
6.2.2	LEKCE 2 - Rezonanční obvod RLC jako pásmová propust, soubor DEMRLC1.CIR.....	24
6.2.3	LEKCE 3 - Operační zesilovač zapojený jako sledovač napětí – jednopólový model; soubor DEMOPA1.CIR.....	29
6.3	TVORBA VLASTNÍHO ZADÁNÍ .....	33
6.3.1	Můj první obvod v SNAPu .....	33
	Co je nutné vědět před zahájením práce s editorem (aneb nejčastěji se vyskytující chyby začátečníka).....	33
	Zahájení práce s editorem .....	34
	Postup při kreslení vodiče z bodu A do bodu B: .....	35
	Parametry součástek .....	36
	Ukládání zadání do vstupního souboru .....	36
	Číslování uzlů, netlist a analýza .....	37
	Zadávání číselných hodnot parametrů součástek – zpřístupnění dalších možností analýzy .....	38
	Některé další možnosti bližší specifikace parametrů součástek .....	39
6.3.2	Obvod se součástkami, které jsou popsány několika parametry.....	40
6.3.3	Obvod s několika součástkami stejného typu.....	43
6.3.4	Vazby mezi parametry různých součástek .....	45
6.4	PRINCIP TVORBY MODELŮ PRVKŮ SNAPU NA ZÁKLADĚ MODIFIKOVANÉ METODY UZLOVÝCH NAPĚTÍ	45
6.5	SHRNUTÍ KAPITOLY 6 .....	47
<b>7</b>	<b>STRUKTURA SIMULAČNÍHO PROGRAMU, ZALOŽENÉHO NA NUMERICKÝCH ALGORITMECH (MICROCAP)</b> .....	<b>49</b>
<b>8</b>	<b>ZÁKLADY PRÁCE S PROGRAMY PRO NUMERICKOU ANALÝZU OBVODŮ</b> .....	<b>53</b>
8.1	ÚVOD .....	53
8.2	PRVNÍ PRAKTICKÉ KROKY V PROGRAMU MICROCAP 7 .....	53
8.2.1	LEKCE 1 - Toulky schématickým editorem .....	53
8.2.2	LEKCE 2 - Analýza "Transient" .....	57
8.2.3	LEKCE 3 - Analýza "DC".....	61
8.2.4	LEKCE 4 - Analýza "AC".....	64
8.3	TVORBA VLASTNÍHO ZADÁNÍ .....	69
8.3.1	Můj první obvod v MicroCapu .....	69
	Co je nutné vědět před zahájením práce s editorem .....	71
	Zahájení práce s editorem .....	71
	Zásady pro používání příkazu .MODEL .....	74
	Kreslení vodičů a práce s „GRID“ textem .....	77
	Problém nevodivých spojení.....	80
	Kontrolní analýza obvodu SALLN.CIR .....	81
8.3.2	Práce s modely SPICE .....	82
	Využívání podobvodů SPICE .....	82
	Konverze do vstupního souboru SPICE .....	85
	Načtení vstupního souboru SPICE a následná simulace .....	89



8.3.3	Začleňování modelů prvků do vstupních souborů.....	90
8.3.4	Práce s příkazem .DEFINE a s „Formula Textem“ .....	92
8.4	SHRNUTÍ KAPITOLY 8 .....	99
<b>9</b>	<b>ANALÝZA POMOCÍ NUMERICKÉHO SIMULÁTORU.....</b>	<b>100</b>
9.1	TYPY ANALÝZ, ANALYZAČNÍ MÓDY A REŽIMY .....	100
9.2	CO JE DOBRÉ VĚDĚT PŘED ZAHÁJENÍM VLASTNÍ ANALÝZY .....	101
9.2.1	Zápis napětí a proudů.....	101
9.2.2	Význam symbolů V a I v různých typech analýz.....	103
9.2.3	Zápis odvozených veličin pomocí vzorců.....	103
9.2.4	Co mají všechny základní analýzy společné.....	104
9.3	ANALÝZA „TRANSIENT“ NEBOLI ČASOVÁ ANALÝZA.....	109
9.3.1	Cíle analýzy.....	109
9.3.2	„Inteligentní osciloskop“.....	109
9.3.3	Stavové proměnné a počáteční podmínky pro časovou analýzu .....	112
9.3.4	Jak postupuje simulátor při časové analýze.....	112
9.3.5	Menu „Transient Analysis Limits“ .....	114
9.3.6	Typická nastavení časové analýzy při řešení různých typů obvodů.....	115
9.3.7	Konkrétní příklady časové analýzy.....	116
9.3.8	Využívání příkazů .IC a .NODESET .....	123
9.3.9	Fourierova analýza.....	126
9.4	ANALÝZA „AC“ NEBOLI KMITOČTOVÁ ANALÝZA .....	138
9.4.1	Cíle analýzy.....	138
9.4.2	„Inteligentní obvodový analyzátor“.....	138
9.4.3	Jak postupuje simulátor při kmitočtové analýze.....	139
9.4.4	Atributy součástek při kmitočtové analýze.....	140
9.4.5	Menu "Frequency Analysis Limits".....	141
9.4.6	Zásady pro práci s proměnnými u analýzy „AC“ .....	142
9.4.7	Konkrétní příklady kmitočtové analýzy.....	143
9.4.8	Šumová analýza.....	145
9.4.9	Inverzní Fourierova transformace.....	152
9.5	ANALÝZA „DC“ NEBOLI STEJNOSMĚRNÁ ANALÝZA .....	158
9.5.1	Cíle analýzy.....	158
9.5.2	„Inteligentní charakterograf“.....	158
9.5.3	Jak postupuje simulátor při stejnosměrné analýze .....	159
9.5.4	Atributy součástek při stejnosměrné analýze.....	160
9.5.5	Menu "DC Analysis Limits".....	160
9.5.6	Příklady stejnosměrné analýzy.....	161
9.6	ROZŠÍŘUJÍCÍ TYPY ANALÝZ .....	167
9.6.1	Dynamická stejnosměrná analýza („Dynamic DC“).....	167
9.6.2	Přenosová funkce („Transfer Function“).....	168
9.6.3	Citlivostní analýza („Sensitivity“).....	171
9.7	ANALYZAČNÍ REŽIMY.....	175
9.7.1	Krokování („Stepping“).....	175
9.7.2	Teplotní analýza.....	178
9.7.3	Výhodnocovací analýza („Performance Analysis“).....	181
9.7.4	Statistická analýza („Monte Carlo“).....	192
9.7.5	Optimalizace („Optimization“).....	204
9.7.6	Veřejné a privátní knihovny modelů a jejich úloha v analyzačních režimech.....	210
9.7.7	Další speciální funkce simulátoru.....	213
9.7.7.1	Možnosti detailního sledování proměnných a trasování během analýzy .....	213
9.7.7.2	Další užitečné funkce.....	216
9.8	PROBLÉMY PŘI POČÍTAČOVÉ SIMULACI A JAK SE S NIMI VYPOŘÁDAT .....	218
9.8.1	Vybrané problémy při simulaci a jejich příčiny.....	218
9.8.2	Problémy s konvergencí vnitřních algoritmů a cesty k jejich řešení.....	221
9.8.2.1	„Global Settings“ (globální nastavení simulátoru).....	221
9.8.2.2	Možné přístupy k řešení problémů s konvergencí.....	223
9.8.2.3	Příklad analýzy tranzistorového bistabilního klopného obvodu .....	225
9.8.2.4	Příklad analýzy obvodu s nesnadno zjistitelným pracovním bodem.....	227
<b>10</b>	<b>MÍSTO ZÁVĚRU.....</b>	<b>231</b>

<b>11</b>	<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>232</b>
11.1	VYJADŘOVÁNÍ ČÍSEL V PROGRAMECH SNAP A MICROCAP.....	232
11.2	VYBRANÉ PRVKY PROGRAMU MICROCAP.....	233
11.2.1	<i>Napájecí a signálové zdroje, zdroje pro transformaci signálů</i> .....	233
11.2.1.1	Generátory signálů.....	233
11.2.1.2	Obvody pro transformaci signálů.....	237
11.2.1.3	Význam atributů zdrojů v různých typech analýz.....	241
11.2.2	<i>Pasivní prvky typu R, C a L, obvody s magnetickými vazbami a transformátory</i> .....	242
11.2.2.1	Rezistory.....	242
11.2.2.2	Kapacity.....	243
11.2.2.3	Induktory.....	244
11.2.2.4	Transformátory.....	247
11.2.3	<i>Polovodičové a aktivní prvky</i> .....	248
11.2.3.1	Diody.....	248
11.2.3.2	Tranzistory.....	251
11.2.3.3	Operační zesilovače.....	254
11.2.4	<i>Jiné prvky</i> .....	257
11.3	NĚKTERÉ KONSTANTY, PROMĚNNÉ A FUNKCE PROGRAMU MICROCAP.....	258
11.3.1	<i>Některé konstanty a systémové proměnné MicroCapu</i> .....	258
11.3.2	<i>Některé funkce MicroCapu</i> .....	258
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>261</b>

od ostatních kapitol (převaha grafické informace nad textovou, vypočítání číselných obvodků atd.). Nechybí zde ani náznaky na simulativní experimentování v SNAPu. Můžete inženýrsky pokračovat v řešení sady 123 elektronických příkladů, které si můžete nabírat na vaší počítač z [www.vabo.cz/stranky/biopic](http://www.vabo.cz/stranky/biopic). Pokryvadl širokou škálu problémů s jasnou seřadbou do kategorií „Základy elektrotechniky“, „Zesilovače“, „Oscilátory“, „Systémové prvky“, „Filtry“, „Vysokofrekvenční obvody“. Tuto čtenář číst však doporučuji i zkušeným uživatelům komerčních simulatorů. SNAP totiž poskytuje – na rozdíl od simulatorů rodiny SPICE – výsledky v tzv. symbolické formě, což vám umožňuje získávat některá řešení, která prostě komerční simulátory neumí.

Navazující kapitoly o „numerických“ simulačních programech je sice možno studovat nezávisle na předchozích částech, zvláště když je ovšem nejprve proli prolechnouti „základy“. Uvedený „skok“ je možná doplnit snad jen zkušenostmi uživatele některého z komerčních simulatorů. Naučíte se „pohybovat“ v profesionálním schématickém editoru, seznámíte se základními pojmy a procedurami, jak pracovat s modely součástek, s knihovnami, jak správně používat příkazy typu MODEL a DEFINE atd. Naučíte se pracovat s nejrůznějšími typy analýz, v různých analyzáckých módech a režimech. V závislosti na vašich potřebách můžete zvládnout tuto problematiku do hloubky, která vám bude vyhovovat, neboť kromě základních typů analýz, které mají v podstatě stejný charakter v různých simulačních programech, jsou zde popisovány do podrobnosti i další užitečné praktiky (například různé „interaktivní“ analýzy, citlivostní analýza, ztlumace apod.) Budete mít možnost na konkrétních příkladech pochopit postupy, které jsou sice v „rubrikách“ různých simulačních programů, avšak pro jejich běžné uživatele, kteří nemají čas studovat rozsáhlé manuály, jsou většinou „obesifeny tajemstvím“. Řeč je o spektrální analýze časových průběhů, o zásadách používání algoritmu dopředné a zpětné rychlé Fouriery transformace v simulačních programech, o nastavení počátečních podmínek v různých typech analýz, o povolování či zakazování výpočtu stejnosměrného pracovního bodu, o správném používání příkazů IC a NODESET, o šumové analýze, o zobecněné stejnosměrné analýze, jak se vyznat v „simulačních teplotách“, v různých metodách krokování parametrů, jak prakticky používat metodu Monte Carlo, jak správně pracovat v optimalizačním režimu, jak konkrétně překonávat různé problémy při počítačové simulaci včetně problémů s konvergencí vnitřních