

სასწავლო კურსის სილაბუსი

სასწავლო კურსის სახელწოდება	წრფივი სისტემები და სიგნალების თეორია Linear Systems and Signal Theory
ავტორი	ჯობავა რომანი სრული პროფ. ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის დეპარტამენტი ტელ: 899 340454; e-mail: roman.jobava@tsu.ge
ლექტორი (ლექტორები)	ლექტორის სახელი, გვარი: ოთარ ლაბაძე; სტატუსი: ასოცირებული პროფესორი; სამუშაო ადგილი: თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის ელექტრული და ელექტრონული ინჟინერიის დეპარტამენტი საკონტაქტო ინფორმაცია: ტელეფონი - 8 99 58 36 52; ელ. ფოსტა - olabadze@gmail.com
სასწავლო კურსის კოდი:	EEE4
სასწავლო კურსის სტატუსი	1. ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი 2. სწავლების საფეხური - ბაკალავრიატი 3. საგანდებულო
სასწავლო კურსის მიზნები	შეასწავლოს წრფივი სისტემების, ანალოგური და დისკრეტული სიგნალების აღწერისა და ფუნქციონირების მიდგომები და მეთოდები: • წრფივი სისტემების ანალიზის მეთოდები • წრედების ანალიზი • ლაპლასის გარდაქმნა • ციფრული სიგნალების დამუშავების მეთოდები გაცნობა • მარტივი ფილტრების დიზაინისა და ანალიზის მეთოდები • საბაზო CAD სისტემის გამოყენება (SPICE, PSPICE)
კრედიტების რაოდენობა და საათების განაწილება სტუდენტის დატვირთვის შესაბამისად (ECTS)	სასწავლო კურსის კრედიტები 5 ECTS, 125 საათი; სტუდენტის საკონტაქტო მუშაობის საათების რაოდენობა სემესტრული გათვლით 65 მათ შორის: შუალედური გამოცდის ჩასაბარებლად განკუთვნილი დრო – 2 საათი; დასკვნითი გამოცდის ჩასაბარებლად განკუთვნილი დრო – 3

	საათი სტუდენტის დამოუკიდებელი მუშაობის საათების რაოდენობა სემესტრული გათვლით 60 მათ შორის: შუალედური გამოცდის მოსამზადებლად განკუთვნილი დრო 10 საათი; დასკვნითი გამოცდის მოსამზადებლად განკუთვნილი დრო 10 საათი.
დაშვების წინაპირობები:	გამოყენებითი ფიზიკა: რხევები და ტალღები, ოპტიკა (PHYS2); გამოყენებითი ფიზიკა: ელექტრობა და მაგნეტიზმი (PHYS3); მათემატიკა ელექტრონიკისათვის: კომპლექსური ანალიზი, ფურიეს ანალიზი (MATH3); მათემატიკა ელექტრონიკისათვის: დიფ. განტოლებები (MATH4); ელექტრული წრედები (EEE1); ელექტრონიკა (EEE2) ; უცხო ენა2: ინგლისური
სწავლის შედეგები	ა) ცოდნა და გაცნობიერება - სფეროს თეორიის საკითხების გაცნობიერება; ბ) ცოდნის პრაქტიკაში გამოყენების უნარი - სიგნალების წარმოდგენის და დამუშავების, სისტემების მოდელირების და იდენტიფიცირების უნარი.
სასწავლო კურსის შინაარსი	<u>იხ. დანართი</u>
სწავლების/სწავლის მეთოდები	თეორიული მასალა წარმოდგენილი იქნება ლექციებზე ამოცანების ნაწილი ამოხსნილი იქნება ანალიზური მეთოდებით დიდი ყურადღება დაეთმობა თანამედროვე პროგრამული უზრუნველყოფის გაცნობას და ამოცანების ამოხსნას ამ პროგრამული უზრუნველყოფის მეშვეობით. ლექცია - 2 საათი კვირაში, სულ 30 სთ; პრაქტიკული - 2 საათი კვირაში, სულ 30 სთ.
შეფასების კრიტერიუმები	სტუდენტის მიერ სილაბუსით დაგეგმილი სწავლის შედეგების მიღწევა გამოიხატება 100-ქულიანი სისტემით (მინიმალური ქულა: 0; მაქსიმალური ქულა: 100). წერილობითი თუ ზეპირი გამოცდის ან საკონტროლო სამუშაოს შეფასება ხდება საკითხებით და თითოეულ საკითხს მინიჭებული აქვს 10 ან 20 ქულა. დაგეგმილი მისანიჭებელი ქულის მიხედვით ხდება მიღებული შედეგებისათვის შესაბამისი წონითი კოეფიციენტის მინიჭება. შუალედური შეფასების ფორმები: საკონტროლო სამუშაო: წერითი (მიზნად ისახავს

	ამოცანების ანალიზურად ამოხსნის მეთოდების დაუფლების შემოწმებას) I შუალედური გამოცდა: წერითი (მიზნად ისახავს განვლილი თეორიული მასალის დაუფლების შემოწმებას) II შუალედური გამოცდა: გამოცდა კომპიუტერული კლასში პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით (მიზნად ისახავს პრაქტიკული უნარ-ჩვევების გამომუშავების შემოწმებას) შეფასება: დასწრება: 10 ქულა საკონტროლო სამუშაო: 10 ქულა ორი შუალედური გამოცდა: 15 + 15 ქულა დასკვნითი გამოცდა: 40 ქულა (წერითი: 20 ქულა + ზეპირი: 20 ქულა) დასკვნით გამოცდაზე დაშვების წინაპირობა არის გამოცდამდე 11 ქულის დაგროვება წერილობითი გამოცდა 1. 9-10 ქულა: პასუხი სრულია; საკითხი ზუსტად და ამომწურავად არის გადმოცემული; ტერმინოლოგია დაცულია. სტუდენტი ზედმიწევნით კარგად ფლობს პროგრამით გათვალისწინებულ განვლილ მასალას, ღრმად და საფუძვლიანად აქვს ათვისებული როგორც ძირითადი, ისე დამხმარე ლიტერატურა 2. 7-8 ქულა: პასუხი სრულია, მაგრამ შეკვეცილი. ტერმინოლოგიურად გამართულია; საკითხის გადმოცემისას არსებითი შეცდომა არ არის; სტუდენტი კარგად ფლობს პროგრამით გათვალისწინებულ განვლილ მასალას; ათვისებული აქვს ძირითადი ლიტერატურა 3. 5-6 ქულა: პასუხი არასრულია; საკითხი დამაკმაყოფილებლად არის გადმოცემული; ტერმინოლოგია ნაკლოვანია; სტუდენტი ფლობს პროგრამით გათვალისწინებულ მასალას, მაგრამ აღინიშნება მცირედენი შეცდომები 4. 3-4 ქულა: პასუხი არასრულია; ტერმინოლოგია მცდარია; საკითხის შესაბამისი მასალა გადმოცემულია ნაწილობრივ; სტუდენტს არასაკმარისად აქვს ათვისებული ძირითადი ლიტერატურა; აღინიშნება რამდენიმე არსებითი შეცდომა 5. 1-2 ქულა: პასუხი ნაკლოვანია. ტერმინოლოგია არ არის გამოყენებული, ან არ არის შესაბამისი; პასუხი არსებითად მცდარია. გადმოცემულია საკითხის შესაბამისი მასალის მხოლოდ ცალკეული ფრაგმენტები 6. 0 ქულა: პასუხი საკითხის შესაბამისი არ არის ან საერთოდ არაა მოცემული.
--	--

	ზეპირი გამოცდა 1. 19-20 ქულა: ზედმიწევნით ფლობს პროგრამით გათვალისწინებულ ყველა საკითხს, აქვს დამოუკიდებელი და შემოქმედებითი აზროვნების უნარი, შეუძლია ნებისმიერი საპროგრამო მასალის გადმოცემა ამომწურავად პროფესიულ ენაზე, პასუხობს ლექტორის მიერ დასმულ პროგრამასთან დაკავშირებულ დამატებით შეკითხვებს 2. 15-18 ქულა: ერკვევა პროგრამით გათვალისწინებულ ყველა საკითხში, აქვს საგანში დამოუკიდებელი აზროვნების უნარი, შეუძლია ნებისმიერი საპროგრამო მასალის გადმოცემა 3. 10-14 ქულა: ერკვევა პროგრამით გათვალისწინებული საკითხების მნიშვნელოვან ნაწილში; შეუძლია საპროგრამო მასალის გადმოცემა, ათვისებული აქვს ძირითადი ლიტერატურის მნიშვნელოვანი ნაწილი 4. 3-9 ქულა: პროგრამით გათვალისწინებული საკითხების ნახევარზე ნაკლების გადმოცემა შეუძლია დამაკმაყოფილებლად. ძირითადი ლიტერატურის მნიშვნელოვანი ნაწილი სუსტად აქვს დამუშავებული 5. 0-3 ქულა: პროგრამით გათვალისწინებული საკითხებიდან არც ერთი არ არის განხილული დამაკმაყოფილებლად. დასკვნით გამოცდაზე დაშვების პირობა – 11 ქულა
ძირითადი ლიტერატურა	[1] H. Johnson, J.D. Wise, Fundamentals of Electrical Engineering. Rice University Press, 1999. [2] С.И. Баскаков, Радиотехнические цепи и сигналы, Москва, 2003 [3] Horovitz, W.Hill, The Art of Electronics. Cambridge University Press, 1994 [4] П. Хоровиц, У. Хил, Искусство схемотехники, перевод с английского. Москва, издательство “Мир”, 1986.
დამხმარე ლიტერატურა და სხვა სასწავლო მასალა	S.W.Smith, The Scientist's and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. California Technical Publishing, San Diego, California, 1999

დანართი: სასწავლო კურსის შინაარსი

№	ლექციის თემა	ლიტერატურა
1	შესავალი, სიგნალების კლასიფიკაცია, სიგნალების დინამიური წარმოდგენა	[2] §§ 1.1-1.2
2	გეომეტრიული მეთოდები სიგნალების თეორიაში; ორთოგონალური სიგნალების თეორია	[2] § 1.3; § 1.4
3	პერიოდული სიგნალები, ფურიეს მწკრივები. პერიოდული სიგნალის სპექტრალური დიაგრამა. ფურიეს მწკივის კომპლექსური ფორმა	[2] § 2.1
4	არაპერიოდული სიგნალების სპექტრალური ანალიზი, ფურიეს გარდაქმნა; სიგნალის სპექტრალური სიმკვრივის არსებობის პირობა. ზოგიერთი იმპულსის სპექტრალური სიმკვრივე.	[2] § 2.2
5	ფურიეს გარდაქმნის ძირითადი თვისებები. არაინტეგრირებადი სიგნალების სპექტრალური სიმკვრივები. რელეის განზოგადებული ფორმულა	[2] § 2.3; § 2.4
6	ლაპლასის გარდაქმნა. კომპლექსური სიხშირის ცნება. ლაპლასის გარდაქმნით გამოთვლების ჩატარება	[2] § 2.5, [1] Chapter 32
7	სიგნალების სპექტრალური სიმკვრივე, ენერგეტიკული სპექტრი; სიგნალების კორელაციური ანალიზი. დროში წანაცვლებული სიგნალების ანალიზი. სიგნალის ავტოკორელაციური ფუნქცია	[2] § 3.1; § 3.2
8	დისკრეტული სიგნალის ავტოკორელაციული ფუნქცია. ორი სიგნალის ურთიერთ-კორელაციის ფუნქცია	[2] § 3.3; § 3.4
9	ამპლიტუდური მოდულაცია; კუთხური მოდულაციის მქონე სიგნალები; სიხშირული მოდულაცია	[2] § 4.1; § 4.2; § 4.3
10	შეზღუდული სპექტრის მქონე სიგნალების მოდულები. იდეალური დაბალსიხშიროვანი სიგნალი. შეზღუდული სპექტრის მქონე ორთოგონალური სიგნალები	[2] § 5.1
11	კოტელნიკოვის თეორემა. ორთონორმირებული ბაზისის აგება. კოტელნიკოვის მწკრივი. კოტელნიკოვის მწკრივის აპარატურული რეალიზაცია; ვიწროზოლოვანი სიგნალები	[2] § 5.2; § 5.3
12	სტოქასტიური სიგნალები. შემთხვევითი სიდიდეები და მათი მახასიათებლები; შემთხვევითი სიდიდეების სტატისტიკური მახასიათებლები; სტოქასტიური პროცესები	[2] § 6.1; § 6.2; § 6.3
13	წრფივი სისტემები ელექტრულ ინჟინერიაში, წრფივი სისტემების აღწერა, ფუნქციონირების თავისებურებანი; წრფივი სტაციონარული	[2] § 8.1; § 8.2

	სისტემების იმპულსური, გარდამავალი და სიხშირული მახასიათებლები. ფიზიკური რეალიზებადობის პირობა. გადაცემის სიხშირული კოეფიციენტი	
14	წრფივი დინამიური სისტემები. ამ სისტემების აღწერა დიფერენციალური განტოლებებით. დინამიური სისტემების საკუთარი რხევები. დინამიური სისტემების გადაცემის სიხშირული კოეფიციენტი	[2] § 8.3
15	სპექტრალური მეთოდი. იმპულსური მახასიათებლების გამოთვლა. სიგნალის გამოთვლა სისტემის გამოსავალზე. დიფერენციალური და ინტეგრალური წრედები; წრფივ სისტემაში სიგნალის გარდაქმნის გეომეტრიული ინტერპრეტაცია	[2] § 8.4
16	ოპერაციული მიდგომა. დიფერენციალური განტოლებების ამოხსნა ოპერაციული მეთოდით. გადამცემი ფუნქციის თვისებები. გარდაქმნის ფორმულა	[2] § 8.5
17	სიხშირულად გამორჩევადი სისტემების მოდელები. პარალელური რხევითი კონტურის სიხშირული მახასიათებელი. რხევითი კონტურის მახასიათებლების ნულ-პოლუსური წარმოდგენა. მცირე რხევების რეზონანსული გამაძლიერებელი; რხევითი კონტურის მახასიათებლების ნულ-პოლუსური წარმოდგენა. მცირე რხევების რეზონანსული გამაძლიერებელი. მრავალკონტურული სიხშირულად გამორჩევადი სისტემები	[2] § 9.1
18	სიხშირულად გამორჩევადი წრედები ფართოხოლოვანი ზემოქმედებისას. ფართოხოლოვანი სიგნალის ცნება. სიხშირულად გამორჩევადი წრედის დაბალსიხშიროვანი ექვივალენტი	[2] § 9.2
19	სიხშირულად გამორჩევადი წრედები ვიწროხოლოვანი ზემოქმედებისას. AM სიგნალის ზემოქმედება ერთკონტურულ რეზონანსულ გამაძლიერებელზე. პარმონიული ემპ-ს მიერ შექმნილი სიგნალის ზემოქმედება რეზონანსულ გამაძლიერებელზე. ფაზომანიპულირებადი სიგნალების ზემოქმედება რეზონანსულ გამაძლიერებელზე	[2] § 9.3
20	წრფივ სტაციონარულ სისტემებზე შემთხვევითი სიგნალების ზემოქმედების სპექტრალური მეთოდი. სიგნალის საშუალო მნიშვნელობა. გამოსასვლელი	[2] § 10.1; § 10.2

	შემთხვევითი სიგნალის კორელაციის ფუნქცია და სიმძლავრის სპექტრალური სიმკვრივე; ფლუქტუაციური ხმაურების წყაროები ელექტრულ და ელექტრონულ მოწყობილობებში. ნაიკვისტის ფორმულა. მიმღები ანტენის ხმაური. პუასონის განაწილება. დიოდეს დენის სტატისტიკური თვისებები. შოტკის ფორმულა	
21	არაინერციული არაწრფივი გარდამქმნელები; არაწრფივი რეზონანსული გამაძლიერებლები	[2] § 11.1; § 11.3
22	მოდულირებული რადიოსიგნალების მიღება. ამპლიტუდური მოდულატორის მუშაობის პრინციპი. სიხშირული მოდულაცია. ფაზური მოდულაცია. ამპლიტუდური, ფაზური და სიხშირული დეტექტირება	[2] § 11.6
23	სიგნალები პარამეტრულ წრედებში	[2] § 12.1; § 12.2; § 12.3
24	ოთხპოლუსას სიხშირული მახასიათებლები. მატრიცული აღწერა, გადამცემა ფუნქცია, გადამცემა ფუნქციის ნულები	[2] § 13.1
25	დაბალი სიხშირეების ფილტრები, ფილტრების რეალიზაცია; უკუკავშირის მქონე აქტიური წრედები. გადამცემა ფუნქცია. უარყოფითი და დადებითი უკუკავშირები. გაძლიერების კოეფიციენტის სტაბილიზაცია; უკუკავშირის მქონე წრედის მდგრადობა	[2] § 13.2; § 13.3; § 14.1; § 14.2
26	აქტიური RC ფილტრები; ჰარმონიული რხევნის ავტოგენერატორები	[2] § 14.3; § 14.4
27	დისკრეტული დროითი სიგნალები და სისტემები; პერიოდული სიგნალების დისკრეტიზაცია. ფურიეს დისკრეტული გარდაქმნა. ფურიეს დისკრეტული უკუგარდაქმნა	[1] §§ 5.1-5.2, [2], § 15.1 [1] §§ 5.3-5.4, [2] § 15.2
28	ანალოგური სიგნალების დისკრეტული დროითი ფილტრაცია	[1] §§ 5.5-5.6, [2] § 15.4
29	ლოგიკური მდგომარეობები. კოდირება. ბულის ოპერაციები. დისკრეტული წრედები	[3] §§ 8.01-8.07, [4] §§ 8.01-8.07
30	ინტეგრალური წრედების კომბინაციური ფუნქციები. პროგრამირებადი ლოგიკური მოწყობილობები; მეხსიერების მქონე მოწყობილობები. რეგისტრები, მრიცხველები. ციფრული სიგნალების გადაცემა გრძელი მავთულებით. სინქრონული მიმღევრობითი ქსელები	[3] § 8.14-8.15, [4] § 8.14-8.15 [3] §§ 8.16-8.18, 9.12-9.14

№	პრაქტიკული სამუშაოს თემა და ლიტერატურა
1-2	დავალებები [2], თავი 1, გვ. 35-37
3-4	დავალებები [2], თავი 2, გვ. 69-71
5-6	დავალებები [2], თავი 3, გვ. 91
7-8	დავალებები [2], თავი 4, გვ. 117-118
9-10	დავალებები [2], თავი 5, გვ. 139-141
11-14	დავალებები [2], თავი 6, გვ. 162-163
15-16	დავალებები [2], თავი 8, გვ. 190-223
17-18	დავალებები [2], თავი 9, გვ. 224-252
19-20	დავალებები [2], თავი 10,11, გვ. 256-273, გვ. 277-306; დავალებები [2], თავი 11, გვ. 277-306
21-22	დავალებები [2], თავი 12, გვ. 310-322; დავალებები [2], თავი 13, გვ. 339-348
23-24	დავალებები [2], თავი 14, გვ. 379-381
25-26	დავალებები [2], თავი 15, გვ. 421-422