

Návod pro LTspice

© 2025 Ing. František Štefanec, vlastní skripta

Betaverze 0.99c – 8.9.2025

Obsah

Klávesové zkratky.....	2
Zápis veličin, jednotek a předpon.....	3
Základní ovládání schématického editoru nad rámec zkratk výše.....	3
Skládání oken programu.....	4
Výpis error logu/output logu, krokování parametrů a automatické měření.....	4
Základní typy SPICE analýz.....	5
Nastavení zdrojů.....	6
Nastavení vazby indukčností.....	7
Vložení vlastních modelů součástek a podobvodů/knihoven.....	7
Spektrální analýza, další užitečné funkce a direktivy, doplňující informace.....	8
Informace k dokumentu.....	8

Klávesové zkratky

	Staré ovládání	Nové ovládání
Nastavení analýzy		A
Vložení země (GND)/vztažného uzlu	G	G
Vložení vodiče	F3	W
Vložení zdroje napětí (stejnoseměrné, případně střídavé při nastavení skrz Advanced) - zdroj proudu se vkládá přes vložení komponenty „current“.	V	V
Vložení rezistoru	R	R
Vložení kondenzátoru	C	C
Vložení cívky	L	L
Vložení diody	D	D
Vložení komponenty obecně – tranzistory, IO, atd. <i>Pozor, u diod a tranzistorů je typicky poté ještě potřeba zvolit konkrétní model pravým kliknutím.</i>	F2	P
Vložení názvu uzlu	F4	N
Vložení textu	T	T
Vložení SPICE direktivy (příkazu) – např. .param, .meas	S	T + volba v menu
Posun (součástek, vodičů, atd.)	F7	M
Tahání (součástek, vodičů, atd.)	F8	S
Rotace – otočení (součástek, vodičů, atd.)	Ctrl+R	Ctrl+R
Zrcadlové převrácení (součástek, vodičů, atd.)	Ctrl+E	Ctrl+E
Duplikace/kopírování (součástek, vodičů, atd.)	F6	Ctrl+C
Mazání (součástek, vodičů, atd.)	F5/Delete	Backspace/Delete
Zpět	F9	Ctrl+Z
Vpřed	Shift+F9	Ctrl+Shift+Z
Nápověda	F1	F1
SPICE log (výpis výsledků měření a chyb)	Ctrl+L	Ctrl+L

Mezi starými a novými klávesovými zkratkami se dá přepnout přes dialog „**Keyboard Shortcut Editor**“ (Tools → Settings → Schematic → Keyboard Shortcuts) přes tlačítka „Restore Defaults“ (nové zkratky) či „Restore LTspice Classic Values“ (staré zkratky). V základu LTspice používá nové zkratky. V tomto dialogu je i výpis všech klávesových zkratek.

Zápis veličin, jednotek a předpon

Předpona	p (10^{-12})	n (10^{-9})	μ (10^{-6})	m (10^{-3})	K (10^3)	M (10^6)	G (10^9)
Zápis v LTspice	p	n	u	m	k	Meg	Gig

Chcete-li zadat hodnotu součástky, napětí zdroje, nebo jinou veličinu, v LTspice zapisujete pouze číselnou hodnotu bez jednotek, ke které přidáte předponu jednotky jako příponu. Tedy např. hodnotu rezistoru 1 M Ω zapisujete jako 1Meg.

Základní ovládání schématického editoru nad rámec zkratk výše

Žádaná akce programu	Akce uživatele
Pohyb pracovní plochy	Levé kliknutí mimo součástku + tažení
Volba symbolů + tažení, mazání, atd.	Výběr funkce klávesovou zkratkou, v panelu, či skrz menu (Edit a další) + výběr jednoho symbolu kliknutím, nebo výběr více symbolů kliknutím mimo ně, držením levého tlačítka a tažením myši.
Propojení symbolů	Výběr funkce klávesovou zkratkou, v panelu, či skrz menu (Edit a další) + tažení cesty od pinu symbolu k pinu dalšího symbolu.
Spuštění simulace	Alt+R (nové zkratky), respektive tlačítko „Play“ v panelu nástrojů nad schématem.
Pozastavení či ukončení simulace	Tlačítko „Pause“, respektive „Stop“ v panelu nástrojů nad schématem.

Graf, zobrazování průběhů

Akce uživatele	Žádaná/vyvolaná akce programu
Kliknutí na uzel v editoru schématu	Zobrazení momentálního průběhu napětí v grafu (před kliknutím vypadá kurzor jako sonda osciloskopu).
Dvojklik na uzel v editoru schématu	Zobrazení momentálního průběhu napětí v grafu a skrytí ostatních průběhů.
Kliknutí na komponentu	Zobrazení momentálního proudu skrz komponentu (před kliknutím vypadá kurzor jako proudová sonda), když to je možné.
Alt (respektive Ctrl+Alt) + kliknutí na komponentu	Zobrazení momentální výkonové ztráty komponenty.
Vybrání části grafu myší	Zoom na určitou část grafu.
Ctrl+kliknutí na název průběhu nad grafem	Zobrazení průměrné a efektivní (RMS) hodnoty.
Del+kliknutí na název průběhu nad grafem	Odstranění průběhu z grafu (z funkce mazání se lze dostat ven klávesou Esc).
Kliknutí či dvojklik na název průběhu nad grafem	Zobrazení jednoho či dvou kurzorů. Kurzory lze posouvat myší, v malém okně mimo graf jsou uvedeny informace (přesná hodnota v bodě kurzoru i vertikální a horizontální rozdíl mezi kurzory)

Pravé kliknutí a: - Autorange Y Axis - Zoom to Fit - Add Plot Pane Above (respektive Below) – a doplňkové informace pro práci s podokny grafu. - Float Window - View → Select Steps - Notes and Annotations → Annotate Steps	- Automatické nastavení škály vertikální osy (vertikálních os). - Zobrazení celého průběhu. - Přidání podokna grafu. - Po tomto další vyvolané akce ovlivňují momentálně vybrané podokno. - Podokno lze zvolit levým kliknutím, případně zavřít pravým kliknutím a zvolením „Delete this Pane“. Horizontální osa je společná. - Uvolnění okna grafu z hlavního okna programu. - Volba pouze určitých výsledků krokování parametrů. - Označení výsledků krokování parametrů
Šipky	Pohyb kurzorem a/nebo volba výsledku krokování parametrů.

Skládání oken programu

Vedle tlačítek Play/Pause/Stop jsou ikony pro uspořádání (pod)oken programu (schéma, graf). Vlevo či nahoru bude při stisknutí ikony umístěno okno, které je aktivní (volíte levým kliknutím).

Výpis error logu/output logu, krokování parametrů a automatické měření

Krokování parametrů lze provést pomocí direktivy .step:

- Určitému symbolu (komponentě) lze místo hodnoty přiřadit proměnnou popsanou ve složených závorkách, například {mujR}
- Následně lze krokovat tuto proměnnou direktivou .step:
 - Zvolte Add SPICE Directive (zkratka .)
 - Napište: .step param
 - Toto vložte do schématu a klikněte pravým tlačítkem.
 - Name of Parameter to Sweep nastavte na název proměnné bez složených závorek, tedy zde mujR.
 - Nature of Sweep a parametry krokování nastavte obdobně jako u AC analýzy či DC sweep analýzy (viz níže).

Automatické měření pomocí direktivy .meas (či .measure):

- Obdobným způsobem jako výše do schématu vložíte „.meas“
- Pravým kliknutím nastavíte parametry.
- Výsledek pojmenujete přes Result Name.
- Do Measured Quantity můžete zadat i popis průběhů rovnicí (např $V(out)*I(R1)$)
- Genre volí typ zpracování, například „AVG“ vypočítá průměr výsledku zadané rovnice, „PARAM“ umožňuje zpracovat výsledky hotových měření (např. pro výpočet účinnosti z výpočtu výkonů).

Výpis výsledků těchto direktiv vyvoláte otevřením okna Output logu/Error logu (Ctrl+L). Grafický výstup provedete pravým kliknutím, zvolením „Plot step'ed .meas data“. Následně volíte průběhy a s výsledným grafem pracujete obdobně jako s grafem obsahujícím průběhy.

Krokování teploty je nad rámec tohoto dokumentu (dá se provést pomocí .step temp).

Základní typy SPICE analýz

Typ	Transient	AC Analysis	DC Sweep	DC Op Pnt
Popis	Přechodová (tranžientní) analýza v časové doméně – výpočet chování obvodu po malých časových krocích.	AC analýza metodou malých signálů – výpočet DC pracovního bodu, linearizace obvodu okolo tohoto pracovního bodu a následná analýza.	Série DC Op Pnt analýz s krokováním napětí/proudu nějakého zdroje (je potřeba určit v nastavení simulace), možnost grafického vynesení závislosti obvodových veličin na tomto zdroji.	Výpočet stejnosměrného pracovního bodu.
Výhody, nevýhody	+ zahrnuje nelin. jevy + univerzální - velmi výpočetně náročná (pomalá)	+ rychlá - pro samotnou analýzu nezahrnuje nelin. jevy (limitaci, zkreslení)	+ rychlá - pouze DC	+ rychlá - pouze DC
Vhodné použití	Přesnější analýza obvodu včetně nelinearity (zkreslení, limitace).	Zjištění frekvenční charakteristiky při provozních podmínkách, kdy lze zanedbat vlevo zmíněné jevy.	Zjištění stejnosměrné přenosové charakteristiky obvodu.	Zjištění pracovního bodu. Kondenzátory jsou nahrazeny otevřeným obvodem, cívky zkratem.
Nastavení	Stop Time - čas simulace Time to Start Saving Data - čas, kdy se začnou ukládat data pro vykreslení Maximum Timestep – maximální časový krok, pro vyšší přesnost lze nastavit na cca 1/1000 až 1/100 očekávané periody signálu, se kterým pracujeme, respektive cca 1/10 až 1/2 očekávané nejrychlejší hrany signálu. Start external DC supply voltages at 0 V – bude simulován i start DC zdrojů od 0 V, jinak před analýzou vypočte stejnosměrný pracovní bod a výsledek použije jako počáteční hodnoty.	Type of Sweep – způsob krokování frekvence: - „Linear“ – krokuje se stejným krokem - „List“ – krokuje le seznamu, - „Octave“ a „Decade“: pro AC analýzu se používá nejčastěji toto, nastavuje se rozsah frekvence a počet bodů na oktávu/dekádu = na každé zdvojení, resp. zdesetinásobení frekvence). Typicky volíme okolo 100 bodů na oktávu. Dále je nutné nastavit zdroje signálu viz níže.	Obdobně jako u AC analýzy, ale zdroj je volen přímo v okně nastavení analýzy (Name of 1st source to sweep – zadává se reference zdroje, např. V1). Type of Sweep funguje stejně jako u AC analýzy, ale vztahuje se k napětí, ne k frekvenci.	Bez nastavení.

Nastavení zdrojů

Nastavení běžných zdrojů napětí/proudu pro DC operating point a DC sweep analýzy:

- Pro DC sweep je nastavení popsáno výše.
- Zdroje, které se nebudou krokovat, se nastaví na stejnosměrnou hodnotu (pravé kliknutí a zadání hodnoty „DC value“).

Nastavení běžných zdrojů napětí/proudu pro tranzientní analýzu:

- **Stejnosměrná hodnota se nastaví stejně jako výše.** Pokud chcete generovat určitý průběh, postupujte podle návodu níže:
 - Pokud se neobjeví větší okno s možností volby průběhů (Sine/Pulse/...) po kliknutí na zdroj pravým tlačítkem, klikněte na „Advanced“. Následně lze zvolit několik různých průběhů:
 - **Pulse:**
 - Zadává se počáteční napětí (Vinitial) a konečné napětí (Vfinal).
 - Dále se nastavují časy (Tdelay je zpoždění od startu simulace, než napětí začne růst z počátečního, Trise je doba růstu z počátečního na konečné, Ton určuje, jak dlouho se napětí bude držet na konečném, Tfall je doba pádu napětí zpět na počáteční a Tperiod je perioda.
 - Ncycles určuje počet cyklů. Při nezadání napětí je děj periodický.
 - Tdelay se projeví jen v prvním cyklu.
 - Ukázka nastavení (Vinitial=0, Vfinal=12, Tdelay=1m, Trise=1u, Tfall=1u, Ton=10u, Tperiod=20u, Ncycles nezadáno):
 - Napětí bude 0 V po dobu 1 ms, následně během 1 μs pozvolně lineárně vzroste z 0 V na 12 V, 10 μs se udrží na hodnotě 12 V, poté během 1 μs klesne zpět na 0 V a zbytek periody (tedy 8 μs) se udrží na této hodnotě, než začne opět vzrůstat.
 - **Sine:**
 - Zadávají se napětí: DC offset=stejnosměrná složka, Amplitude=amplituda (pozor, zadává se amplituda, ne RMS hodnota).
 - Frekvence je nastavena parametrem Freq.
 - Tdelay určuje, v jakém čase simulace se tento zdroj spustí (jinak se spustí v nulovém čase simulace).
 - Theta určuje rychlost poklesu amplitudy (simulace tlumeného kmitání). V případě, že není tento parametr zadán, amplituda s časem neklesá.
 - Phi určuje fázový posuv ve stupních.
 - Ncycles určuje počet cyklů. Není-li nastaven, je omezen pouze časem simulace.
 - Celkový vzorec tedy je (po dobu aktivity zdroje dle Ncycles):
$$u(t) = DC\ offset + Amplitude \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot Freq \cdot \left((t - Tdelay) + \frac{Phi}{360}\right)\right) \cdot e^{-(t - Tdelay) \cdot Theta}$$
 - Respektive identicky pro proudový průběh.
 - Argument sinu je v radiánech.
 - **EXP:** Periodický exponenciálně rostoucí/klesající průběh, nad rámec tohoto dokumentu.
 - **SFFM:** FM modulovaný signál, nad rámec tohoto dokumentu.
 - **PWL:** Piecewise Linear, průběh skládaný z lineárně interpolovaných bodů v čase, nad rámec tohoto dokumentu (viz LTwiki).

Nastavení běžných zdrojů napětí/proudu pro AC analýzu:

- V případě, že se jedná o zdroj signálu:
 - Na zdroj klikněte pravým tlačítkem a v poli „Small signal AC analysis“ nastavte amplitudu a fázi. Nezobrazuje-li se tato možnost, zvolte Advanced.
 - Lze nastavit i stejnosměrnou složku zdroje (využije se pro určení pracovního bodu) a průběh pro tranzientní analýzu.
 - Při nastavení amplitudy 1, nenastavení fáze, a použití tohoto zdroje jako zdroje signálu, bude napětí na výstupu obvodu odpovídat přenosu.
- V případě, že se jedná o napájecí zdroj, nastavení pracovního bodu, atd., nastavte stejnosměrnou hodnotu zdroje.

Zdroje řízené napětím:

- V knihovně komponent/symbolů lze vybrat zdroje napětí řízené napětím (e, e2) či zdroje napětí řízené proudem (g, g2). Výstup tohoto zdroje je galvanicky izolován od jeho vstupu. Nastavená hodnota udává přenos ve V/V či A/V.

Zdroje řízené proudem a behaviorální zdroje napětí/proudu:

- Zdroje „f“ a „h“ jsou proudem řízené zdroje proudu/napětí s chováním obdobným jako u výše zmíněných zdrojů.
- Zdroje „bi“ a „bv“ jsou behaviorální zdroje, u kterých se dá řídit napětí či proud zadanou rovnicí, a to i v závislosti na čase nebo na jiných napětích/proudech, například stylem $I = V(\text{net1}) * I(R3)$.
- Jejich hlubší popis je nad rámec tohoto dokumentu.

Nastavení vazby indukčností

Nastavení vazby indukčností se provede pomocí „SPICE Directive“ a direktivy K..., například:

- K1 L1 L2 0.99 či K12 L1 L2 0.99 nastaví mezi cívkami 1 a 2 vazební koeficient 0,99.
- K123 L1 L2 L3 0.95 nastaví mezi cívkami L1, L2 a L2 vazební koeficient 0,95.

Vložení vlastních modelů součástek a podobvodů/knihoven

Vložení a nastavení modelů se provádí pomocí direktivy .model:

- Například .model myRED D(Vfwd=1.7 Vrev=20 Ron=10 Roff=10Meg) vytvoří hrubý model červené LED (poté lze zvolit symbol diody a hodnotu nastavit na myRED). Obdobným způsobem lze vkládat i některé modely součástek od výrobců.
- Složitější modely lze vkládat pomocí direktiv .include a .lib.
- Existující modely lze mírně upravit pomocí AKO (A Kind Of):
 - Například chceme-li vzít model BC847B a změnit zesilovací činitel ve „forward“ provozu na 400 (což u BJT tranzistorů zajišťuje parametr BF), direktiva by vypadala takto:
.model myBC847B AKO:BC847B BF=400
 - Dále by bylo možné u zvoleného tranzistoru změnit model na tento pravým kliknutím na text s názvem modelu během držení Ctrl a přepsáním původního textu na myBC847B.

Spektrální analýza, další užitečné funkce a direktivy, doplňující informace

Spektrální analýza výsledků tranzientní analýzy pomocí rychlé Fourierovy transformace:

- FFT analýzu spustíte pravým kliknutím do grafu průběhů, volbou View, FFT a volbou průběhů:
 - Number of Data Points ovlivňuje časový krok/frekvenční přesnost (ale i výpočetní náročnost, tedy rychlost provedení analýzy).
 - Time Range to Include nastavuje použitý časový rozsah výsledku simulace.
 - Binomial Smoothing a hlavně Windowing Function ovlivňují předzpracování dat před FFT a tím i amplitudovou/frekvenční přesnost či další vlastnosti výsledku FFT, jejich hlubší popis je však nad rámec tohoto dokumentu.

Další užitečné direktivy a funkce:

Například .options, .temp, .four.

LTspice má velké množství funkcí výrazně nad rámec tohoto dokumentu, pro hlubší pochopení doporučuji pročit [LTwiki](#).

Informace k dokumentu

Text tohoto dokumentu je pod licencí Creative Commons BY-NC-SA 4.0 (uvedte autora, zachovejte licenci, pouze nekomerční využití).

Toto se nevztahuje na:

- Díla, pro které byl tento dokument použit pouze jako návod (výsledná díla mohou být pod jinou licencí, i komerční - toto ovšem nezahrnuje kopírování větších celků samotného dokumentu).
- Neomezené využití na SPŠEaG V Úžlabině v rámci tvorby výukových materiálů (jedná se o vlastní skriptum pro webovou publikaci, ale bude použito pro výuku i zde).

Využití v rámci jiných výukových institucí je možno pod Creative Commons BY-ND.

Použitý font je Source Sans Pro (SIL).