

Antonín Juránek

**MULTISIM –
ELEKTRONICKÁ
LABORATOŘ NA PC
SCHÉMATA
A ZAPOJENÍ**

Praha 2008



Role počítače se v praxi elektronika stává při návrhu elektronických obvodů nezastupitelnou. Program MultiSIM je jedním z mocných nástrojů nejen pro design, ale i pro názornou výuku. V knize jsou na jednoduchých příkladech demonstrovány možnosti a využití programu MultiSIM.

Kniha je určena zájemcům o elektroniku a není jejím posláním nahradit obsáhlý manuál k programu, ale seznámit čtenáře se základními postupy, rozebrat jednotlivé úkony. Kdo chce využít program do větší hloubky, tomu je určena originální dokumentace.

Antonín Juránek

MultiSIM – elektronická laboratoř na PC

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autoři a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena

© Antonín Juránek, MultiSIM – elektronická laboratoř na PC, 2008

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

A. Juránek: MultiSIM – elektronická laboratoř na PC

BEN – technická literatura, Praha 2008

1. vydání

ISBN 978-80-7300-194-0

ÚVOD 6**1 ELEKTRONICKÁ LABORATOŘ NA PC 9**

- 1.1 Vymezení pojmů 11
- 1.2 Podstata simulačních programů 11
- 1.3 Složení a charakteristika návrhového systému 13

2 PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ MULTISIM 15

- 2.1 Popis pracovního prostředí 17
- 2.2 Hlavní nabídka 18
- 2.3 Panely součástek 28
- 2.4 Panel měřicích přístrojů 31
- 2.5 Panely nástrojů a zobrazení 34
- 2.6 Panel simulace 34

3 VYTVOŘENÍ OBVODU 35

- 3.1 Formát a zobrazení schématu 37
- 3.2 Umístění součástek na plochu 38
- 3.3 Propojení součástek 40
- 3.4 Editace součástek 40
- 3.5 Připojení měřicích přístrojů a zahájení simulace 41
- 3.6 Vyhodnocení výsledků 43
- 3.7 Popis obvodu 43

4 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE A JEJICH POPIS 45

- 4.1 Multimetr 47
- 4.2 Ampérmetr a voltmetr 49
- 4.3 Funkční generátor 50
- 4.4 Wattmetr 52
- 4.5 Osciloskop 52
- 4.6 Zapisovač 56

4.7	Logický konvertor	58
4.8	Logický analyzátor	60
4.9	Generátor slov	64
4.10	Osciloskop Agilent 54622d	66
4.11	Digitální multimetr Agilent 34401A	71
4.12	Generátor funkcí Agilent 33120A	74
4.13	Digitální osciloskop Tektronix	76
4.14	Zobrazovač charakteristik	80
4.15	Čítač	83
4.16	Dynamická měřicí sonda	84
4.17	Čtyřkanálový osciloskop	85
4.18	Analyzátor zkreslení	86
4.19	Přístroje pro vysokofrekvenční měření	88
4.20	Indikátory a zobrazovače	91
4.21	Zobrazení výsledků simulace	92

5 Příklady obvodů s pasivními součástkami 95

5.1	Ohmův zákon a parametrická analýza	97
5.2	Kirchhoffův zákon a stejnosměrná analýza pracovního bodu	101
5.3	Řešení obvodů stejnosměrného proudu s více zdroji	103
5.4	Přechodové jevy v elektrických obvodech	104
5.5	Použití postprocesoru pro tvorbu grafů	109
5.6	Základní pasivní součástky v obvodech střídavého proudu	118
5.7	Pasivní filtry	119
5.8	Rezonanční obvody LC	129

6 VLASTNOSTI POLOVODIČOVÝCH SOUČÁSTEK 137

6.1	Usměřňovací diody	139
6.2	Varikapy a jejich použití	143
6.3	Stabilizační (zenerova) dioda a její vlastnosti	145
6.4	Optoelektronické součástky v obvodech	155
6.5	Vícevrstvé polovodičové součástky	159
6.6	Vlastnosti a funkce bipolárního tranzistoru	160
6.7	Simulace činnosti unipolárního tranzistoru	174

7	ČÍSLICOVÁ TECHNIKA A ELEKTRONICKÁ LABORATOŘ NA PC	179
7.1	Ověření logických funkcí logickým konvertorem	181
7.2	Další způsoby ověření logických funkcí	185
7.3	Příklady obvodů	187
7.4	Režimy simulace číslicových obvodů	197
8	PŘÍKLADY NÁVRHU A SIMULACE ELEKTRONICKÝCH OBVODŮ	201
8.1	Napájecí zdroj s integrovaným stabilizátorem	203
8.2	Návrh a charakteristiky stabilizátoru s tranzistorem	213
8.3	Analýza šířky plošného spoje	218
8.4	Vlastnosti a použití časovače 555	220
8.5	Impulzní regulátor teploty mikropáječky	223
8.6	Logická sonda TTL	230
8.7	Astabilní klopný obvod s BJT	231
8.8	Tranzistorový zesilovač	233
8.9	Operační zesilovače v laboratoři na PC	241
8.10	Inspirace pro automatizaci a řízení	253
9	INSPIRACE A NÁMĚTY	257
9.1	Použití integrovaných obvodů a OZ	259
9.2	Zapojení obvodů s tranzistorem	264
9.3	Možnosti programu – kombinace analýz	268
9.4	Tranzistor ve vysokofrekvenčních obvodech	272
9.5	Modulace signálů	273
9.6	Elektronky a simulační program	276
	PŘÍLOHY	280
	ZÁVĚR	281
	REJSTŘÍK	282
	LITERATURA	284

ÚVOD

Do většiny našich každodenních povinností a zábavy zasahují počítače. Jejich využití se stále rozšiřuje. Oblast elektroniky je tímto trendem pochopitelně zasažena – ať se jedná o výuku nových elektroniků na odborných školách, amatérů v domácích podmínkách a nebo o návrh, výrobu zařízení a systémů v průmyslu.

Existuje celá řada programů řešících tyto činnosti. Uživatel si může vybrat program podle svých možností a podle toho, co bude sám řešit. Výuka na odborné škole, samostudium a nebo koníček, kterým se stala elektronika jsou ve většině případů založeny na návrhu elektronického obvodu a jeho možné pozdější výrobě.

Celý návrh obvodu a nebo zařízení (v průmyslové výrobě vždy) může být rozdělen do logických kroků – návrh obvodu – prověrka jeho činnosti na PC (simulace) a případná změna součástek, zapojení... – návrh plošného spoje – opět simulace na PC, např. tepelných poměrů při zvoleném rozmístění prvků na desce – zpracování technologických podkladů pro výrobu a osazení desky – zhotovení a testování desky. Složitý proces vyžaduje nasazení výpočetní techniky s odpovídajícím programovým vybavením, které je schopno reagovat na změny provedené při jednotlivých krocích. Najít takový komplexní nástroj je opravdu složité a je málo pravděpodobné, že ho najdeme u studenta a nebo zájemce o elektroniku v domácích podmínkách.

Pro profesionální návrh je využívána skupina programů pod označením EDA (Electronic Design Automation). Jsou to vývojové prostředky pro automatizovaný návrh elektronických zařízení. Vyznačují se modulární stavbou, umožňují postupně sestavit systém nebo využít některé jeho komponenty a nebo doplnit vybavení, které již uživatel vlastní.

Kdo nevlastní profesionální program typu EDA musí zvolit náhradní řešení – použije program typu „elektronická laboratoř na PC“ např. MultiSIM. Zde nakreslí, odsimuluje a ovládá navržený obvod. Dokumentaci pro výrobu plošných spojů vytvoří v návrhovém systému – např. Eagle. Různé programy a přechod mezi nimi je obtížný a často i nemožný, kontrolovat změny u složitých obvodů je obtížné. Člověk je nucen dělat i zbytečnou práci, v našem zvoleném případě kreslit dvakrát schéma zapojení obvodu a ještě „hlídat“, zda součástky nalezneme v katalogu.

Tyto teoretické úvahy, otázky studentů a vlastní marné pokusy „exportovat“ výstupy do programu EAGLE, mne inspirovali hledat cestu, jak řešit tento problém. U studentů středních škol je oblíben, pro vhodné uživatelské prostředí a ovládání, program MultiSIM. Navržený elektronický obvod můžeme exportovat do programu UltiBOARD, zde navrhnout plošný spoj a vytvořit dokumentaci pro jeho výrobu. Toto řešení má své výhody – pracujeme v jednom prostředí, je zaručeno propojení mezi programy řešící jednotlivé etapy návrhu. Demo verze programů plně vyhovují studentům a jsou dosažitelné na internetu. Všechny tyto úvahy mne vedly k vytvoření publikace, která může ukázat začátečníkům základní postupy při práci s programem MultiSIM.

Proč jsem se zaměřil na tento simulační program? Odpověď – jednoduché intuitivní ovládání, obvod sestavuji ze součástek, které již jsou vytvořeny a umístěny v knihovnách a mají zadané vlastnosti. Měřicí přístroje, generátory a zdroje připojuji k obvodu podobně jako skutečné. Pro uživatele je zásadní – změním hodnotu součástky a ihned vidím odezvu na změnu. Podstatný je i fakt, že ze žádné součástky mi „nestoupá dým, žádný měřicí přístroj nezničím“, na druhou stranu je to však „nebezpečné“ – může nastat dojem, že vše je dovoleno!

Pro dokreslení, programy jsou široce rozšířeny u světových firem [1] např. Agilent Instruments, Alcatel, Allen – Bradley, Analog Device, Atmel, BMW, Boeing Bombardier, Compaq, Fairchild Semiconductor, Ford, Fujitsu, General Electric, General Motors, HP, Honeywell, IBM, Intel, Lockheed Martin, Los Alamos National Labs, Motorola, NASA, National Semiconductor, Philips, Raytheon, Rhode & Schwarz, Robert Bosch, Siemens, Sony, Texas Instrument. Celkem se uvádí 180 000 uživatelů v celém světě.

Příručka je určena zájemcům o elektroniku a není jejím posláním nahradit obsáhlý manuál k programu, ale seznámit zájemce se základními postupy, rozebrat jednotlivé úkony. Kdo chce využít program do větší hloubky musí sáhnout po dokumentaci.

Poděkování

Děkuji za všestrannou podporu mé rodiny – manželce Valentíně, dceři Světlaně a synu Romanovi – bez jejich přispění, trpělivosti a pochopení by příručka nemohla vzniknout.

V neposlední řadě patří poděkování i žákům, kteří mne často inspirovali svými zvědavými dotazy.

Poznámka

Vážení čtenáři, při čtení textu, při procvičování a studiu možná odhalíte nepřesnosti a některé věci budete řešit elegantněji... Na svoji obhajobu – ve svém životě jsem nepotkal člověka, který ovládá jakýkoliv program na 100 %, vždy se najdou věci, které nezná. Budu všem vděčný za připomínky a rady zaslané na moji e-mailovou adresu, předem děkuji.

Antonín Juránek

ajuranek@centrum.cz

Věřím, že publikace umožní začátečníkům používat popisovaný program. Nastavit si pracovní prostředí, součástky a měřicí přístroje vybrat ze zásobníků, vše propojit, stanovit hodnoty součástek a nastavit měřicí přístroje, spustit simulaci.

Předložené příklady jsou pouhým zlomkem z množství možných obvodů. Byly vybrány z různých oblastí elektrotechniky, každého by napadlo mnoho dalších a to je již na každém zájemci. Taktéž nebyly rozebrány všechny typy analýz a možnosti programu. Kdo bude aktivně používat program, objeví opět něco nového, zajímavého a pořád se učí.

Každý z nás jistě začne s klasickým využitím programu, kdy pracuje jako v laboratoři při sestavování, oživování a měření elektronických obvodů. Měníme hodnoty součástek, výsledky sledujeme na měřicích přístrojích a končíme v okamžiku, kdy výsledky odpovídají zadání nebo naší představě. V některých případech je to metoda zdlouhavá, a proto následuje zdánlivě složitější cesta – použiji jednotlivé typy analýz a jejich kombinace.

Tato metoda již vyžaduje znalosti na vyšší úrovni pro nastavení podmínek analýzy. Rozhodně sami můžete srovnat pracnost získání výsledků v případě, kdy klasicky budete sledovat obvodové veličiny při změně hodnoty určité součástky obvodu. Použití parametrické analýzy nám vše usnadní a výsledky získáme v jednom grafu s možností názorného srovnání veličin.

To byla i moje cesta k poznání základního využití programu – pokusy, pokusy a nové obvody.

Jak pokračovat dále? Používají se nové a nové elektronické součástky. Rozhodně se vyplátí „brouzdat“ po internetových stránkách výrobců součástek, získat model nové součástky. Vytvořit si sám součástku a zařadit si ji do vlastní knihovny. Velkou inspirací jsou internetová fóra uživatelů programu. V předchozí příloze je uveden příklad modelu integrovaného stabilizátoru LM317 z internetového fóra [18]. Rozhodně se vyplátí sledovat internetovou stránku výrobce programu [1] a jeho distributorů, kde najdeme novinky, příklady schémat, výukové materiály a videa. Podstatné je proniknout do tajů dalších analýz. Seznámit se s programem UltiBOARD a navrhnout plošný spoj odladěného obvodu.

Vývoj programu pokračuje, určitě se budou objevovat nové verze. Filosofie použití se nemění, rozšiřují se možnosti a v zásobnicích najdete nové součástky a přístroje.

Na úplný závěr. Přeji všem množství fungujících, i když jen na počítači, elektronických obvodů. Všem, kteří se snaží proniknout do tajů elektroniky, program doporučuji, určitě v něm najdou skvělého pomocníka.

A

ampérmetr • 49
analýza • 11
 harmonická • 238
 parametrická • 97
 přechodová • 107
 rozmitaná stejnosměrná • 164
 stejnosměrná • 101
 střídavá • 236
 šířky plošného spoje • 218
 teplotní • 169
analizační program • 11
analyzátor zkreslení • 86
anotace • 13
astabilní klopný obvod • 221

B

bipolární tranzistor • 160
BJT • 160

Č

časovač 555 • 220
čítač • 83
 s dekodérem • 192

D

dělička kmitočtu • 195
digitální multimetr • 72
dioda • 139
 stabilizační • 145

E

editor grafů • 92
elektronka • 276

F

FFT • 70
filtry • 119
funkční generátor • 50

G

generátor slov • 64

H

hlavní nabídka • 18

Ch

charakteristika
 fázová • 57, 130
 kmitočtová • 130
 volt-ampérová • 139
 výstupní • 160

I

ideální režim • 197
informace o pouzdru součástky • 30

J

jednočipový mikropočítač • 30, 155

K

klopný obvod • 194
kmitočtová charakteristika obvodu • 243
kombinace analýz • 268

L

LED • 155
logická funkce • 182
logická sonda • 185
logický analyzátor • 60
logický konvertor • 58

M

měřicí přístroj • 31
měřicí sonda • 84
modulace • 273
 amplitudová • 273
 frekvenční • 274
 pulzně šířková • 223
multimetr • 47

N

napájení zdroje • 203
návrhový systém • 13

O

operační zesilovač • 241
optoelektronický vazební člen • 157
osciloskop • 52
 digitální • 76
 virtuální • 77
ověření logických funkcí • 181, 185
ovládání programu • 17

P

panel nástrojů • 34
 panel simulace • 34
 pasivní součástka • 118
 popis obvodu • 30, 43
 postprocessor • 110
 pracovní bod • 168
 pracovní prostředí • 17
 pravdivostní tabulka • 181
 přehled typů analýz • 23
 přechodový jev • 105
 připojení měřicích přístrojů • 41

R

reálný režim • 197
 regulátor • 223
 rezonanční obvod • 130
 režim měření • 41
 režim simulace • 197

Ř

řízení • 253

S

simulační program • 11, 12
 SINAD • 86
 součástky • 28
 spektrální analyzátor • 88

T

THD • 86
 trioda • 276
 tyristor • 159

U

ukončení simulace • 42
 unipolární tranzistor • 174

V

varikap • 143
 virtuální zásobník • 29
 voltmetr • 49
 vyhodnocení výsledků • 43
 vytvoření grafu • 110
 vytvoření obvodu • 37

W

wattmetr • 51

Z

zadání slov • 65
 zahájení simulace • 42
 zapisovač • 56
 zapojení s OZ • 248
 zásobník měřicích přístrojů • 41
 zásobník součástek • 28
 zesilovač • 233
 zjednodušení logické funkce • 184
 zobrazovač charakteristik • 80
 zobrazovač LED • 157

Součástky a přístroje

1N4001 • 260
1N4007 • 139, 140, 141, 142, 149,
 150, 160, 164, 169, 176, 177, 196,
 199, 204, 205, 207, 210, 213, 219,
 223, 224, 225, 229, 232, 235, 248,
 253, 259, 260, 261, 262, 263, 264,
 266, 267, 268, 272
1N4729A • 145, 146, 147
2N1595 • 159
4017 • 192, 193
4N37 • 157, 158
555 • 192, 221, 222, 223, 226,
 233, 259
6J5 • 276
7402 • 199
7404 • 198
741 • 245, 260, 261, 262
7474 • 195
7476 • 262
74LS74 • 194
Agilent 34401A • 72
Agilent 33120A • 74
BBY40 • 143, 144
BC307 • 260
BC337 • 160, 161, 162, 163, 166,
 167, 168, 214, 234
BC546 • 82, 172, 173, 231, 265
BUZ11 • 224, 225, 227, 229
BZX83C10 • 151
BZX84-C5V6 • 213, 214
HDSP-H151 • 157
IRF510 • 174, 175
LM117 • 208, 212
LM317 • 203, 205, 208, 280
LM555 • 225, 229
LM741 • 242
N4007 • 205
TDS2024 • 76
WK65037 • 260