



ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET U BEOGRADU
ODSEK ZA ELEKTRONIKU

Radivoje Đurić

ORCAD PSPICE

uputstvo za upotrebu (radna verzija)

SADRŽAJ

UVOD

PSPICE (PC Simulation Program for Integrated Circuit Emphasis) je program čija je osnovna verzija razvijena na univerzitetu u Berkliju 1975. godine. On omogućava efikasno obavljanje sva tri uobičajena tipa analize elektronskih kola:

- određivanje mirne radne tačke i jednosmernog režima rada
- analiza u naizmjeničnom režimu za male signale
- određivanje vremenskog odziva kola

Pored njih raspoložive su i opcije koje daju: osetljivosti, izobličenja, funkcije prenosa, faktor šuma, analizu najgoreg slučaja (**Worst Case**) i sl.

Jednosmerna (**DC Sweep**) analiza nelinearnih kola se automatski obavlja i pre analize naizmjeničnog režima (da bi se odredili parametri u modelu za male signale nelinearnih elemenata u okolini mirne radne tačke) kao i pre analize prelaznog režima radi određivanja početnih uslova. Ova analiza daje jednosmerne funkcije prenosa.

Linearni odziv kola na prostoperiodičnu pobudu daje frekvencijsku karakteristiku kola za male signale (nezavisno od veličine amplitude pobudnog napona) sa vrednostima parametara nelinearnih elemenata u okolini mirne radne tačke. Dodatno u okviru **AC Sweep** analize može se odrediti veličina šuma koji elementi kola generišu, bilo kao nivo šuma na izlazu ili ekvivalentni šum na ulazu.

Analiza u vremenskom domenu (**Transient**) daje odziv kola u specificiranim tačkama na različite pobude u intervalu koji korisnik specificira. Za periodičnu pobudu program može da računa i Fourierove koeficijente signala na izlazu, samim tim i harmonijska izobličenja.

Program ima ugrađene modele za sve uobičajene nelinearne elemente koji se mogu praviti u integrisanoj tehnici: diode, MOS tranzistore, bipolarne tranzistore, tiristore, IGBT-ove, JFET-ove i MESFET-ove.

Ukoliko se posebno ne specificira sva izračunavanja se obavljaju za temperaturu od 27 stepeni Celzijusa.

Dodatna ograničenja programa su

- čvor 0 (**0/Source**) je rezervisan za zajedničku tačku.
- simulacija se neće obaviti ukoliko svi čvorovi nisu električno povezani sa zajedničkom tačkom
- svaki čvor u kolu mora biti vezan za bar dva elementa
- petlje naponskih izvora i kondenzatora nisu dozvoljene
- preseki od strujnih izvora i induktivnosti nisu dozvoljeni

Programski paket **Orcad Family Release 9.2 Lite Edition** ne pruža sve mogućnosti kao puna verzija ovog programa. **Lite Edition** verzija unosi sledeća ograničenja:

- mogu se simulirati kola sa maksimalno 64 čvora, 10 tranzistora, 2 operaciona pojačavača ili 65 osnovnih digitalnih kola i 10 transmisionih linija
- **Pspice Model Editor** može se koristiti samo za diode
- **Stimulus Editor** se može koristiti za prostoperiodične napone kod analognih kola i za **clock** kod digitalnih kola
- osnovna biblioteka ima 39 analognih i 134 digitalna kola
- kreirana šema u **Capture** editoru se može zapisati ako nema više od 30 komponenti

Simulacija, po pravilu, treba da bude produžetak teorijskih ili intuitivnih razmatranja, a prethodnica eksperimenata. Bez početnih proračuna rezultati simulacije, ma koliko spektakularni, neće imati inženjersku težinu.

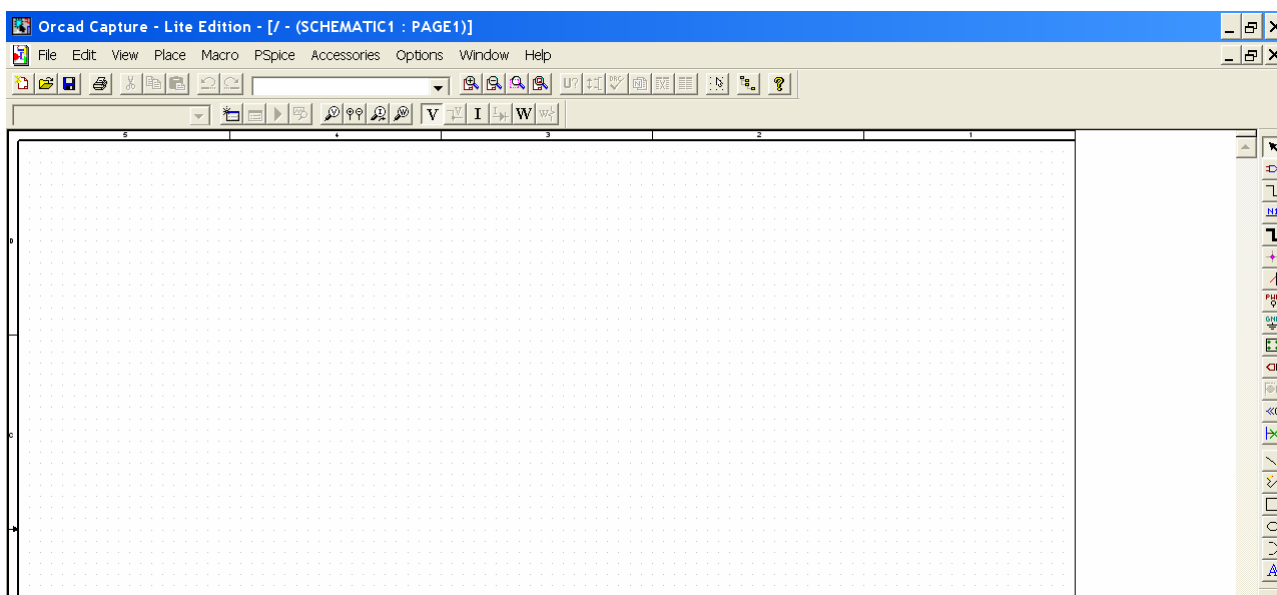
POKRETANJE PROGRAMA I POSTUPAK SIMULACIJE

Da bi se dobio prozor (grafički editor) u kome se crta šema kola koje se želi simulirati, potrebno je redosledno aktivirati sledeće opcije: **Start, Programs, Orcad Family Release 9.2 Lite Edition i Capture Lite Edition.**

Da bi se došlo do editora za crtanje šema potrebno je odraditi sledeće:

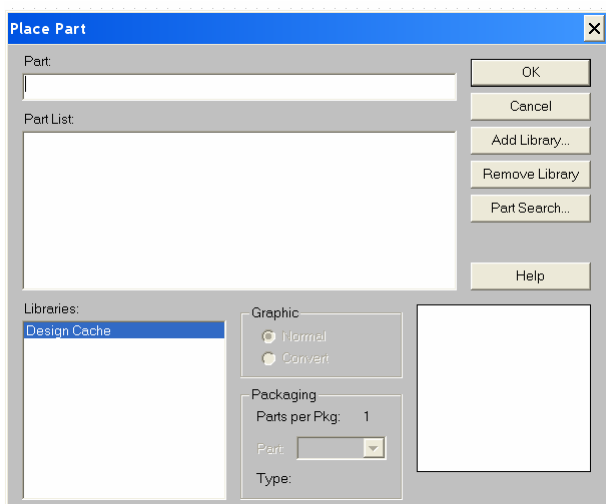
- aktivirati **File, New i Project**
- selektovati **Analog or Mixed A/D**, upisati ime (**name**) i izabrati mesto (**location**) za zapisivanje file-a u kome će se nalaziti šema željenog kola za simulaciju
- aktivirati **OK**, pa označiti opciju **Create a blank project** i na kraju još jedno **OK**.

Posle ovoga treba da se pojavi prozor sa oznakom **Orcad Capture Lite Edition** u kome se crta šema kola koje se želi simulirati, slika 1.1.



Slika 1.1 Orcad Capture editor za crtanje šeme kola za simulaciju.

A. PRIPREMA ŠEME KOLA ZA SIMULACIJU

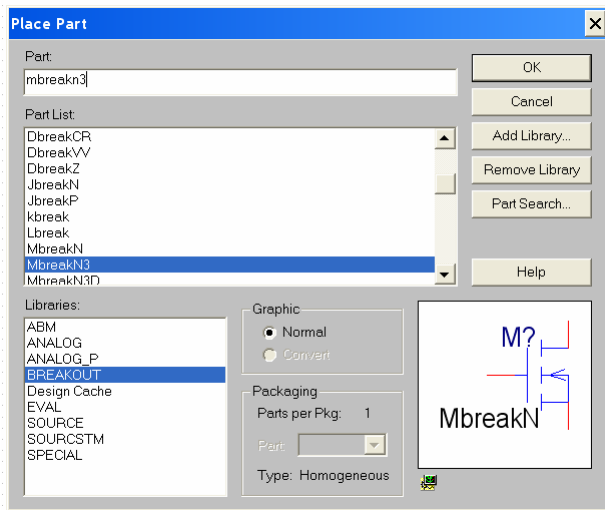


Slika 1.2 Prozor sa bazom raspoloživih komponenata za PSPICE simulaciju.

Da bi se nacrtala šema kola koje se želi simulirati potrebno je uneti simbole (grafički prikaz komponenti) pojedinih elemenata iz matične biblioteke PSPICE-a (ili naknadno kreirane biblioteke, za naprednije korisnike programa). Simboli (integrisanih kola, tranzistora, otpornika, kalemova, kondenzatora i sl.) se nalaze u bibliotekama sa ekstenzijom **olb**, dok su njihove električne karakteristike opisane u bibliotekama sa ekstenzijom **lib**. Da bi se obavila simulacija kola potrebno je obe biblioteke povezati sa Capture editorom.

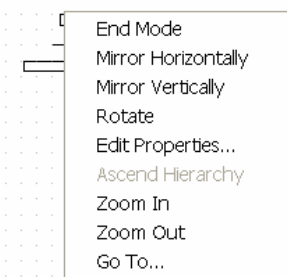
Pokretanjem iz menija **Place**, a potom i **Part** dobija se prozor prikazan na slici 1.2. Pokretanjem opcije **Add Library** potrebno je pronaći PSPICE biblioteke sa ekstenzijom **olb**. Naponski i strujni izvori se nalaze u biblioteci **Source.olb**, a **Analog.olb** je biblioteka gde se

nalaze najčešće korišćene pasivne komponente. U biblioteci **Bipolar.olb** se nalaze bipolarni tranzistori, u **diode.olb** su diode, operacioni pojačavači su u **opamp.olb** itd. Pored ovih standardnih biblioteka, na raspolaganju su i biblioteke koje svaki proizvođač daje za svoje komponente. Na slici 1.3 prikazane su sve biblioteke koje postoje u **ORCAD 9.2 Lite Edition** verziji. Opcija **Remove Library** briše biblioteku sa spiska biblioteka korišćenih u projektu, dok se sa **Part Search** obavlja pretraživanje svih učitanih biblioteka sa ciljem da se nađe željena komponenta.



Slika 1.3 Baza raspoloživih PSPICE biblioteka.

opcije stoje na raspolaganju pri učitavanju komponente u šemu:



Slika 1.4 Moguće opcije pri učitavanju komponente u šemu.

- **Mirror Horizontally** menja orijentaciju komponente oko horizontalne ose
- **Mirror Vertically** menja orijentaciju komponente oko vertikalne ose
- **Rotate** rotira komponentu,
- sa **Edit Properties** se postavlja vrednost i oznaka komponente
- sa **Zoom In** se povećava slika šeme radi preciznijeg postavljanja komponente
- sa **Zoom Out** se smanjuje slika šeme kola
- sa **Go To** se komponenta postavlja na željenu lokaciju u **Capture** editoru.
- sa **End Mode** se odustaje od postavljanja komponente u šemu.

Jednim klikom levog tastera miša komponenta se postavlja na željeno mesto, a nova komponenta sa istim električnim karakteristikama kao prethodna, samo sa uvećanim rednim brojem oznake, se referencira na kursor. Pomoću miša se i ova komponenta, ukoliko je potrebna, postavlja na svoje mesto u šemi. Ovaj postupak se ponavlja sve dok nam je potrebna ista komponenta. Kada ova komponenta više nije potrebna, aktiviranjem desnog tastera miša dobiće se isti prozor kao na slici 1.4, posle čega treba upotrebiti opciju **End Mode**.

Učitavanje nove komponente obavlja se na isti način. Komponenta se može učitati i direktnim unošenjem imena, ili izborom već korišćene komponente iz prozora u glavnom meniju **Capture** editora (ispod ikonice **PSpice**), slika 1.1. Otvaranje menija za unošenje komponente može se postići i aktiviranjem ikonice prikazane na slici (ova ikonica je deo vertikalnog menija uz desnu stranu prozora sa slike 1.1) koja se referencira na **Place part**, ili sa tastature istovremenim pritiskom na **Shift** i **P**.

U **PSPICE-u** postoje dve vrste komponenata. Prve, čiji model specificira proizvođač ili su sastavni deo programa i one se najčešće ne menjaju. U praksi često postoji potreba za kreiranjem sopstvenih komponenti. Sopstvene komponente kreiraju se ili u posebnim bibliotekama ili korišćenjem takozvanih **Breakout** modela koji se nalaze u biblioteci **BREAKOUT.OLB**.

U sledećoj tabeli 1.1 data su imena osnovnih, odnosno najčešće korišćenih komponenti u

Da bi se učitala komponenta u **Capture** editor potrebno je redosledno uraditi sledeće:

- označiti biblioteku, jednu ili više, u polju **Libraries** u kojoj se nalazi željena komponenta
- u polju **Part List** pronaći ime komponente (grafički prikaz komponente dat je na istoj slici)
- sa **OK** zatvoriti prozor prikazan na slici 1.3, posle čega će se komponenta učitati u editor za crtanje šema (**Capture**)
- komponenta je referencirana na kursor koji se pomera pomoću miša sve dok se ne dovede do željene pozicije na šemi.

Posle toga se, desnim klikom miša, dobija prozor prikazan na slici 1.4. Ova slika pokazuje koje sve

PSPICE-u.

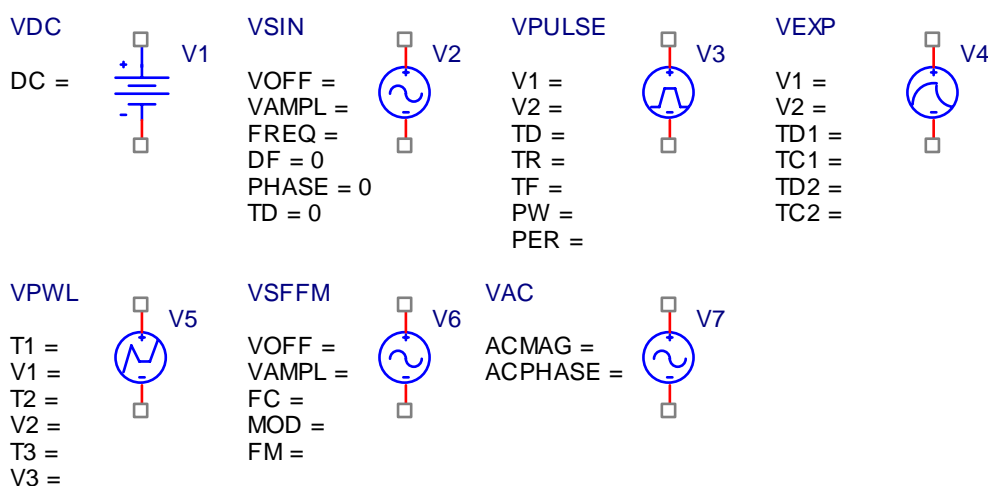
Tabela 1.1 Osnovne komponente u PSPICE-u.

PSPICE OZNAKA	KOMPONENTA
R, RBREAK	Otpornik
C, CBREAK	Kondenzator
L, LBREAK	Induktivnost
ZX	Naponom kontrolisana promenljiva impedansa
DBREAK	Dioda
D1N4001	Dioda 1N4001 (imena dioda pored standardne oznake obično počinju sa D)
DBREAKZ	Zener dioda
QBREAKN	NPN transistor
Q2N2222	Tranzistor 2N2222 (imena tranzistora pored standardne oznake obično počinju sa Q)
QBREAKP	PNP Tranzistor
MBREAKN	N-kanalni MOSFET (D G S B)
MBREAKN3	N-kanalni MOSFET (D G S=B)
MBREAKP	P-kanalni MOSFET (D G S B)
MBREAKP3	P-kanalni MOSFET (D G S=B)
JBREAKN	N-kanalni JFET
JBREAKP	P-kanalni JFET
ZBREAKN	IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)
OPAMP	Model operacionog pojačavača (podrazumevani napon napajanja je $\pm 15V$, dok je pojačanje 10^6)
XFR_LINEAR	Transformator (Savršeno spregnute induktivnosti L1 i L2 sa koeficijentom sprege Coupling=1)
K_LINEAR	Koeficijent spregnutih induktivnosti koji može biti ± 1 (moguće je spregnuti do 6 induktivnosti)
S	Naponom kontrolisani prekidač
W	Strujom kontrolisani prekidač

Moguće je simulirati i kola sa komponentama čije oznake (i **PSPICE** model) daju proizvođači (Motorola, Philips, Toshiba i sl.), ukoliko one postoje u biblioteci ili na sajtu proizvođača.

Nezavisni naponski i strujni generatori

Nezavisni naponski generatori počinju slovom **V**, a njihov izgled je prikazan na slici 1.5.



Slika 1.5 Simboli nezavisnih naponskih generatora u PSPICE-u.

1. VDC-generator jednosmernog napona, a zadaje mu se vrednost napona (DC=).
2. VSIN-generator prostoperiodičnog ili prigušeno-prostoperiodičnog napona ($DF \neq 0$), kome se zadaju parametri prikazani u tabeli 1.2.

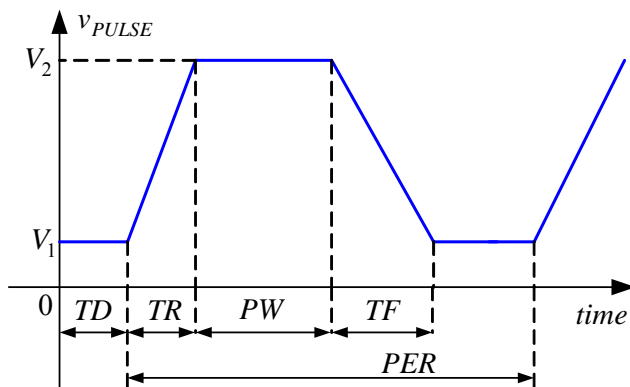
Tabela 1.2 Parametri generatora prostoperiodičnog napona

Oznaka	Značenje	Podrazumevana vrednost
PHASE	Faza [stepeni]	0
TD	Vreme kašnjenja od početka analize [s]	0
DF	Faktor prigušenja [s^{-1}]	0
VOFF	Srednja vrednost	
VAMPL	Amplituda	
FREQ	Učestanost	

Napon ovog generatora analitički se može zapisati u sledećem obliku:

$$V_2 = \begin{cases} V_{OFF} + V_{AMPL} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{360} PHASE\right), & 0 \leq t < TD \\ V_{OFF} + V_{AMPL} \cdot \sin\left[2\pi f \cdot (t - TD) + \frac{2\pi}{360} PHASE\right] e^{-DF(t-TD)}, & t \geq TD \end{cases}$$

3. VPULSE-periodična povorka impulsa, slika 1.6, čiji su parametri dati u tabeli 1.2:

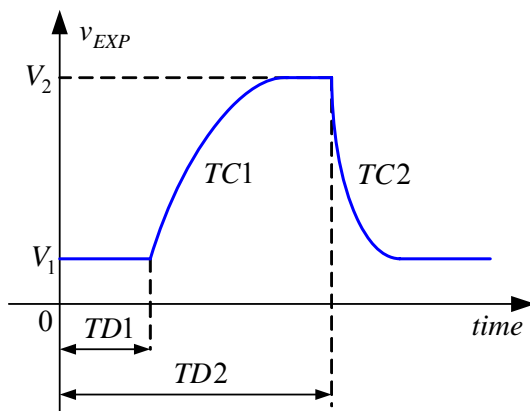


Slika 1.6 Vremenski oblik napona koga generiše naponski generator VPULSE.

Tabela 1.3 Parametri generatora VPULSE.

Oznaka	Značenje
V1	Početna vrednost
V2	Krajnja vrednost
TD (Delay)	Kašnjenje povorke od početka analize
TR (Rise Time)	Vreme uspona
TF (Fall Time)	Vreme pada
PW (Pulse Width)	Širina impulsa
PER (Period)	Perioda

4. VEXP-Impuls sa eksponencijalnim usponom i padom, slika 1.7, zadaje se preko parametara u prikazanih u tabeli 1.4.



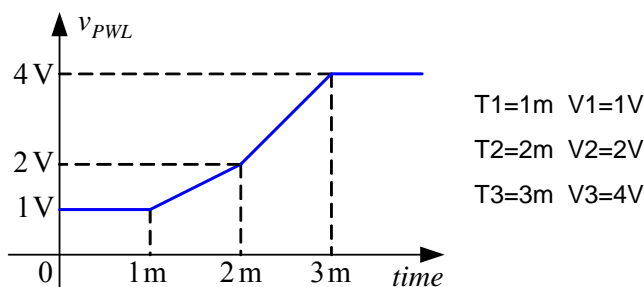
Slika 1.7 Vremenski oblik napona koga generiše naponski generator VEXP.

Tabela 1.4 Parametri generatora VEXP.

Oznaka	Značenje
V1, V2	Početna, krajnja vrednost
TD1 (Rise (Fall) Delay)	Kašnjenje prednje ivice
TC1 (Rise (Fall) Time Constant)	Vremenska konstanta prednje ivice
TD2 (Fall (Rise) Delay)	Kašnjenje zadnje ivice
TC2 (Pulse Width)	Vremenska konstanta zadnje ivice

Napon generatora eksponencijalnog vremenskog oblika analitički se može zapisati u sledećem obliku:

$$V_4 = \begin{cases} V_1, & 0 \leq t < TD1 \\ V_1 + (V_2 - V_1) \cdot \left(1 - e^{-\frac{t-TD1}{TC1}}\right), & TD1 \leq t < TD2. \\ V_1 + (V_2 - V_1) \cdot \left[\left(1 - e^{-\frac{t-TD1}{TC1}}\right) - \left(1 - e^{-\frac{t-TD2}{TC2}}\right)\right], & t \geq TD2 \end{cases}$$



Slika 1.8 Vremenski oblik napona koga generiše naponski generator VPWL.

5. VPWL (Piecewise Linear) –generiše naponski oblik predstavljen linearnim segmentima, a vrednosti se definišu vremenima i naponima u pojedinim trenucima T1,V1, T2,V2 itd. Moguće je zadati do osam parova vrednosti vreme-napon. Na slici 1.8 je prikazan primer generisanja jednog naponskog oblika pomoću linearnih segmenata.

6. VSFFM (Single Frequency FM) -naponski generator čiji je napon frekvencijski modulisan prostoperiodičnim naponom. Napon ovog generatora određuje se prema formuli:

$$V_6 = VOFF + VAMPL \cdot \sin\left(2\pi \cdot FC \cdot t + MOD \cdot \sin\left(2\pi \cdot FM \cdot t\right)\right).$$

Parametri naponskog generatora VSFFM dati su u tabeli 1.5.

Tabela 1.5 Parametri generatora VSFFM

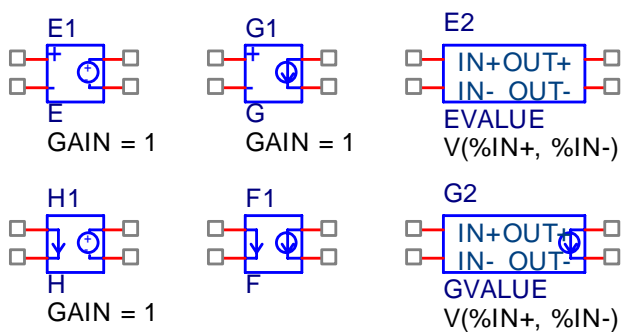
Oznaka	Značenje
VOFF	srednja vrednost napona
VAMPL	amplituda
FC (Carrier Frequency)	učestanost nosioca
MOD	indeks modulacije
FM	učestanost signala koji se moduliše

7. VAC- generator AC napona određene amplitude i faze, a koristi se u **AC Sweep** analizi.

Svi naponski generatori imaju polja za zadavanje DC, ili AC vrednosti napona: **DC=**, ili **AC=**. Ova polja mogu ostati nepopunjena u analizama kada nam ove vrednosti nisu potrebne.

Nezavisni strujni generatori počinju na slovo **I**. U nastavku imaju iste oznake kao i naponski generatori i na isti način kao i oni generišu vremenske oblike struje.

Zavisni naponski i strujni generatori



Slika 1.9 Zavisni naponski i strujni generatori u PSPICE-u.

Zavisni naponski generator, naponom kontrolisan (**E**), ili strujom kontrolisan (**H**) i zavisni strujni generator, naponom kontrolisan (**G**), ili strujom kontrolisan (**F**) prikazani su na slici 1.9.

Koeficijent zavisnosti (**GAIN**) ima standardnu vrednost 1. Njegova vrednost se može promeniti dvostrukim klikom levog tastera miša na polje **GAIN=1**. Naponski kontrolisanim generatorima sa oznakama **EVALUE** i **GVALUE** vrednost se može zadavati i složenijim izrazima npr. $\text{abs}(V(\%IN+, \%IN-))$,

ili $\sqrt{V(\%IN+, \%IN-)}$). Ovde se mogu koristiti i druge funkcije kao: EXP, LOG, LOG10, PWR, SIN, COS, TAN, ATAN itd.

Vrednost elemenata

Vrednost bez sufiksa označava vrednost u osnovnim jedinicama (ako u polju za vrednost otpornosti stoji 10 to znači da je otpornost 10Ω , ako u polju za vrednost napona stoji 12 to znači 12V). Pored ovoga, vrednosti elemenata mogu se zadavati i uz pomoć sufiksa posle brojne vrednosti, ili preko alternativnog zapisa prema tabeli 1.6.

Tabela 1.6 Zapisivanje vrednosti elemenata.

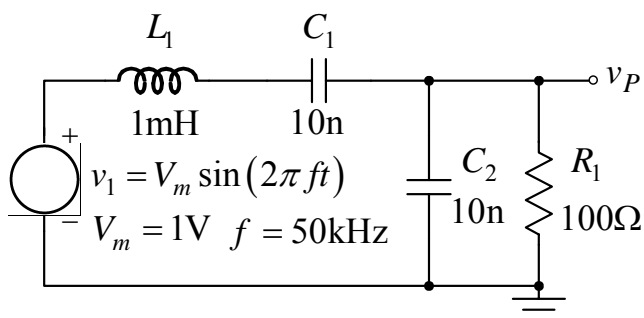
vrednost	10^{-15}	10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^3	10^6	10^9	10^{12}
sufiksi	F	P	N	U	M	K	MEG	G	T
alternativno	1e-15	1e-12	1e-9	1e-6	1e-3	1e3	1e6	1e9	1e12

Preporučuje se korišćenje numeracije uz pomoć sufiksa, tj. inženjerske numeracije. Na primer 47u, 22p, 100N, 10n, 1k, 2.2meg.

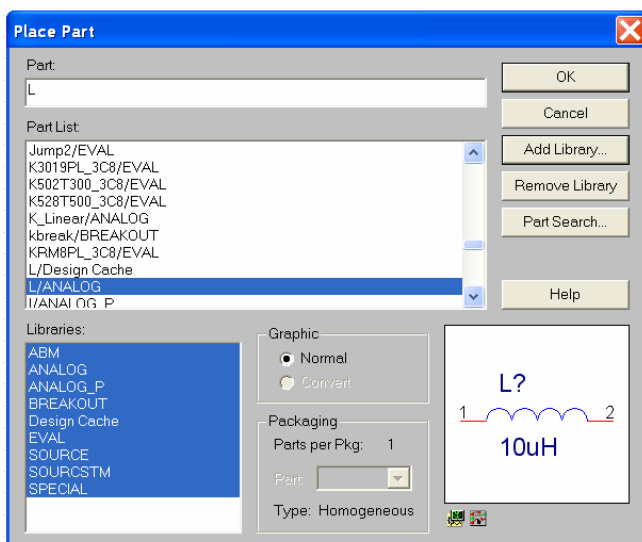
Voditi računa da između broja i sufiksa ne ostane prazno mesto. Ako se ovo desi, pri kasnijem pokretanju simulacije pojaviće se greška o nepoznatom parametru. Takođe povesti računa o oznakama M (M nije mega, već mili) i F (F nije Farad, nego femto).

Primer kreiranja šeme kola za simulaciju-LCC oscilatorno kolo

1. Učitavanje simbola

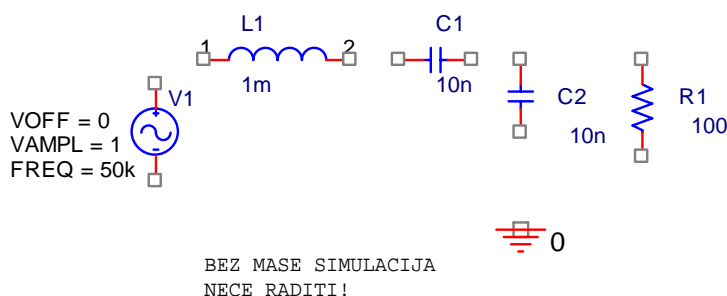


Slika 1.10 LCC oscilatorno kolo.



Slika 1.11 Primer unošenja komponente (induktivnost) u električnu šemu.

Na primeru kreiranja šeme jednog LCC oscilatornog kola, slika 1.10, pokazaćemo način unošenja simbola u **Orcad Capture Lite Edition** editor. Pokretanjem **Place**, a potom i **Part** dobija se prozor prikazan na slici 1.11. U polju **Libraries** selektovati (pomoću miša i tastera **Shift** sa tastature) da su sve biblioteke na raspolaganju za učitavanje komponenti. Potom u polje **Part** treba ukucati ime komponente (ovde L). Sa **OK** pozicionirati ovaj kalem na željeno mesto u Capture editoru. Desnim klikom miša otvoriti prozor za podešavanje komponente i podesiti joj vrednost na 1mH, a zatim sa **End Mode** prekinuti unošenje drugog kalema. Ponovnim pokretanjem **Place/Part** pronaći kondenzator (C), a zatim uneti dve komponente sa ovom oznakom (C1 i C2) i podesiti im kapacitivnosti na vrednost od 10nF. Potom uneti otpornik (R) i podesiti mu vrednost na 100 (osnovnih jedinica, odnosno oma). Na kraju uneti i prostoperiodični naponski generator (VSIN). Vrednosti parametara ovog generatora podešavaju se dvostrukim klikom levog tastera miša na neku od vrednosti VOFF, VAMP, FREQ, da bi se potom polje **Value** popunilo željenom vrednošću, slika 1.12. Ukoliko se simbola komponenti ručno ne numerišu, uključena je automatska numeracija (svaka



Slika 1.12 Prikaz unetih komponenta u Capture editor.

iz šeme sa slike 1.10 prikazan je na slici 1.12. Na slici je upisan i tekst upozorenja o obaveznom postavljanju referentnog čvora (mase).

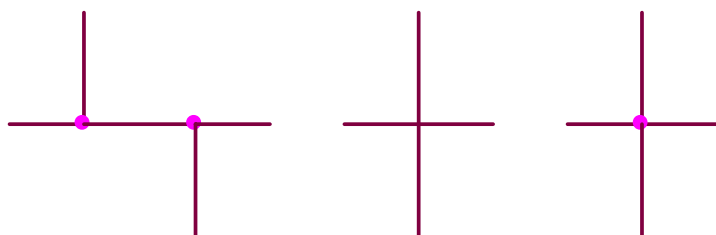
Kada šema kola nije dovoljno vidljiva, potrebno je redosledno aktivirati **View/Zoom/Area** i označiti (levim tasterom miša) zonu koja se želi prikazati na ekranu.

Pomeranje simbola po šemi obavlja se pomoću miša. Posle označavanja simbola levim tasterom miša (označen simbol ima drugačiju boju i označenu zonu u kojoj je komponenta), ovaj taster se i dalje drži stisnut. Pomeranjem miša pomera se i komponenta zajedno sa kursorom. Kada se komponenta postavi na željeno mesto, otpusti se levi taster miša. Na isti način se pomera i oznaka i vrednost komponente. Posle označavanja simbola (levi taster miša), može se promeniti i orijentacija simbola. Za ovo je potrebno aktivirati desni taster miša, a potom i neku od opcija za promenu orijentacije (**Mirror Horizontally**, **Mirror Vertically**, **Rotate**).

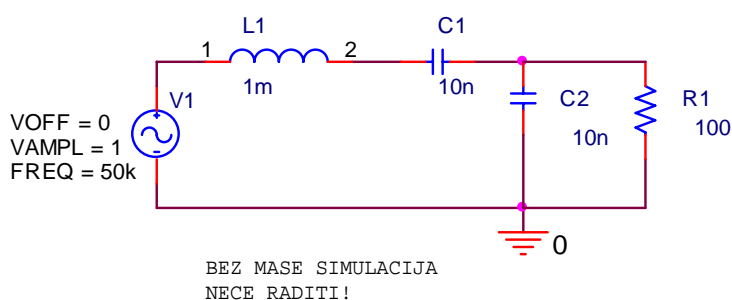
2. Povezivanje i pozicioniranje simbola

Da bi se simboli povezali u električnu potrebno je redosledno aktivirati opcije **Place/Wire**, ili sa tastature istovremeno Shift i W, ili pokretanjem ikonice **Place wire**. Ispravnost ovog postupka će se uočiti po tome što se promenio izgled kursora, umesto strelice on sada ima izgled krstića.

Kursor miša postaviti na jedan kraj komponente, zatim kliknuti levim tasterom miša. Ako je sve u redu, pomeranjem miša pojaviće se prava linija između kraja komponente i kursora. Dovođenjem kursora na drugi kraj koji se želi spojiti u šemi, dobiće se upozoravajuća crvena tačka na mestu gde treba da bude spoj. Ukoliko zaista želimo ovaj spoj, ponovo ćemo aktivirati levi taster miša, posle čega će doći do spajanja željenih tačaka u šemi i odvajanja kursora od linije. Pošto je kursor i dalje istog oblika, mogu se spajati i ostali simboli u željeni oblik.



Slika 1.13 Mogući načini spajanja električnih veza.



Slika 1.14 Kompletna šema veza LCC oscilatornog kola u Capture editoru.

sledeće komponenta ima indeks za jedan veći od prethodne).

Unošenje simbola mase obavlja se aktiviranjem ikonice sa oznakom GND (uz desnu stranu ekrana), ili aktiviranjem **Place/Ground** i pronalaženjem simbola **0/SOURCE**. Unošenje ovog simbola je obavezno, jer simulacija neće da se pokrene ako nema referentnog nultog čvora. Rezultat unošenja simbola komponenti

Ukoliko se želi spoj na mestu preseka linija, onda se na mestu spajanja mora pojaviti tačka, slika 1.13. Ako pak ne želimo spoj dve linije, levim tasterom miša, posle označavanja prvog kraja komponente, treba kliknuti na mestu sledećeg spajanja, a ne na mestu gde jedna veza prelazi preko druge.

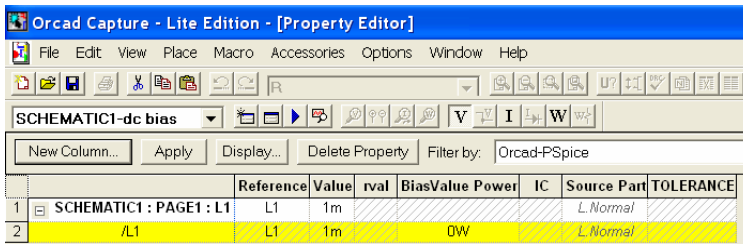
Kada smo spojili sve željene tačke u kolu, potrebno je aktivirati desni taster miša i sa **End wire** vratiti kursor u standardno stanje.

Prema opisanom postupku, modifikacijom nepovezane šeme sa slike 1.12 dobijena je povezana šema prikazana na slici 1.14.

Ukoliko se greškom unese neželjena komponenta ili linija, njeno brisanje se

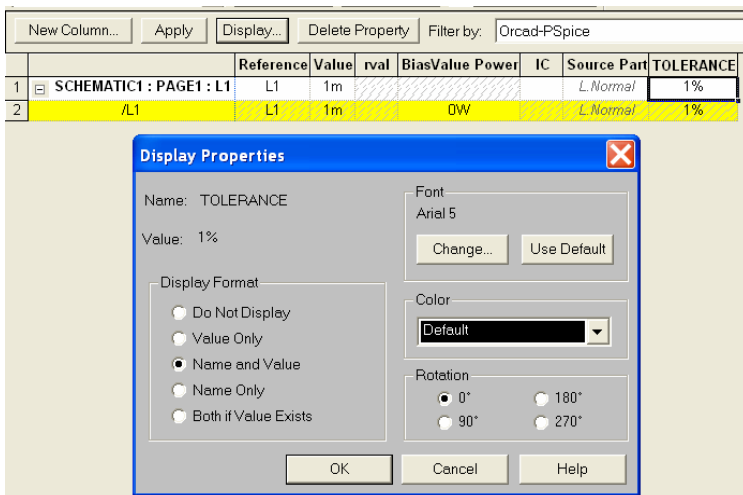
obavlja tako što se posle označavanja levim tasterom miša sa tastature aktivira **Delete**. Isti efekat ima i redosledno aktiviranje opcija **Edit/Delete**.

3. Promena vrednosti i oznaka komponenata

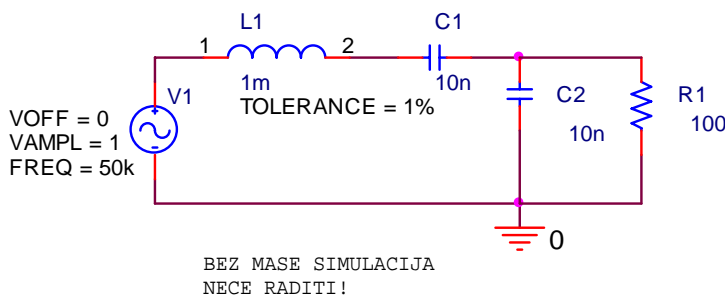


Slika 1.15 Prozor u kome se postavljaju vrednosti parametara kabela.

IC i **TOLERANCE**). Vrednosti se upisuju u prazna polja ispod oznake parametara (u prvom redu). Neki od parametara su obično vidljivi na šemi (ovde vrednost induktivnosti 1m). Ukoliko se još neki parametar želi prikazati na ekranu, onda je potrebno levim tasterom miša selektovati kolonu gde se on nalazi, a potom aktivirati ikonicu **Display**. Posle ovoga se dobija prozor prikazan na slici 1.16. Radi vežbe na šemi ćemo prikazati još i parametar **TOLERANCE**. U ovom prozoru levim tasterom miša treba označiti polje ispred jedne od opcija:



Slika 1.16 Prozor u kome se postavlja da neki parametar (ovde **TOLERANCE**) bude vidljiv na šemi.



Slika 1.17 Postavljanje vrednosti parametra Tolerance kod induktivnosti L1.

4. Pamćenje šeme kola

Na kraju (ili s vremena na vreme) treba zapamtiti **Schematic File**, a to se radi standardnim Windows komandama **File** i **Save**.

Neke komponente (pasivne, naponski i strujni izvori i sl.) u PSpice-u imaju unapred definisane vrednosti, pa ih je potrebno promeniti saglasno zahtevima kola koje se simulira. Dvostrukim klikom levog tastera miša na neku komponentu (ovde kalem) otvara se prozor prikazan na slici 1.15 u kome se mogu postaviti vrednosti svih parametara (ovde **Value**,

- ne prikazivati na šemi (**Do Not Display**)
- samo vrednost (**Value only**)
- ime i vrednost (**Name and value**)
- samo ime (**Name only**)
- ime i vrednost ako je definisana vrednost (**Both if Value Exists**)

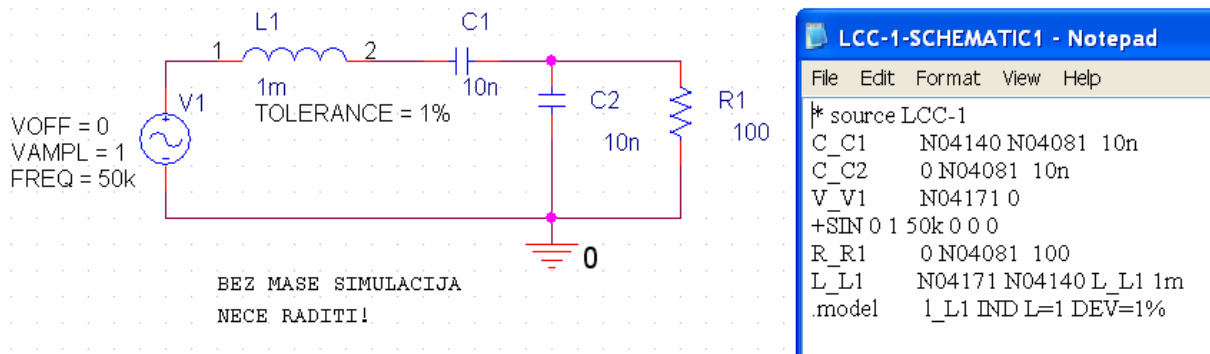
Zatim aktivirati **OK** i zatvoriti prozor u kome se upisuju vrednosti parametara. Ovo dovodi do vraćanja u editor za crtanje šema, gde se vidi učinak promene, slika 1.17.

Svakoj komponenti se ručno može promeniti oznaka i vrednost. Ovo se obavlja dvostrukim klikom levog tastera miša na oznaku ili vrednost, a zatim upisivanjem željene vrednosti u novootvoreno polje. Ovde se takođe pruža mogućnost prikazivanja parametara i/ili vrednosti kao na slici 1.16. Pri ovome treba voditi računa da se u oznaci komponente ne promeni prvo slovo, nego samo indeks, pošto je ono oznaka pripadnosti (R-otpornik, C-kondenzator, L-kalem, M-MOSFET itd.)

5. Provera ispravnosti šeme kola za simulaciju

Pre no što se pusti simulacija, potrebno je proveriti ispravnost nacrtane električne šeme, prema pravilima za unošenje i povezivanje elemenata. Ovaj postupak se obavlja aktiviranjem **PSpice/Create Netlist**. Ukoliko je šema ispravno kreirana (što još ne znači da će biti ispravno simulirana) onda će biti kreirana lista povezanosti elemenata (**Netlist**). Ova lista može se videti aktiviranjem **PSpice/View Netlist**, posle čega se otvara prozor prikazan na slici 1.18.

Šema može biti električno ispravna, što još uvek ne znači da je funkcionalna. Ako se korisnik pridržava uputstva za pravilno crtanje šema, greške će biti svedene na minimum. Pre no što se ovlada rutinskim korišćenjem PSPICE-a nije zgorog proveriti povezanost elemenata u net listi.

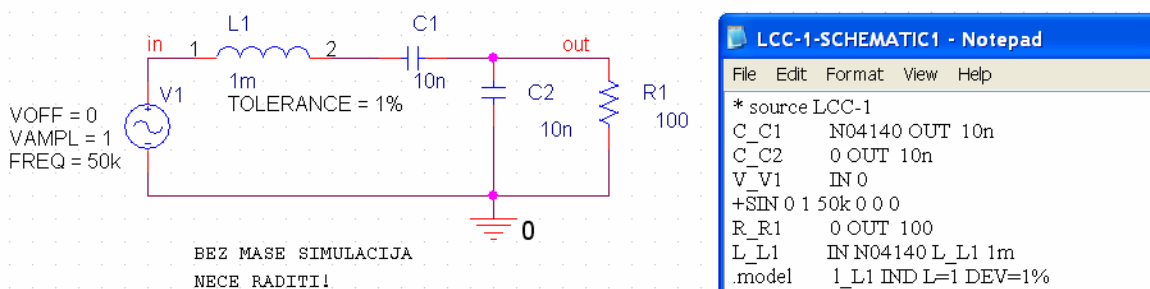


Slika 1.18 Lista povezanosti (NetList) komponenti u električnoj šemi.

Net lista prikazana na slici 1.18 pokazuje da je:

- kondenzator C_C1 povezan između čvorova N04140 i N04081
- kondenzator C_C2 povezan između čvorova 0 i N04081
- nezavisni naponski generator V_V1 je povezan između čvorova N04171 i 0 i predstavlja prostoperiodični generator (SIN) čija je srednja vrednost nula, amplituda 1V i učestanost 50kHz
- otpornik R_R1 je povezan između čvorova 0 i N04081 i ima vrednost 100 (osnovnih jedinica, odnosno oma)
- kalem L_L1 je povezan između čvorova N04171 i N04140 i ima vrednost 1mH. Zbog uvođenja parametra **Tolerance**, **PSPICE** je generisao model ove induktivnosti L_L1. Ovaj model, kao i najčešće korišćeni modeli ostalih komponenti u PSPICE-u, biće opisan kasnije.

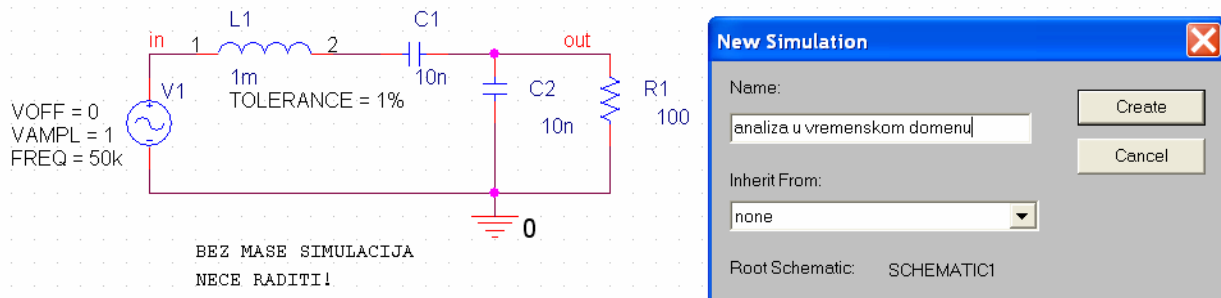
Imena čvorova dodeljuju se automatski, osim ukoliko se ne promene njihova imena u Capture editoru. Ovo se obavlja aktiviranjem **Place/Net alias** ili ikonice **Place net alias** (ikonica sa oznakom N1). Nakon ovoga u ponuđeno polje treba upisati željeno ime čvora npr. out, sa OK zatvoriti prozor i pomoću kursora miša dovesti oznaku čvora do neke od linija koje se sticu u njega. Aktiviranjem levog tastera miša postavljamo novo ime čvora (ovde out), a potom sa desnim tasterom miša i **End Mode** završavamo ovu aktivnost. Na isti način unet je i čvor in prikazan na slici 1.19. Na ovoj slici se vidi i učinak promene imena čvorova u šemi i u listi povezanosti komponenta. Posle savlađivanja početničkih problema pri korišćenju PSPICE-a provera net liste, naročito kod složenijih šema, retko se sprovodi.



Slika 1.19 Postavljanje novih imena čvorova.

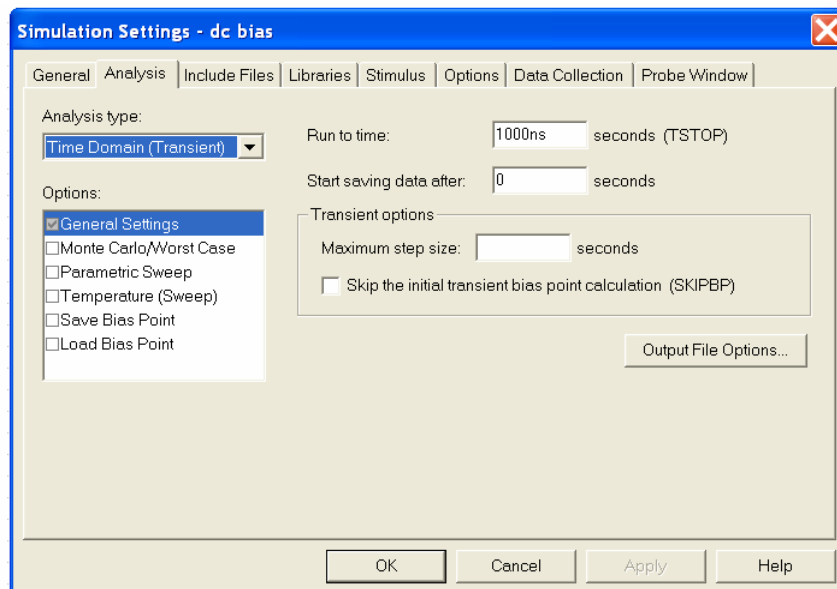
B. ZADAVANJE ANALIZE

Pokretanjem **Pspice/New Simulation Profile** dobija se prozor prikazan na slici 1.20. U polje **Name** se upisuje oznaka simulacije. Ova oznaka nam služi za opisivanje analize čije parametre ćemo kasnije podesiti. U ovo polje može se upisati bilo šta što korisnika asocira na vrstu analize koju želi sprovesti.



Slika 1.20 Prozor u kome se postavlja ime nove simulacije.

Aktiviranjem opcije **Create** dobija se prozor prikazan na slici 1.21. U ovom prozoru se podešavaju parametri svih analiza u **PSPICE-u**.



Slika 1.21 Prozor u kome se zadaje vrsta analize u **PSPICE-u**.

Za zadavanje osnovnih analiza u **PSPICE-u** koriste se sledeće opcije (**Analysis type**):

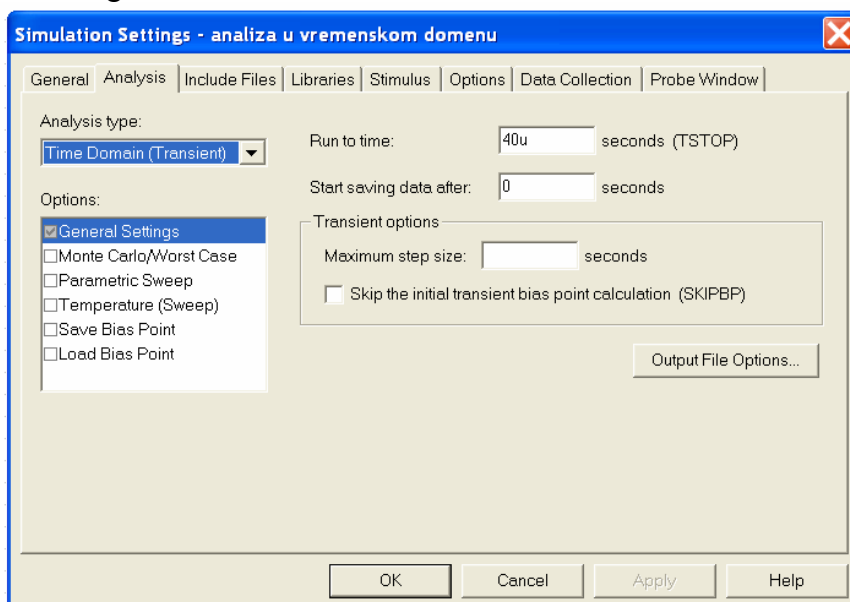
- **Time Domain (Transient)** - daje vremenski odziv kola u specificiranim tačkama na različite pobude u intervalu koji korisnik specificira. Za periodičnu pobudu može da izračuna i Fourierove koeficijente, kao i totalna harmonijska izobličenja;
- **DC Sweep** - daje raspodelu jednosmernih napona i struja i statičke karakteristike
- **AC Sweep/Noise** - radi analizu kola u naizmeničnom režimu za male signale, fazorsku analizu, određivanje frekvencijskih karakteristika i analizu uticaja šuma;
- **Bias Point** - daje vrednosti napona, struja i određuje snagu koja se disipira na pojedinim elementima u mirnoj radnoj tački;

U kombinaciji sa osnovnim analizama mogu se uraditi i sledeće analize:

- **Transfer Function (.TF)** - je deo **Bias Point** analize, a služi za određivanje prenosne karakteristike za male signale nekog nelinearnog kola u okolini zadate mirne radne tačke, ulaznu i izlaznu otpornost;
- **Sensitivity** - je deo **Bias Point** analize, a daje osetljivost željenih jednosmernih napona (ili struja kroz naponske izvore) na promene svakog od elemenata šeme (otpornosti, nezavisni naponski i strujni generatori, parametri dioda i tranzistora i sl.);

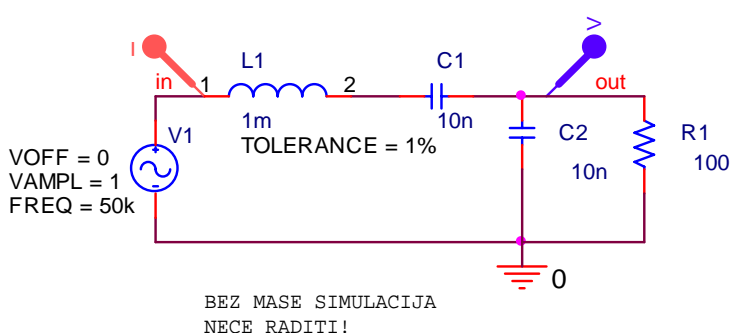
- **Operating Point (.OP)** - je deo **Bias Point** analize, a daje napone čvorova i radnu tačku nelinearnih i poluprovodničkih komponenata (diode, tranzistori i sl.);
- **Parametric** - analiza određuje uticaj promene nekog parametra (npr. otpornosti nekog elementa) na karakteristike kola u **AC Sweep**, **DC Sweep** ili **Transient** simulaciji;
- **Temperature (Sweep)** - specificira jednu ili više temperatura na kojoj se nalazi kolo koje se simulira, a radi se u kombinaciji sa svim osnovnim analizama. Ako se ništa ne specificira, podrazumevana vrednost temperature je 27°C ;
- **Monte Carlo/Worst Case** - određuje uticaj varijacije parametara elemenata kola (npr. tolerancije otpornosti) na karakteristike kola koje se simulira u **AC Sweep**, **DC Sweep** ili **Transient** analizi. Posebno se specificira analiza po slučajnoj raspodeli parametara, ili analiza najgoreg slučaja
- **Load Bias Point** - učitava vrednosti jednosmernih napona i struja iz datoteke u cilju postavljanja početnih uslova nelinearnih kola koja imaju više mirnih radnih tačaka
- **Save Bias Point** - zapisuje vrednosti jednosmernih napona i struja u datoteku

Zadavanje **Transient** analize pokazaćemo na primeru ranije korišćenog LCC oscilatornog kola. Analizu ćemo sprovesti u toku prve dve periode napona pobudnog generatora ($2 \cdot 20\mu\text{s}$). Na slici 1.22 prikazan je prozor u kome je upisano trajanje (Run to time) **Transient** analize. Ovaj prozor se zatvara sa **OK**, nakon čega se vraćamo u **Schematic** editor.



Slika 1.22 Primer zadavanja Transient analize.

C. POKRETANJE SIMULACIJE

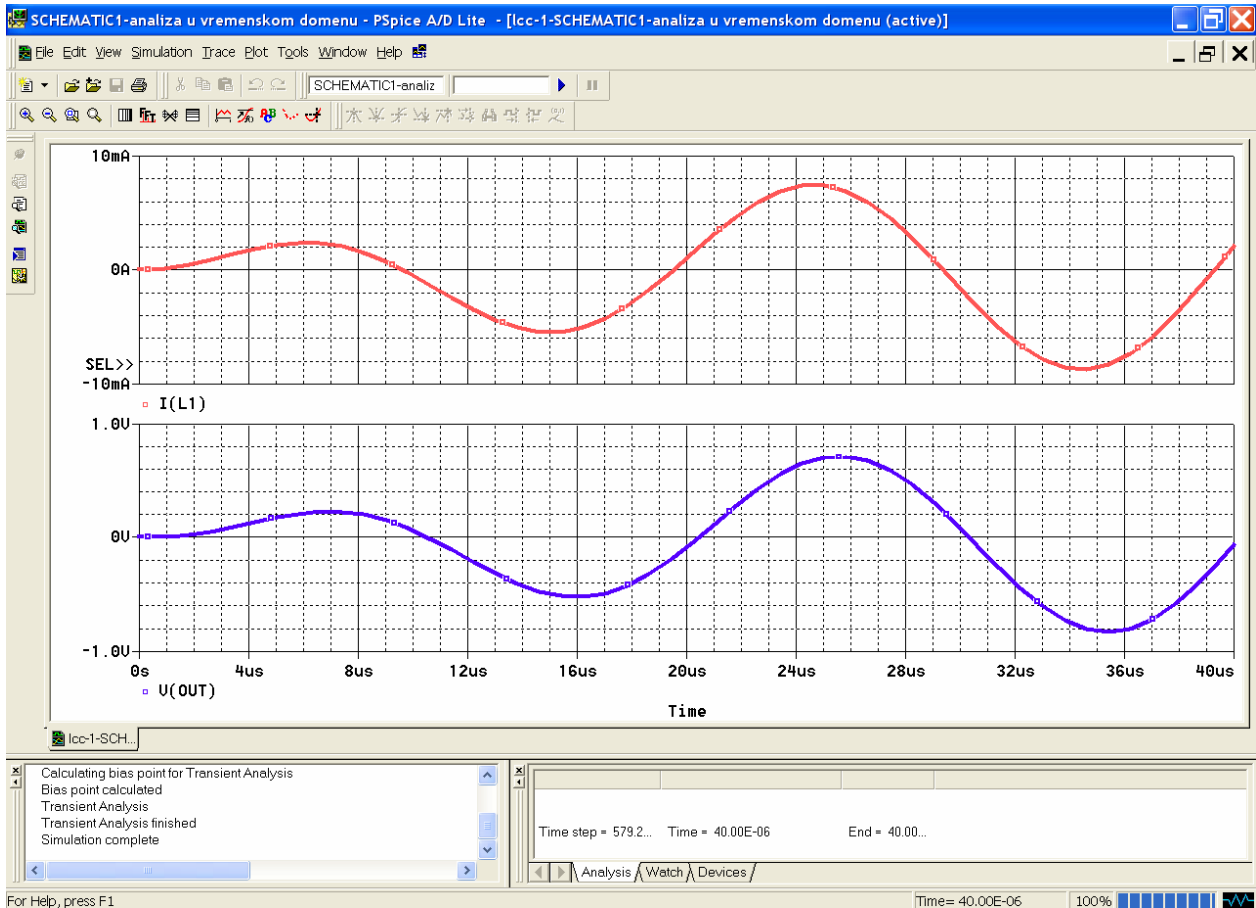


Slika 1.23 Postavljanje markera za napon i struju radi prikazivanja ovih vrednosti u PROBE.

Posle zadavanja neke od osnovnih analiza, ili više međusobno povezanih analiza, pristupa se pokretanju simulacije. Ovo se obavlja aktiviranjem **Pspice/Run** ili **F11** sa tastature.

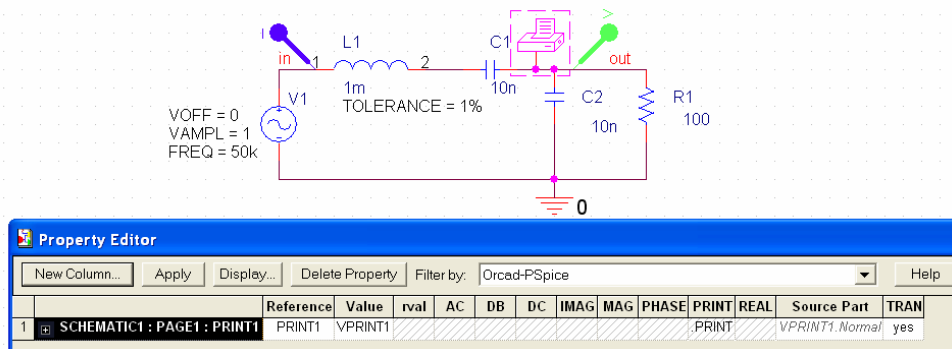
Ako je sve u redu, odnosno ako se analiza zbog grešaka pri simulaciji nije u međuvremenu prekinula, nakon obavljene analize automatski se otvara prozor za grafičko prikazivanje rezultata **PROBE**. Da bi se videli

vremenski oblici napona i struja obično se postavljaju naponski ili strujni markeri, slika 1.23. Voditi računa da se marker za merenje struje postavi da meri struju pina komponente, a ne struju veze koja povezuje komponente. Na slici 1.24 prikazani su vremenski oblici struje induktivnosti i izlalnog napona u kolu sa slike 1.23. Na ovoj slici, u donjem levom uglu, se vidi kako je tekao postupak simulacije. Prvo je urađena **Bias Point** analiza neophodna za određivanje početnih uslova u kolu, a potom je urađena i analiza u vremenskom domenu (**Transient**).



Slika 1.24 Prikaz vremenskih oblika u programu PROBE

Neki rezultati analize se nalaze i u izlaznoj datoteci (**Pspice/View Output File**), podaci o naponima čvorova u mirnoj radnoj tački, parametri za male signale nelinearnih elemenata itd. Ukoliko se rezultati analize žele koristiti u nekom drugom programu za grafičko prikazivanje podataka (npr. **ORIGIN**) onda se i oni mogu zapisati u izlaznu datoteku. Pomoću **Place/Part** uneti u šemu simbol **VPRINT1**, slika 1.25. Postaviti ga na liniju ili čvor čiji napon se želi posmatrati. Dvostrukim klikom levog tastera miša na mestu gde se nalazi **VPRINT1** otvoriti prozor prikazan na slici 1.25. U polje čiju vrednost želimo prikazati u izlaznoj datoteci (ovde **TRAN**) treba postaviti **yes**, a potom se sa **OK** vratiti u šemu. Potom treba pokrenuti analizu (**F11**), nakon čega će se u izlaznoj datoteci tabelarno zapisati rezultati (ovde dve kolone vreme i napon).



Slika 1.25 Postavljanje simbola VPRINT1 radi zapisivanja podataka u izlaznu datoteku.