

**RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE**

**INDUSTRIĀLĀS ELEKTRONIKAS UN  
ELEKTROTEHNIKAS INSTITŪTS**

Anatolijs Ļevčenkovs

Mihails Gorobecs

Leonīds Ribickis

**VIZUĀLORIENTĒTĀS  
PROGRAMMĒŠANAS PAMATI  
INDUSTRIĀLAJĀ ELEKTRONIKĀ**

Mācību grāmata

RTU izdevniecība

2010

UDK  
004.4'236+621.3] (075.8)  
Љe888v

Grāmatas mērķis ir piedāvāt tehnisko augstskolu dienas, vakara un neklātienes nodaļas studentiem apgūt vizuālās programmēšanas tehnoloģiju pamatprincipus. Grāmatā aplūkoti praktiskie uzdevumi un piemēri industriālo mikrokontrolleru programmēšanai, izmantojot tādas modernās tehnoloģijas, kā bezvadu komunikācijas sistēmas, satelītu navigācijas sistēmas mehatronisko iekārtu un elektrotransporta vadībai. Grāmatā izklāstīta mikrokontrolleru savienošana ar modelēšanas vidi un datu bāzi, izmantojot datu apmaiņas serveri, un elektrotransporta plūsmu vadības datormodelēšanu ar vizuālās programmēšanas palīdzību. Grāmatā ar piemēriem parādīti vizuālorientētās programmēšanas tehnoloģiju paņēmieni dinamisko elektrotransporta sistēmu vadībai un modelēšanai, kā arī piedāvāti detalizēti algoritmi studiju projektu praktiskās daļas izpildei.

Publicēts Rīgas Tehniskās universitātes izdevniecībā  
saskaņā ar Industriālās elektronikas un elektrotehnoloģiju  
katedras sēdeš lēmumu.

Recenzenti:

Asoc. prof., Dr.sc.ing. A.Žiravecka

Asoc. prof., Dr.sc. ing. V. Bražis

©Rīgas Tehniskā universitāte, 2010.g.

ISBN 978-9934-10-119-9

## PRIEKŠVārds

Šīs mācību grāmatas mērķis ir palīdzēt visiem interesentiem iegūt priekšzināšanas un nepieciešamo iemaņu kopumu darba uzsākšanai, izmantojot lietošanā vienkāršo datorprogrammu SIEMENS STEP 7 Micro/WIN, kas ar drošo, ātro un elastīgo SIEMENS SIMATIC S7-200 mikrokontrolleri ļauj veidot jaunas iebūvētas mikroautomātiskas iekārtas ar enerģētiku, dzelzceļa transportu un intelektuālo transportu sistēmu saistītās nozarēs.

Grāmatā tiek:

- aplūkoti praktiskie jautājumi par kontrolleru mijiedarbību ar globālajām pozicionēšanas sistēmām (GPS, GALILEO un c.) un ar modelēšanas sistēmām SIMULINK un programmēšanas valodu MATLAB;

- parādīts, kā OPC serveris darbojas savienojumā ar SIMULINK un kādā veidā iegūto signālu, tajā skaitā arī GPS, var saņemt, ierakstīt un saglabāt MySQL datubāzē to tālākai apstrādei;

- paskaidrots kā ar ActionScript programmēšanas valodu ADOBE FLASH PROFESSIONAL vidē var viegli un ātri veidot uzskatamus, vizuāli dinamiskus bezvadu iebūvēto intelektuālo iekārtu prototipus;

- aplūkota mehatroniskas bezvadu iebūvētās sistēmas veidošana gan pilsētas elektrottransporta, gan dzelzceļa transporta kustības vadībai.

Grāmatas veidošanā izmantota grāmatas autoru iepriekšējā pieredze datorprogrammas MATLAB un tās moduļa SIMULINK lietošanā, kā arī PASCAL programmēšanas valodas iespēju un piemērotības izpētē ar elektrotehnoloģiju datorvadību saistītu uzdevumu risināšanai. Autori pārliecināti, ka Rīgas Tehniskās universitātes studentiem pēc elektrotehnoloģiju datorvadības programmas apgūšanas būs priekšzināšanas un līdz ar to arī plašākas iespējas piedalīties dažādos starptautiskos projektos, kuri būs saistīti ar modernajām iebūvētajām sistēmām, to izstrādāšanu un pielietošanu elektronikā un elektrotehnikā.

Autori izsaka pateicību Dr.habil.sc.ing profesoram Jānim Greivulim, Dr.habil.sc.ing profesoram Ivaram Raņķim, Dr.sc.ing asoc.profesoram Jānim Valeinim, Dr.sc.ing. asoc. profesoram Viesturam Bražim, Dr.sc.ing asoc. profesorei Anastasijai Žiraveckai, Dr.sc.ing profesoram Pēterim Balckaram par ieteikumiem metodiskā līdzekļa uzlabošanai un pilnveidošanai.

Autori izsaka atsevišķu atzinību Dr.sc.ing. profesoram Jānim Gerhardam, Dr.hab.sc.ing. profesoram Jānim Dirbam, Dr.hab.sc.ing. profesoram Vladimiram Čuvičīnam, Dr.sc.ing. profesoram Kārlim Ketneram, Dr.hab.sc.ing. profesoram Antanam Sauhatam, Dr.sc.ing. profesoram Anatolijam Maņņitko, Dr.hab.sc.ing. profesoram Jurijam Merkurjevam, Dr.hab.sc.ing. profesoram Andrim Šnīderam, Dr.hab.sc.ing. profesoram Žilvinasam Bazarasam, Dr.sc.ing. Olgai Rubanej, Dr.sc.ing. Igoram Uteševam, Ivaram Alpam, Andrejam Potapovam, Andrejam Moram-Jaroslavcevam, Ivaram Beinartam, Ansim Avotiņam, Alīnai Galkinai, Latvijas Dzelzceļa darbiniekiem Ērikam Šmukstam, Mārim Riekstiņam, Aijai Počai, Dr.sc.ing. Iļjam Korago, Vasilijam Vinokurovam, Sergejam Holodovam, Vitālijam Stupinam, Aleksandram Bulatovam, Mihailam Daščenko, Vladimiram Saveličivam, Ļudmilai Soldatjonokai, Veronikai Mihņevičai, Dmitrijam Ivanovam un visiem 2005.-2010. mācību gadu Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūta un Dzelzceļa transporta institūta studentiem un darbiniekiem par atbalstu atsevišķu grāmatas nodaļu tapšanā, tehnisku palīdzību un radošas atmosfēras radīšanu, kā arī mūsu ģimenes locekļiem par sapratni un nenovērtējamo atbalstu ikdienā.

# SATURS

<b>Ievads .....</b>	<b>8</b>
<b>1. Elektriskā transporta vadības mikrokontrollera vizuālā programmēšana .....</b>	<b>15</b>
1.1. Siemens Simatic S7-200 programmējamo mikrokontrolleru aparatūra .....	15
1.2. Siemens Simatic S7 CPU 224 XP programmējamā mikrokontrollera struktūra .....	19
1.3. Simatic S7-200 mikrokontrollera atmiņa un datu tipi .....	21
1.3.1. Datu atmiņas struktūra .....	21
1.3.2. Simatic mikrokontrollera datu tipi un adresācija .....	21
1.4. Pieslēgtās vadāmās iekārtas .....	24
1.5. Praktiskā uzdevuma mērķis .....	26
1.6. Programmas STEP7 MicroWIN lietotāja saskarne .....	27
1.7. 1. posms. Jauna projekta izveidošana .....	31
1.7.1. STEP7 programmas palaišana .....	31
1.2.1. Projekta saglabāšana .....	31
1.8. 2. posms. Luksofora programmas vizuālā izveidošana .....	33
1.8.1. Taimera definēšana .....	33
1.8.2. Taimera cikliskuma realizācija .....	34
1.8.3. Luksofora gaismu degšanas nosacījumu uzstādīšana .....	35
1.8.4. Programma, lai pieslēgtos mikrokontrollerim .....	38
1.8.5. 2.posma programmas ierakstīšana mikrokontrollerī .....	41
1.8.6. Uzdevumi patstāvīgam darbam ar mikrokontrolleri un luksoforu programmu .....	44
1.9. 3. posms. Dzinēja sprieguma impulsa platuma modulācijas vadība .....	73
1.9.1. Pieslēgšana mikrokontrollerim ar Ethernet protokolu un bezvadu Wi-Fi tīklu .....	73
1.9.2. Impulsa platuma modulācijas apakšprogrammas izveidošana .....	73
1.9.3. Dzinēja rotācijas ātruma vadības apakšprogrammas izveidošana un impulsa platuma aprēķins .....	74
1.9.4. Dzinēja vadības apakšprogrammas palaišana galvenajā programmā .....	81
1.9.5. 3.posma. Programmas ielādēšana un saglabāšana .....	81
1.9.6. Uzdevumi patstāvīgam darbam ar mikrokontrolleri un dzinēja vadības programmu .....	84
1.10. 4. posms. GPS signālu apstrāde ar programmējamo mikrokontrolleri un datu izvade uz teksta displeju .....	106
1.10.1. Ģeogrāfisko koordināšu iegūšana no kontrollerim pieslēgtā GPS uztvērēja .....	106
1.10.2. Mikrokontrollera procesu un mainīgo stāvokļa novērošana reālā laikā .....	109
1.10.3. Mikrokontrollera datu izvade uz displeju .....	110

1.10.4.	4. posma programmas saglabāšana un ielāde.....	112
1.10.5.	Uzdevumi patstāvīgam darbam ar mikrokontrolleri, GPS uztvērēju un informācijas izvadi uz teksta displeju.....	115
<b>2.</b>	<b>Programmējamā mikrokontrollera mijiedarbība ar Simulink vidi .....</b>	<b>141</b>
2.1.	Simulink vides raksturojums .....	141
2.2.	Simulink modeļa izstrādes mērķis.....	143
2.3.	1. posms. Vadāmā elektrotransporta modeļa izveidošana Simulink vidē.....	144
2.3.1.	Tramvaja kustības vizuālais modelis Simulink vidē.....	144
2.3.2.	Uzdevumi patstāvīgam darbam ar tramvaja kustības Simulink modeli.....	147
2.4.	2. posms. Mikrokontrollera pieslēgšana elektrotransporta modeļa vadībai .....	158
2.4.1.	OPC Servera konfigurēšana.....	158
2.4.2.	Simulink modelis ar mikrokontrollera pieslēgšanu.....	169
2.4.3.	Uzdevumi patstāvīgam darbam ar Simulink modeli, savienoto ar mikrokontrolleri.....	173
2.5.	3. posms. MySQL globālā tīkla datu bāzes pieslēgšana Simulink modelim ar mikrokontrollera vadību .....	189
2.5.1.	MySQL datu bāzes un mikrokontrollera savienošana ar Simulink.....	189
2.5.2.	Uzdevumi patstāvīgam darbam ar Simulink modeli savienoto ar mikrokontrolleri un datu bāzi MySQL.....	194
<b>3.</b>	<b>Pilsētas elektrotransporta vizuālā programmējamā modeļa izstrāde FLASH vidē.....</b>	<b>203</b>
3.1.	Pilsētas elektrotransporta vizuālā programmējamā modeļa izveidošanas mērķis .....	203
3.2.	Sistēmas analīze pilsētas elektrotransporta plūsmu modelēšanai.....	204
3.2.1.	Elektrotransporta plūsmu vadības sistēmas analīze: 1. detalizācijas līmenis.....	204
3.2.2.	Elektrotransporta plūsmu vadības sistēmas analīze: 2. detalizācijas līmenis.....	205
3.2.3.	Elektrotransporta plūsmu vadības sistēmas analīze: 3. detalizācijas līmenis.....	207
3.2.4.	Pārējo elektrotransporta plūsmu vadības sistēmas elementu definēšana.....	208
3.3.	Prasību analīze elektrotransporta plūsmu vadības modelim.....	211
3.3.1.	Prasību analīze sabiedriskā elektrotransporta objektu modeļiem.....	211
3.3.2.	Prasību analīze neelektriskā privātā transporta objektu modeļiem.....	212
3.3.3.	Prasību analīze luksofora modeļiem.....	212
3.3.4.	Prasību analīze vadības centra modelim.....	213
3.4.	Elektrotransporta plūsmu vadības sistēmas modeļa projektēšana.....	215
3.4.1.	Modeļa klašu projektēšana un mainīgo izdalīšana.....	215
3.4.2.	Programmas projekta realizācijas plāns.....	219
3.5.	1. posms. Kartes ievietošana.....	220
3.5.1.	1.posma mērķis.....	220
3.5.2.	1. uzdevums. Darba sākums.....	221

3.5.3.	2. uzdevums. Modeļa parametru uzstādīšana .....	224
3.5.4.	3. uzdevums. Kartes ievietošana.....	226
3.6.	2. posms. Tramvaja kustības modelēšana.....	234
3.6.1.	2. posma mērķis.....	234
3.6.2.	4. uzdevums. Tramvaja izveidošana.....	235
3.6.3.	5. uzdevums. Transporta izveidošana.....	255
3.6.4.	6. uzdevums. Kustības modelēšana.....	260
3.6.5.	7. uzdevums. Laika un ātruma ievadišana modeļu programmā.....	267
3.7.	3. posms. Tramvaja pārvietošanas ceļu izveidošana .....	274
3.7.1.	3. posma mērķis.....	274
3.7.2.	8. uzdevums. Ceļa posma klases izveidošana.....	275
3.7.3.	9. uzdevums. Ceļu izveidošana.....	283
3.8.	4. posms. Tramvaja kustība pa maršrutu ar paātrinājumu un bremzēšanu.....	291
3.8.1.	4.posma mērķis.....	291
3.8.2.	10. uzdevums. Jauna transportlīdzekļa izveidošana.....	292
3.8.3.	11. uzdevums. Transporta kustība pa maršrutu.....	304
3.8.4.	12. uzdevums. Paātrināšana un bremzēšana.....	309
3.9.	5. posms. Tramvaja kustība ar pieturu.....	318
3.9.1.	5.posma mērķis.....	318
3.9.2.	13. uzdevums. Pieturas klases izveidošana.....	319
3.9.3.	14. uzdevums. Pieturas izveidošanas modelis.....	323
3.9.4.	15. uzdevums. Pieturas zīmes izveidošana.....	331
3.10.	6. posms. Vairāku tramvaju un luksoforu izveidošana.....	347
3.10.1.	6.posma mērķis.....	347
3.10.2.	16. uzdevums. Vairāku transportlīdzekļu izveidošana pēc saraksta.....	348
3.10.3.	17. uzdevums. Vadāmā ceļa posma klases izveidošana.....	353
3.10.4.	18. uzdevums. Luksofora vizuālā izskata izveidošana.....	359
3.11.	7. posms. Luksoforu uzstādīšana un informācijas izvade .....	378
3.11.1.	7.posma mērķis.....	378
3.11.2.	19. uzdevums. Kustība, ievērojot luksoforu.....	379
3.11.3.	20. uzdevums. Informācijas izvades loga izveidošana.....	387
3.12.	Tramvaja pārvietošanas korekcija .....	411
3.13.	Uzdevumi patstāvīgam darbam ar pilsētas transporta modeli .....	418
<b>4.</b>	<b>Dzelzceļa transporta vizuālā programmējamā modeļa izstrāde Flash vidē .....</b>	<b>419</b>
4.1.	Dzelzceļa transporta vizuālā modeļa izstrādes projekta mērķis .....	419
4.2.	1. posms. Dzelzceļa stacijas kartes ievietošana.....	421
4.2.1.	1. uzdevums. Darba sākums.....	421

4.2.2.	2. uzdevums. Dzelzceļa modeļa parametru uzstādīšana .....	421
4.2.3.	3. uzdevums. Dzelzceļa kartes ievietošana.....	421
4.3.	2. posms. Vilcienu izveidošana un kustības modelēšana .....	424
4.3.1.	4. uzdevums. Vilciena klases izveidošana.....	424
4.3.2.	5. uzdevums. Dzelzceļa transporta klases izveidošana.....	428
4.3.3.	6.uzdevums. Ceļa posmu izveidošana un vilciena sākuma kustības modelēšana. ....	432
4.4.	3. posms. Vilcienu kustība pa maršrutu ar paātrināšanu un bremsēšanu .....	441
4.4.1.	7. uzdevums. Vilcienu kustība pa maršrutu.....	441
4.4.2.	8. uzdevums. Paātrināšana un bremsēšana. ....	444
4.5.	4. posms. Vadāmais dzelzceļa posms un dzelzceļa luksofora izveidošana .....	448
4.5.1.	9. uzdevums. Vadāmā dzelzceļa posma klase. ....	448
4.5.2.	10. uzdevums. Dzelzceļa luksofora vizuālā modeļa izveidošana un vadība. ....	452
4.5.3.	11. uzdevums. Vilcienu kustība ievērojot luksofora signālus. ....	459
4.6.	5. posms. Vairāku vilcienu izveidošana pēc saraksta un kustība ar pieturu.....	466
4.6.1.	12. uzdevums. Saraksta definēšana un vairāku vilcienu izveidošana.....	466
4.6.2.	13. uzdevums. Pieturas klases definēšana. ....	469
4.6.3.	14. uzdevums. Pieturas zīmes izveidošana un ievietošana modelī.....	471
4.7.	6. posms. Sliežu ceļu un informācijas izvades loga izveidošana.....	482
4.7.1.	15. uzdevums. Sliežu ceļu izveidošana. ....	482
4.7.2.	16. uzdevums. Informācijas loga izveidošana. ....	485
4.8.	Uzdevumi patstāvīgam darbam ar dzelzceļa transporta modeli .....	499
<b>Literatūra</b> .....		<b>500</b>
<b>Attēlu saraksts</b> .....		<b>503</b>
<b>Programmu saraksts</b> .....		<b>519</b>
<b>Tabulu saraksts</b> .....		<b>520</b>
<b>Atslēgvārdu saraksts</b> .....		<b>521</b>



**Dr. habil.sc.ing. profesors Leonīds Ribickis**  
LZA akadēmiķis,

Rīgas Tehniskās universitātes rektors, Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātes Industriālās elektronikas un Elektrotehnikas institūta profesors. Galvenie zinātniskās darbības virzieni ir spēka elektronika, elektriskā piedziņa, elektriskās mašīnas un tehnoloģisko procesu vadības sistēmas. Vairāku Latvijas un ES projektu vadītājs, daudzu zinātnisko publikāciju un grāmatu autors, kā arī vairāku desmitu izgudrojumu autors.



**Dr.sc.ing. profesors Anatolijs Ļevčenkovs**

Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātes Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūta profesors. Vairāku starptautisku pētniecisko rakstu autors. Galvenie zinātniskās darbības virzieni ir optimizācijas teorija, lēmumu pieņemšanas atbalsta sistēmas, iebūvētās elektriskās iekārtas un transporta sistēmas, intelektuālās loģistikas sistēmas un sarakstu teorija. Vairāku Latvijas un ES projektu vadītājs un mācību grāmatu autors, kā arī vairāku patentēto izgudrojumu autors.



**Dr.sc.ing., docents Mihails Gorobecs**

Rīgas Tehniskās universitātes Enerģētikas un elektrotehnikas fakultātes Industriālās elektronikas un elektrotehnikas institūta docents un vadošais pētnieks. Pētnieciskās darbības rezultāti publicēti starptautiskos zinātniskos rakstu krājumos tādās zinātņu jomās kā adaptīvas vadības sistēmas, neironu tīkli, ģenētiskie algoritmi, dinamisko procesu modelēšana. Vairāku Latvijas projektu vadītājs un ES projektu izpildītājs. Vairāku mācību grāmatu autors un patentēto izgudrojumu autors.

Grāmatas mērķis ir piedāvāt tehnisko augstskolu dienas, vakara un neklātienes nodaļas studentiem apgūt vizuālās programmēšanas tehnoloģiju pamatprincipus. Grāmatā aplūkoti praktiskie uzdevumi un piemēri industriālo mikrokontrolleru programmēšanai, izmantojot tādas modernās tehnoloģijas, kā bezvadu komunikācijas sistēmas, satelītu navigācijas sistēmas mehatronisko iekārtu un elektrotransporta vadībai. Grāmatā izklāstīta mikrokontrolleru savienošana ar modelēšanas vidi un datu bāzi, izmantojot datu apmaiņas serveri, un elektrotransporta plūsmu vadības datormodelēšanu ar vizuālās programmēšanas palīdzību. Grāmatā ar piemēriem parādīti vizuālorientētās programmēšanas tehnoloģiju paņēmieni dinamisko elektrotransporta sistēmu vadībai un modelēšanai, kā arī piedāvāti detalizēti algoritmi studiju projektu praktiskās daļas izpildei.