

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ა. ბენაშვილი, ო. ქართველიშვილი,
გ. ბენაშვილი

კომპიუტერის არქიტექტურისა და
ორგანიზაციის საფუძვლები

„ტექნიკური უნივერსიტეტი“
2013

კომპიუტერის არქიტექტურისა და ორგანიზაციის საფუძვლები.
თბილისი: „ტექნიკური უნივერსიტეტი“. 2012წ. – 220 გვ.

ნაშრომში წარმოდგენილია კომპიუტერის არქიტექტურისა და ორგანიზაციის საკითხები იერარქიის სხვადასხვა დონეზე. განხილულია როგორც თვლის პოზიციური სისტემები და ციფრული ლოგიკური დონე, ასევე კომპიუტერის მოწყობილობები, მათი მახასიათებლები და მუშაობის პრინციპები, კავშირი კომპიუტერებს შორის. გაკეთებულია სხვადასხვა ტიპის კომპიუტერების კლასიფიკაცია. ნაჩვენებია თანამედროვე ტენდენციები კომპიუტერების განვითარების სფეროში.

სახელმძღვანელო განკუთვნილია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის სტუდენტებისთვის.

რეცენზენტები: სრული პროფესორი დ. კაპანაძე
ასოცირებული პროფესორი თ. ჯიშკარიანი

©საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2013.
ISBN 978-9941-20-189-9

შინაარსი

	შესავალი	5
I თავი	კომპიუტერების თაობაზე. კომპიუტერების განვითარების ძირითადი ეტაპები	6
1.1.	კომპიუტერების თაობები	6
1.2.	კომპიუტერების განვითარების ძირითადი ეტაპები	26
II თავი	კომპიუტერის ძირითადი კლასები	37
2.1.	კომპიუტერების კლასიფიკაციის ძირითადი კრიტერიუმები	37
2.2.	„ერთჯერადი“ კომპიუტერები, მიკროკონტროლერები და სათამაშო კომპიუტერები	40
2.3.	პერსონალური კომპიუტერები, სამუშაო სადგურები და სერვერები	48
2.4.	სამუშაო სადგურების კომპლექსები და მეინფრეიმები	50
2.5.	სუპერკომპიუტერები	54
III თავი	ინფორმაციის წარმოგება კომპიუტერში. თვლის სისტემები	58
3.1.	ინფორმაციის მოცულობის ერთეულები	58
3.2.	სასრული სიზუსტის რიცხვები	60
3.3.	თვლის პოზიციური სისტემები	63
3.4.	ორობით-კოდირებული სისტემები	65
3.5.	რიცხვების გადაყვანა თვლის ერთი სისტემიდან მეორეში	68
IV თავი	ციფრული ლოგიკური ღონე	74
4.1.	ვენტილები და ბულის ალგებრა	74
4.2.	ბულის ფუნქციების რეალიზაცია	81
4.3.	ბულის ალგებრის კანონები	87
4.4.	ინტეგრალური სქემები	93
4.5.	კომბინაციური და დამგროვებელი სქემები	97

V თავი	კომპიუტერის ძირითადი კომპონენტები	102
VI თავი	პროცესორი	115
6.1.	პროცესორის ძირითადი მახასიათებლები	120
6.2.	პროცესორის მუშაობის რეჟიმები	125
VII თავი	კომპიუტერის მუშაობა	130
7.1.	მუდმივი მუშაობა	130
7.2.	ოპერატიული მუშაობა	134
VIII თავი	ვიდეოსისტემა და აუდიოსისტემა	138
8.1.	ვიდეოკონტროლერი	138
8.2.	ვიდეორეჟიმები	139
8.3.	აუდიოსისტემა	143
IX თავი	კომპიუტერის ინტერფეისი. სალტ. პორტი	147
9.1.	ინტერფეისების ზოგადი დახასიათება	147
9.2.	უნივერსალური სალტები	150
9.3.	სპეციალიზირებული ინტერფეისები	156
9.4.	სტანდარტული პორტები	163
X თავი	სისტემური პლატა	174
XI თავი	ბარე დამამახსოვრებელი მოწყობილობები	178
11.1.	ვინჩესტერი	178
11.2.	კომპაქტ-დისკური მოწყობილობა	183
XII თავი	კომპიუტერის ბარე მოწყობილობები	192
12.1.	კლავიატურა და მაუსი	192
12.2.	სკანერები და ციფრული კამერები	194
12.3.	პრინტერები	198
XIII თავი	კომპიუტერული ქსელები	204
13.1.	ქსელების ტიპები	204
13.2.	ქსელის კომპონენტები	207
XIV თავი	ინტერნეტი	210
14.1.	ინტერნეტის მისამართების სისტემა. რესურსის უნიფიცირებული მისამართი	213
14.2.	ინტერნეტის ძირითადი სერვისები	217
	ლიტერატურა	220

შესავალი

თანამედროვე კომპიუტერი ელექტრონული გადამრთველების ერთობლიობაა, რომლებიც ინფორმაციის ორობითი კოდით წარმოდგენას ემსახურება. ელექტრონული გადამრთველები შეიძლება იმყოფებოდნენ ორიდან ერთ-ერთ მდგომარეობაში – ჩართულ ან გამორთულში, რაც ორობითი ინფორმაციის შენახვის და დამუშავების შესაძლებლობას იძლევა

კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარებას დიდი ხნის ისტორია არა აქვს, მაგრამ ამ მცირე დროის განმავლობაში ასეულობით განსხვავებული არქიტექტურის კომპიუტერი შეიქმნა. მათი უმრავლესობა უკვე დავიწყებას მიეცა, თუმცა თავის დროზე თითოეულმა მათგანმა მოახდინა გავლენა თანამედროვე იდეებისა და არქიტექტურის ჩამოყალიბებაზე.

მთელი ამ ხნის განმავლობაში კომპიუტერების ხუთი თაობა იქნა წარმოდგენილი.

1. ელექტრონული მილაკების ბაზაზე აგებული ელექტრონული გამომთვლელი მანქანები;
2. ტრანზისტორების ბაზაზე აგებული ელექტრონული გამომთვლელი მანქანები
- 3-5. ინტეგრალური მიკროსქემების ბაზაზე აგებული ელექტრონული გამომთვლელი მანქანები.

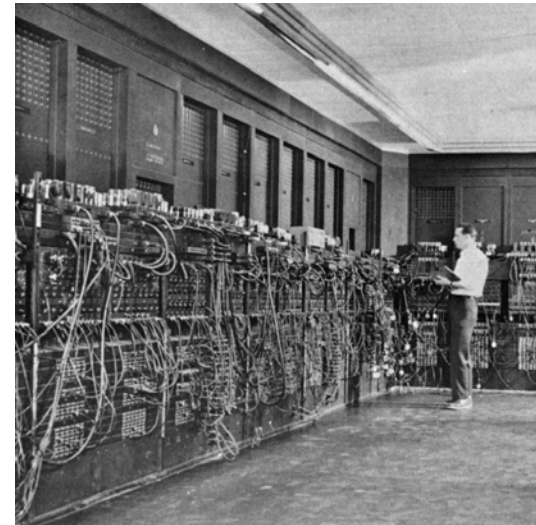
თანამედროვე პერსონალური კომპიუტერების ელემენტურ ბაზას ინტეგრალური მიკროსქემები წარმოადგენს.

I თავი

კომპიუტერების თაობები. კომპიუტერის განვითარების ძირითადი ეტაპები

1.1. კომპიუტერების თაობები

I თაობის კომპიუტერები ელექტრონული მილაკებით (ვაკუუმური მილაკებით) მუშაობდნენ. პირველი ელექტრონული გამომთვლელი მანქანა *ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer)* (სურ. 1.1) პენსილვანიის უნივერსიტეტში 1946 წელს ჯონ მოუშლიმ და ჯ. პრესპერ ეკერტიმ შექმნეს. 1949 წელს კემბრიჯის უნივერსიტეტში მორის უილკსმა შექმნა ელექტრონული გამომთვლელი მანქანა *EDSAC*.



სურ. 1.1. ელექტრონული გამომთვლელი მანქანა *ENIAC*

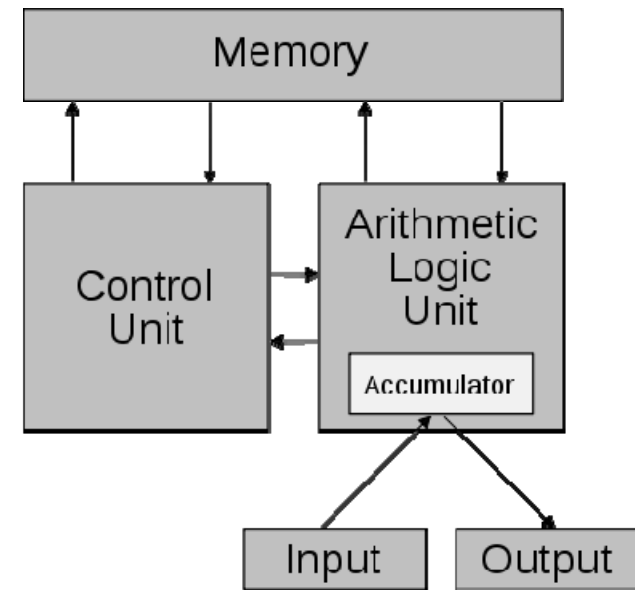
პირველი თაობის კომპიუტერების არქიტექტურის ჩამოყალიბებაში განსაკუთრებული დეაწლი მიუძღვის იმ დროის ცნობილ მათემატიკოსს – ჯონ ფონ ნეიმანს. იგი დარწმუნდა, რომ დიდი რაოდენობის გადამრთველების და კაბელების შემცველი კომპიუტერების შექმნა საკმაოდ შრომატევადი, ხანგრძლივი და ძვირი პროცესია. ამიტომ უმჯობესი იქნებოდა კომპიუტერის ისეთნაირად აგება, რომ პროგრამა მოთავსებულიყო კომპიუტერის მეხსიერებაში კოდირებული სახით – ციფრულ ფორმაში, მონაცემებთან ერთად. მისი აზრით, ათობითი არითმეტიკა (ერთი ათობითი თანრიგის შექმნისათვის საჭირო იყო 10 ელექტრონული მილაკი – 1 ხართული და 9 გამორთული), რომელიც ადრეულ კომპიუტერებში გამოიყენებოდა, ბინარულ (ორობით) არითმეტიკას უნდა შეეცვალა. მის მიერ შექმნილი პროექტი დღეს ცნობილია, როგორც ფონ ნეიმანის გამომთვლელი მანქანა.

ფონ ნეიმანმა ჩამოაყალიბა კომპიუტერის ორგანიზაციის ძირითადი პრინციპები:

1. ორობითი კოდირება. კომპიუტერში ინფორმაციის წარმოდგენისთვის თვლის არა ათობითი, არამედ ორობითი სისტემა გამოიყენება.
2. პროგრამული მართვა. პროგრამა შედგება ბრძანებათა სიმრავლისგან, რომლებიც გარკვეული თანმიმდევრობით სრულდება.
3. პროგრამის შენახვა. ამოცანის შესრულების პროცესში შესაბამისი პროგრამა კომპიუტერის მეხსიერებაში უნდა იყოს.
4. მონაცემების და ბრძანებების წარმოდგენის ერთგვაროვნება. როგორც მონაცემები, ისე ბრძანებები ორობითი კოდით უნდა იქნას წარმოდგენილი.

5. მეხსიერების იერარქიული სტრუქტურა. კომპიუტერს სულ მცირე ორი ტიპის მეხსიერება უნდა ჰქონდეს – ძირითადი და გარე.
6. ძირითადი მეხსიერების დამისამართება. ძირითადი მეხსიერება პროგრამისთვის საწვდომ დანომრილ უჯრედებს შეიცავს.

ფონ ნეიმანის იდეები დღესაც საფუძვლად უდევს თანამედროვე კომპიუტერების არქიტექტურას. ამ კომპიუტერის არქიტექტურა შეიძლება განვსაზოვადოთ, როგორც I თაობის კომპიუტერების არქიტექტურა (სურ. 1.2).



სურ. 1.2. ფონ ნეიმანის არქიტექტურა

I თაობის კომპიუტერებში გადამრთველებად ელექტრონული მილაკების გამოყენება დაბალეფექტური გამოდგა. მათ წამში მხოლოდ 10-15 ათასი არითმეტიკული

ოპერაციის შესრულება შეეძლოთ. ამასთან, კომპიუტერები დიდი რაოდენობით ელექტროენერგიას მოიხმარდნენ. მათ ჯერ კიდევ არ გააჩნდათ სისტემური პროგრამული უზრუნველყოფა. ამიტომ პროგრამების და მონაცემების კომპიუტერში შეტანა და შედეგების გამოტანა უშუალოდ კონკრეტული ამოცანის გადაწყვეტის დროს ხდებოდა.

I თაობის კომპიუტერები საკმაოდ დაბალი საიმედოობით გამოირჩეოდნენ. კომპიუტერებს რეგულარული პროფილაქტიკური მომსახურება ესაჭიროებოდა, რომლის დროსაც პოტენციურად არასაიმედო ელემენტების გამოვლენა და შეცვლა ხდებოდა.

კომპიუტერების ექსპლუატაცია გამოთვლით ცენტრებში, პროგრამისტების მიერ ხდებოდა, რომელთა შტატი საკმაოდ დიდ რიცხვს აღწევდა. მაღალი ღირებულების გამო I თაობის კომპიუტერები მხოლოდ რთული სამეცნიერო-ტექნიკური ამოცანების გადასაწყვეტად გამოიყენებოდა.

მიუხედავად ასეთი ნაკლოვანებებისა, იმ დროისთვის ასეთი კომპიუტერების შექმნა ძალიან დიდ მიღწევად ითვლებოდა.

II თაობის კომპიუტერებში ელექტრონული მილაკები დისკრეტულმა ნახევარგამტარულმა ელემენტებმა – ტრანზისტორებმა შეცვალა. ტრანზისტორი გამოგონებული იქნა კომპანია *Bell Laboratories* თანამშრომლების – ჯონ ბარდინის და უილიამ შოკლის მიერ. ტრანზისტორებმა რევოლუცია მოახდინეს კომპიუტერულ ტექნიკაში და დასაბამი მისცეს კომპიუტერების მეორე თაობას.

I თაობის კომპიუტერების საიმედოობის გასაზრდელად კონსტრუქტორები ცდილობდნენ მაქსიმალურად შე-

ემცირებინათ მანქანის შემადგენელი მოწყობილობების რაოდენობა. მეორე თაობის მანქანებში უფრო მნიშვნელოვანი გახდა სხვა ამოცანების გადაწყვეტა. მაგალითად, მაქსიმალური სწრაფქმედების მიღწევა, ოპერატიული მექანიკის მოცულობის გაზრდა და ა.შ. ტრანზისტორების გამოყენებამ სწრაფქმედების გაზრდასთან ერთად კომპიუტერების გაბარიტების შემცირება და ელექტროენერგიის დაზოგვა განაპირობა.

II თაობის კომპიუტერებში ელექტრონული სქემების მუშაობის სიხშირე ასეულ კილოჰერცამდე გაიზარდა, გარე მექანიკურებად დაიწყო ხისტი და დრეკადი დისკების გამოყენება.

50-იან წლებში შეიქმნა მანქანაზე ორიენტირებული ენები, რომელთა საშუალებითაც შესაძლებელი გახდა ორობითი კოდებით ჩაწერის ნაცვლად ბრძანებების და მისამართების სიმბოლოებით ჩაწერა. 1956 წელს შეიქმნა პირველი მაღალი დონის ენა მათემატიკური ამოცანებისთვის – ფორტრანი. შეიქმნა პირველი ოპერაციული სისტემები, მანქანაზე ორიენტირებული დაბალი დონის (ასემბლერი) და მაღალი დონის (აღგოლი, კობოლი, ბეისიკი და სხვ.) დაპროგრამების ენები.

კომპიუტერების ფასი შედარებით შემცირდა. რთული სამეცნიერო-ტექნიკური ამოცანების გარდა მათი გამოყენება დაიწყო ეკონომიკური გამოთვლებისთვის, საწარმოო პროცესების სამართავად და ა.შ.

II თაობის კომპიუტერებს შორის გამოჩნდა პირველი სუპერკომპიუტერები, რომლებიც ისეთი რთული ამოცანების გადასაწყვეტად იყვნენ განკუთვნილნი, რომლებიც გამოთვლების მაღალ სიჩქარეს მოითხოვდნენ. მაგალითად, *IBM Strath* კომპიუტერში განხორციელდა წარმა-

დობის გაზრდის იმ პერიოდისთვის ცნობილი პრინციპები: პროგრამის კონვეიერული დამუშავება, რამდენიმე დამოუკიდებელი ამოცანის პარალელურ რეჟიმში შესრულება და სხვ.

IBM-ის გარდა მძლავრი კომპიუტერები სხვა ფირმებმაც გამოუშვეს. 1965 წლამდე შექმნილ კომპიუტერებს შორის ყველაზე მძლავრი გამომთვლელი სისტემა იყო სეიმურ კრეის მიერ დამუშავებული სუპერკომპიუტერი CDC (Control Data Corporation) 6600 (სურ. 1.3).



სურ. 1.3. სუპერკომპიუტერი CDC 6600

კომპიუტერში ჩაშენებული იყო რამდენიმე მცირე სიმძლავრის კომპიუტერი, რომელთა შორის განაწილებული იყო სხვადასხვა ფუნქცია: გამოთვლები რიცხვებზე, კომპიუტერის ბლოკების მართვა და ა.შ. მრავალპროცესორულმა ორგანიზაციამ შესაძლებელი გახადა სისტემის ცალკეული კომპიუტერების დროში შეთანხმებული მუშაობა. გამოთვლითი სისტემის ამგვარი ორგანიზაციის შე-

დეგად მისმა სწრაფქმედებამ 3 მილიონი ოპერაცია/წმ-ს მიაღწია.

III თაობის კომპიუტერები. 1958 წელს რობერტ ნოსმა გამოიგონა ინტეგრალური სქემა, რომელშიც მცირე ფართზე შესაძლებელი იყო ათეულობით ტრანზისტორის მოთავსება. ასეთ სქემებს დაარქვეს მცირე ინტეგრაციის სქემები (*Small Scale Integrated Circuits-SSIC*). 60-იანი წლების დასასრულს III თაობის კომპიუტერების ლოგიკური მოწყობილობები უკვე მთლიანად მცირე ინტეგრალურ სქემებზე იყო აგებული. ელექტრონული სქემების მუშაობის სატაქტო სიხშირე რამდენიმე მეგაჰერცამდე გაიზარდა. კომპიუტერის გაბარიტები, კვების ძაბვის სიდიდე და მის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე შემცირდა, ხოლო საიმედოობა და სწრაფქმედება მნიშვნელოვნად გაიზარდა.

III თაობის კომპიუტერებში გარე მეხსიერებად ფართოდ გამოიყენებოდა დისკური დამგროვებლები. გამოჩნდა მეხსიერების კიდევ ორი დონე: ზეოპერატიული დამამახსოვრებელი მოწყობილობა ტრიგერულ რეგისტრებზე და სწრაფი Cache-მეხსიერება.

ინტეგრალურ სქემებზე დამუშავებული კომპიუტერები ტრანზისტორებზე დამუშავებულ კომპიუტერებთან შედარებით გამოირჩეოდნენ მცირე ზომით, ნაკლები ღირებულებით და მუშაობის უფრო მაღალი სიჩქარით.

მესამე თაობის კომპიუტერებში მნიშვნელოვანი ყურადღება ექცეოდა პროგრამისტისა და ოპერატორის კომპიუტერთან ურთიერთობის გაადვილებას. ამ მიზნით შეიქმნა მძლავრი ოპერაციული სისტემები (პროგრამების კომპლექსი, რომელთა საშუალებითაც მოხმარებული ურთიერთობს კომპიუტერთან), რომლებშიც რეალიზებული

იქნა დროითი დაყოფის და მრავალპროგრამული რეჟიმები. გაჩნდა კომპიუტერთან ურთიერთობის ეფექტური ვიდეოტერმინალური მოწყობილობები – ვიდეომონიტორები.

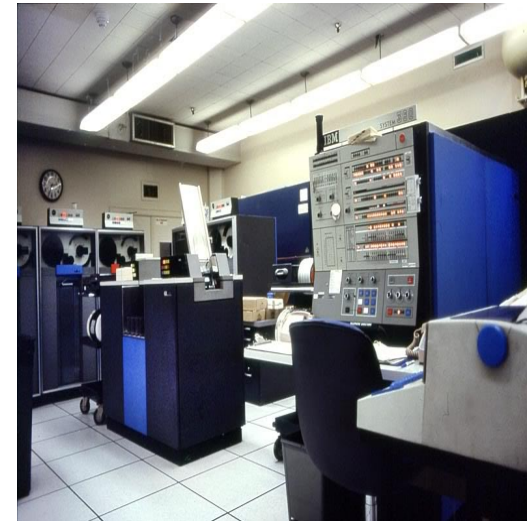
ამავე პერიოდში დაიწყო უნივერსალური კომპიუტერების (მეინფრეიმების) კლასის შექმნა, რამაც კიდევ უფრო აამაღლა კომპიუტერების გამოყენების ეფექტურობა. მეინფრეიმები დიდი ხნის განმავლობაში რჩებოდნენ ყველაზე მძლავრ (თუ არ ჩავთვლით სუპერკომპიუტერებს) საერთო დანიშნულების გამომთვლელ სისტემებად. უნივერსალური კომპიუტერების ბაზაზე შესაძლებელი გახდა გამომთვლელი სისტემების შექმნა, რომლებიც დაშორებულ მომხმარებლებს ემსახურებოდნენ.

მოხდა ტექნიკური და პროგრამული საშუალებების უნიფიკაცია, იქმნება ეგმ-ის საერთო სისტემის ოჯახები (რიგები).

მესამე თაობის კომპიუტერების საფუძველზე ორგანიზდება სხვადასხვა დანიშნულების გამომთვლელი ქსელები.

1964 წლისათვის კომპანია *IBM* ლიდერობდა კომპიუტერულ ბაზარზე. თუმცა ამ კომპანიის მიერ გამოშვებული კომპიუტერებისთვის არსებობდა შეუთავსებლობის პრობლემა. ამის გამო განვითარების მომდევნო ეტაპზე *IBM*-მა დაამუშავა კომპიუტერების სერია *IBM System/360* (მოდელი 30, მოდელი 40, მოდელი 50, მოდელი 60) (სურ. 1.4). ეს იყო კომპიუტერების მთელი ოჯახი ერთი და იგივე ენით. ყოველი შემდეგი მოდელი წინასთან შედარებით იყო უფრო დიდი ზომის და უფრო მძლავრი, მაგრამ ერთი მათგანისთვის დაწერილი პროგრამების გამოყენება სხვა მოდელელებშიც იყო შესაძლებელი.

IBM 360 ბევრ სიახლეს შეიცავდა. ერთ-ერთი მათგანი იყო მულტიპროგრამირება. კომპიუტერის მეხსიერებაში შესაძლებელი იყო ერთდროულად რამდენიმე პროგრამის მოთავსება. სანამ ერთი პროგრამა ელოდა შეტანა-გამოტანის პროცესის დამთავრებას, სხვა სრულდებოდა. *IBM 360*-ს იმ დროისთვის საკმაოდ დიდი – 16 მბაიტი მეხსიერება ჰქონდა.



სურ. 1.4. კომპიუტერი *IBM 360*

კომპიუტერების ოჯახის შექმნის იდეა მალე გახდა პოპულარული და რამდენიმე წლის განმავლობაში კომპიუტერული კომპანიების უმრავლესობამ სხვადასხვა დირექტორების და ფუნქციების ერთმანეთის მსგავსი მანქანების მთელი სერიების გამოშვება დაიწყო.

ამავე პერიოდში გაჩნდა კომპიუტერების ახალი კლასი – მცირე ანუ მინიკომპიუტერები. ისინი გამოირჩე-

ოდნენ ბრძანებების შემოკლებული კრებულით და ოპერაციის შესრულების მაღალი სიჩქარით. თავდაპირველად მინიკომპიუტერები განკუთვნილნი იყვნენ ტექნოლოგიური პროცესების სამართავად, თუმცა თანდათან მათი გამოყენება დაიწყო საინჟინრო გამოთვლებისა და ექსპერიმენტალური მონაცემების დასამუშაველად. მინი კომპიუტერების მწარმოებლებს შორის ლიდერი იყო *DEC*, რომელმაც შექმნა მინიკომპიუტერების სერია *PDP-11* (სურ. 1.5).



ნახ. 1.5. მინიკომპიუტერი *PDP-11*

ამ სახის გაგრძელებად უნდა ჩაითვალოს *DEC* ფირმის მიერ 1977-1980 გამოშვებული სუპერკომპიუტერები *VAX 11/730, 750, 780*. (სურ. 1.6).

1972 წელს შეიქმნა სუპერკომპიუტერი *ILLIAC 4*, რომლის სწრაფქმედება 20 მფლოპს (მცოცი მიმით წარ-

მოდგენილი რიცხვების მილიონი შეკრება წამში) აღწევდა.

1974 წელს შეიქმნა კონვეიერული არქიტექტურის მქონე კომპიუტერი *CDC STAR 100*, რომლის მაქსიმალური წარმადობა იყო 100 მილიონი ოპერაცია წამში.



სურ. 1.6. სუპერკომპიუტერი *VAX 11/780*

1975 წლიდან კომპანია *Cray Reserch* იწევს *Cray* სუპერკომპიუტერების გამოშვებას (*Cray 1*-ის სწრაფქმედება იყო 160 მილიონი ოპერაცია წამში).

1979 წელს მართვის სისტემების ინსტიტუტში (ქ. მოსკოვი) დასრულდა *HC-2000* გამოთვლითი სისტემის შექმნა. იგი შედგებოდა ერთგვაროვანი პროცესორული ელემენტებისგან, რომლებზედაც პარალელურად სრულდებოდა ოპერაციები. თითოეულ პროცესორს შეეძლო გადაწყობილიყო შესასრულებელი ამოცანის მიხედვით. ამ სამუშაოს იდეოლოგი და ხელმძღვანელი იყო აკადემი-

კოსი ი. ფრანგიშვილი. გადაწყობადობის პრინციპის სრული რეალიზაცია მოხდა შემდეგ ვერსიაში – IIC-3000.

IV თაობის კომპიუტერების ბაზაა ე.წ. მაღალი ინტეგრაციის მიკროსქემები. მაღალი და ზემოდალი ინტეგრალური სქემების შექმნამ 80-იან წლებში შესაძლებელი გახადა ერთ კორპუსში მოეთავსებინათ ჯერ ათეულობით ათასი, ხოლო შემდეგ – მილიონობით ტრანზისტორი. ერთ მიკროსქემას შეუძლია მთლიანად შეცვალოს I თაობის კომპიუტერის რომელიმე მოწყობილობა. ამან, ერთი მხრივ, კომპიუტერების ზომების, ელექტროენერგიის დანახარჯისა და ფასის ძალიან დიდი შემცირება და, მეორე მხრივ, სწრაფქმედების (წამში 10^8 - 10^9 ოპერაცია) და საიმედოობის ძალიან მნიშვნელოვანი ზრდა გამოიწვია. ადრინდელი კომპიუტერები იმდენად დიდი და ძვირადღირებული იყო, რომ კომპანიებს მათი მომსახურებისთვის სპეციალური სამსახურები – გამოთვლითი ცენტრები ესაჭიროებოდათ. 80-იან წლებში კი კომპიუტერების ფასები იმდენად შემცირდა, რომ მათი შექმნა უკვე ცალკეულ ადამიანებსაც შეეძლოთ. დაიწყო პერსონალური კომპიუტერების ერა, რომლისთვისაც დამახასიათებელია გამოყენების სფეროს მნიშვნელოვანი გაფართოება.

ჯერ კიდევ 1971 წელს კომპანია Intel-მა გამოუშვა 4-თანრიგა მიკროპროცესორი ერთ კრისტალში, რომელსაც 45 ბრძანების კრებულის შესრულება შეეძლო. მიკროპროცესორი ერთ კრისტალში 2300 ტრანზისტორს შეიცავდა, მუშაობდა 108 კვც სატაქტო სიხშირეზე, 60 000 ოპერაცია/წამში სიჩქარით, გააჩნდა 640 ბაიტი მეხსიერება.

1974 წელს ამავე ფორმამ გამოუშვა 8-თანრიგიანი მიკროპროცესორი 8080.

მიკროპროცესორებს აწარმოებდნენ აგრეთვე ფირმები *Motorola* და *Exxon (Zilog)*.

პირველი პერსონალური კომპიუტერი შეიქმნა *Motorola*-ს 8-ბიტიანი მიკროპროცესორის ბაზაზე 1976 წელს. იგი შექმნეს ფირმა *Atari*-ის თანამშრომელმა სტივ ჯობსმა და ფირმა *Hewlett-Packard*-ის თანამშრომელმა სტეფან ვოზნიაკიმ. 1977 წელს დარეგისტრირებული იქნა ფირმა *Apple Comp.*, რომელმაც დაიწყო *Apple* პერსონალური კომპიუტერების გამოშვება. კომპიუტერი მომხმარებლებში დიდი პოპულარობით სარგებლობდა. კომპანია *Apple* გახდა *IBM*-ის სერიოზული კონკურენტი, რომელიც იმ დროს ლიდერობდა კომპიუტერულ ბაზარზე.

ამჟამად კომპანია *Apple* უშვებს პერსონალურ კომპიუტერებს *Macintosh*, რომლებიც ბევრი პარამეტრით აღემატება *IBM PC* კომპიუტერებს.

1981 წელს *Sun Microsystems* კომპანიაში *Motorola 68020* მიკროპროცესორის საფუძველზე დამუშავდა კომპიუტერი *SUN-1*. შემდგომ წლებში გამოუშვეს *SUN-2* (სურ. 1.7) და *SUN-3* მოდელები, რომლებიც ასევე იყენებდნენ *Motorola*-ს მიკროპროცესორებს. იმ პერიოდის პერსონალურ კომპიუტერებთან შედარებით *SUN* კომპიუტერები უფრო მაღალი სიმძლავრით გამოირჩეოდნენ და განკუთვნილნი იყვნენ ქსელში სამუშაოდ. *SUN*-ის ყველა სამუშაო სადგური აღჭურვილი იყო ქსელის ადაპტერით, *Ethernet* და *TCP/IP* პროგრამული უზრუნველყოფით *ARPANET* (*Internet*-ის წინამორბედი) ქსელთან კავშირისათვის.

1987 წელს კომპანია Sun-ის მიერ დამუშავებული იქნა 32-ბიტიანი მიკროპროცესორი SPARC, რომელიც სამუშაო სადგურებში გამოიყენებოდა და დიდი პოპულარობით სარგებლობდა. იგი 36 მპც სისწირეზე მუშაობდა.



ნახ. 1.7. SUN-2 სამუშაო სადგური და სერვერი

1981 წელს ფირმა IBM-ში ფილიპ ესტრიჯის ხელმძღვანელობით შემუშავდა პერსონალური კომპიუტერის მოდელი IBM PC 5150 შემდეგი მახასიათებლებით: პროცესორი Intel 8088 4,75 მპც სატაქტო სისწირით, ოპერატიული მეხსიერების მოცულობა 64 კბაიტი; დრეკადი დისკის ტევადობა – 160 კბაიტი.

სხვა კომპანიებიც (Commodor, Apple, Amiga, Atari) უშვებდნენ პერსონალურ კომპიუტერებს, მაგრამ IBM PC-ის წარმოების პოტენციალი იმდენად დიდი იყო, რომ ვერცერთმა მათგანმა ვერ გაუძლო IBM-ის კონკურენციას.

IBM PC-ის პირველი ვერსია აღჭურვილი იყო ოპერაციული სისტემა DOS 1.1-ით, რომელიც 1982 წელს შე-

ამუშავა იმ დროს ჯერ კიდევ პატარა კორპორაცია Microsoft-მა.

1983 წელს შეიქმნა IBM PC XT (eXtendid Technology). მას ჰქონდა 640 კბაიტი მოცულობის ოპერატიული მეხსიერება და 10 მბაიტი ტევადობის ხისტი დისკი (სურ. 1.8).



სურ. 1.8. IBM PC XT ორიგინალური ვერსია

1984 წელს გამოშვებულ იქნა IBM PC AT (Advanced Technology) Intel 80286 პროცესორის ბაზაზე. მას ჰქონდა ფერადი მონიტორი, 20 მბაიტი ტევადობის ხისტი დისკი და ოპერაციული სისტემა DOS 3.1.

შემდგომ წლებში გამოშვებულ იქნა IBM PC AT სტანდარტის პერსონალური კომპიუტერი Intel 80386, 80486, Pentium I, Pentium II, Pentium III, Pentium 4 პროცესორების ბაზაზე.

1986 წელს გამოვიდა პირველი პორტატიული კომპიუტერი.

1990 წელს ფირმა *Apple*-ის მიერ *Macintosh Portable*-თვის დამუშავებულ იქნა პირველი თხევადკრისტალური მონიტორი.

მოცემული პერიოდისთვის აგრეთვე აღსანიშნავია ორი მნიშვნელოვანი ტენდენციის არსებობა – ერთი მხრივ, გამოთვლითი რესურსების განაწილება და სამუშაო ადგილების პერსონალური კომპიუტერებით აღჭურვა და მეორე მხრივ, გამოთვლითი საშუალებების გაერთიანება დიდი მოცულობის ამოცანების გადასაწყვეტად. ამან კომპიუტერული ქსელების ბუმი გამოიწვია. ინტენსიურად დაიწყო განვითარება ქსელურმა ტექნოლოგიებმა. გამოჩნდა სპეციალური კომპიუტერები ქსელების ორგანიზაციისთვის – სერვერები და სამუშაო სადგურები. კომპიუტერების ქსელების სამუშაო სადგურების სახით გამოიყენებოდა პერსონალური კომპიუტერები, ხოლო სერვერების სიმძლავრე სულ უფრო იზრდებოდა და თავისი შესაძლებლობებით უნივერსალურ კომპიუტერებს (მეინფრეიმებს) უახლოვდებოდა.

1985-1989 წლებში ყველაზე სწრაფი კომპიუტერი იყო ვექტორული სუპერკომპიუტერი *Cray-2* (სურ. 1.9). მისი მაქსიმალური სწრაფქმედება 1,9 გეგაფლოპს აღწევდა.

Cray-2 შეიქმნა აშშ-ს თავდაცვისა და ენერგეტიკის სამინისტროს დაკვეთით. გათვალისწინებული იყო მისი გამოყენება ბირთვულ შეიარაღებისა და ოკეანოგრაფიის სფეროებში. თუმცა იგი გამოიყენებოდა სამშვიდობო მიზნებითაც, კერძოდ, *NASA*-ს, სხვადასხვა კორპორაციისა და უნივერსიტეტის მიერ.

1986 წელს დენიელ ხილისმა შეიმუშავა მასობრივი პარალელური კონცეფცია, რომელიც განახორციელა „შერთვების მანქანაში“ (*Connection Machine*). კომპიუტე-

რი იყენებდა 16000 პროცესორს და შეეძლო წამში რამდენიმე მილიარდი ოპერაციის შესრულება. მანქანას შეეძლო პარალელური დამუშავებისთვის ამოცანების განაწილება.



ნახ. 1.9. სუპერკომპიუტერი *Cray-2*

V თაობის კომპიუტერების განვითარების ძირითადი კონცეფცია შეიძლება ჩამოყალიბდეს შემდეგნაირად: ზერთულ მიკროპროცესორებზე დაფუძნებული პარალელურ-ვექტორული სტრუქტურის მქონე კომპიუტერები, რომლებიც ერთდროულად ასრულებენ პროგრამის ათეულობით მიმდევრობით ბრძანებას; კომპიუტერები, რომლებსაც აქვთ მრავალი ასეული პარალელურად მომუშავე პროცესორი. ეს შესაძლებლობას იძლევა შეიქმნას მონაცემთა დამუშავების სტრუქტურები, ეფექტური ქსელური კომპიუტერული სისტემები.

ამ მიმართულებით აღსანიშნავია მრავალბირთვიანი პროცესორების შექმნა, რომლებიც ერთ კორპუსში რამ-

დენიშე პროცესორულ ბირთვს შეიცავენ და განკუთვნილი არიან ერთ ოპერაციულ სისტემასთან სამუშაოდ.

პირველ მრავალბირთვიან მიკროპროცესორს კომპანია IBM-ის მიერ 2001 წელს შექმნილი ორბირთვიანი POWER 4 წარმოადგენს.

2004 წელს კომპანია Sun Microsystems-ის მიერ გამოშვებულ იქნა ორბირთვიანი პროცესორი Ultra SPARC IV, რომელიც ორი მოდიფიცირებული Ultra SPARC III ბირთვისგან შედგებოდა.

პროცესორების მწარმოებელ წამყვანმა კომპანიებმა Intel-მა და AMD-მ წარმადობის გაზრდის ერთ-ერთ საშუალებად პროცესორების ბირთვების რაოდენობის ზრდა აღიარეს. 2006 წელს Intel-მა წარმოადგინა პირველი ორბირთვიანი პროცესორი ერთ კრისტალში – Core Duo. იმავე წელს გამოვიდა ოთხბირთვიანი პროცესორი Core 2 Quad, რომელიც ერთ კორპუსში აწყობილ ორ კრისტალს წარმოადგენდა.

2007 წელს გამოშვებულ იქნა ოთხბირთვიანი პროცესორი AMD Opteron.

ამჟამად მასობრივად ხელმისაწვდომია ორ-, ოთხ-, ექვს-, რვა- და თორმეტიბირთვიანი პროცესორები.

V თაობის კომპიუტერებში მრავალბირთვიანობის გარდა შემდგომი განვითარება პოვა პარალელურმა სისტემებმა როგორც აპარატურული, ისე პროგრამული კუთხით.

კომპანია IBM-მა ლივერმორის ნაციონალურ ლაბორატორიასა და ამერიკის ენერჯეტიკის სამინისტროსთან ერთად წარმოადგინეს რამდენიმე სუპერკომპიუტერის შექმნის ერთობლივი პროექტი.

ამ პროექტის პირველი კომპიუტერი Blue Gene/L შეიქმნა 2006 წელს. მისი სწრაფქმედება არის 478,2 ტერაფლოპსი (10^{12} ოპერაცია მცოცი მიმით წამში).

პროექტის მომდევნო კომპიუტერი Blue Gene/P IBM კომპანიის მიერ წარმოდგენილი იყო 2007 წელს. მისი სწრაფქმედებაა 3 პეტაფლოპსი. მასში გამოყენებულია მოდულების დიდი რაოდენობა, რომლებიც სპეციალიზირებული ქსელებით არიან დაკავშირებულნი. თითოეული მოდული შედგება Power PC პროცესორის ოთხი ბირთვისგან. სტანდარტულ კონფიგურაციაში სისტემა პროცესორის 4096 ბირთვს შეიცავს.

2007 წელს გერმანიაში მუშაობა დაიწყო პირველმა სისტემამ, სახელწოდებით JUGENE, რომელსაც ჰქონდა 65537 პროცესორი და 167 ტერაფლოპსი სწრაფქმედება (სურ. 1.10). იგი გახდა ევროპაში ყველაზე სწრაფი კომპიუტერი. დამუშავებულ იქნა მთელი რიგი სხვა სისტემებისა: Cray Jaguar (2009 წელი), IBM Roadrunner (2008 წელი), Intel ASCI White (2007 წელი) და სხვა.

მეხუთე თაობის კომპიუტერების აგება გათვალისწინებული იყო ახალ ელემენტურ ბაზაზე, რომელიც დაეფუძნებოდა ადამიანის ინტელექტის მოდელს. ამჟამად მუშაობენ ელექტრონული მოწყობილობების შესაქმნელად, რომლებიც გაიმეორებენ ნეირონის ფუნქციებს (ნეირონიპები). ნეირონიპებისგან იქმნება ნეირონის მსგავსი სისტემები, რომლებიც ნეირონიპებს გააერთიანებენ ქსელში. თუმცა ახალმა ტექნოლოგიამ ჯერ-ჯერობით განვითარება ვერ პოვა. ამჟამად მიმდინარეობს ზემოაღნიშნული ინტეგრაციის სქემების წარმოების ტექნოლოგიების გაუმჯობესება.

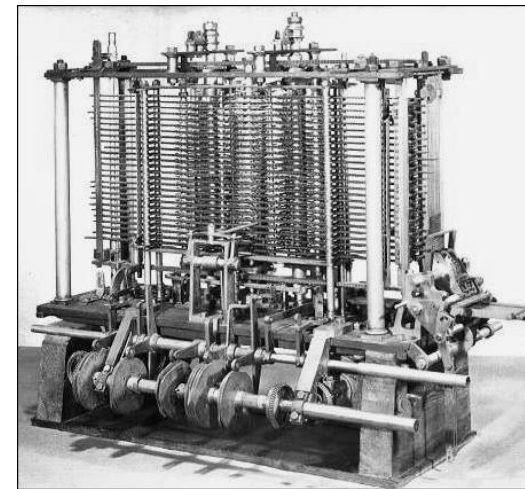


ნახ. 1.10. სუპერკომპიუტული სისტემა *JUGENE*

არსებობს აგრეთვე ახალ ტექნოლოგიურ ბაზაზე ჰიპერკომპიუტერის შექმნის პროექტი, რომელმაც შეიძლება დიდი ხნის მანძილზე განსაზღვროს გამოთვლითი ტექნიკის განვითარება. ახალი ტექნოლოგია – „წრაფი ერთკვანტური ლოგიკა“ ძირეულად ცვლის გამოთვლითი მოწყობილობების აგების პრინციპებს, ამიტომ მისი დაწერგვა დიდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული.

1.2. კომპიუტერების განვითარების ძირითადი ეტაპები

- 1617 წელი. ჯონ ნეპერმა (*John Napier*) შექმნა ხის პირველი სათვლელი მანქანა მარტივი არითმეტიკული ოპერაციების შესასრულებლად.
- 1642 წელი. ბლეზ პასკალმა (*Blaise Pascal*) შექმნა მანქანა რიცხვების შეკრება-გამოკლებისთვის. მანქანა იყო მექანიკური, აგებული გადამცემ კბილანებზე და იმართებოდა ხელით.
- 1672 წელი. გოტფრიდ ვილგელმ ლეიბნიცმა ააგო მექანიკური მანქანა, რომელიც შეკრებისა და გამოკლების გარდა გამრავლებისა და გაყოფის ოპერაციებსაც ასრულებდა.
- 1822 წელი. ჩარლზ ბებიჯმა (*Charles Babbage*) წარმოადგინა მექანიკური სათვლელი მოწყობილობა, რომელსაც ანალიტიკური მანქანა ეწოდა (სურ. 1.11).



სურ. 1.11. ანალიტიკური მანქანა

ეს იყო პირველი ნამდვილი გამომთვლელი მოწყობილობა. „ანალიტიკური მანქანის“ უპირატესობა იმით გამოიხატებოდა, რომ მას შეეძლო შეესრულებინა სხვადასხვა ამოცანა. ტექნიკური სიძნელეების გამო მანქანა არ იქნა აგებული. თუმცა მასში ჩადებული კონცეფცია თანამედროვე კომპიუტერებშიც გამოიყენება.

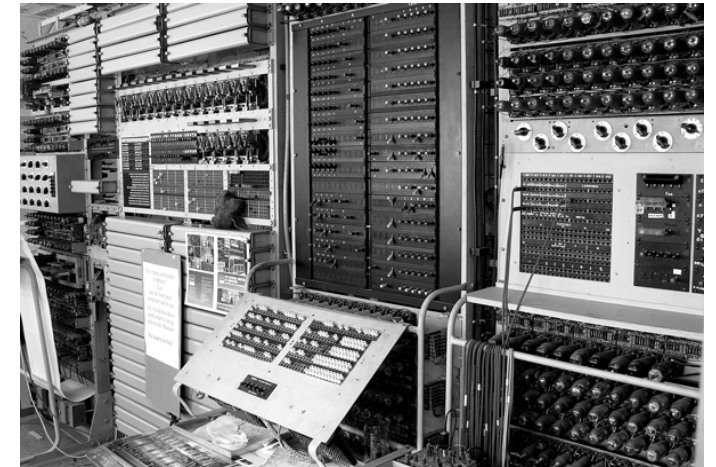
- 1906 წელი. ლ. დი ფორესტმა (*Lee De Forest*) დააპატენტა პირველი ვაკუუმური ტრიოდი (სურ. 1.12), რომელიც შემდგომში I თაობის გამომთვლელი მანქანების ელემენტურ ბაზად იქნა გამოყენებული.



სურ. 1.12. ვაკუუმური ტრიოდი

- 1937 წელი. ჯონ ვ. ათანასოფმა (*John V. Atanasoff*) დაიწყო მუშაობა ათანასოფ-ბერი (ABC) კომპიუტერის შექმნაზე. შემდგომში იგი აღიარებული იქნა პირველ ელექტრონულ გამომთვლელ მანქანად.
- 1943 წელი. ინგლისელმა ალან ტიურინგმა (*Alan Turing*) დააპროექტა საიდუმლო სპეციალიზებული კომპიუტერი *Colossus* (სურ. 1.13), რომლის დანიშნულება იყო გერმანიის ჯარების მიერ გადაცემული შეტყობინებების გაშიფვრა.

- 1945 წელი. ჯონ ფონ ნეიმანმა (*John Von Neumann*) გამოაქვეყნა სტატია *First Draft of a Report on the EDVAC*, რომელშიც წარმოდგენილი იქნა თანამედროვე პროგრამირებადი კომპიუტერების არქიტექტურა.
- 1946 წელი. ჯონ მოშლიმ (*John Mauchly*) და ჯ. პრესპერ ეკერტმა (*J. Presper Eckert*) შექმნეს ელექტრონულ-გამომთვლელი მანქანა *ENIAC*.



ნახ. 1.13. კომპიუტერი *Colossus*

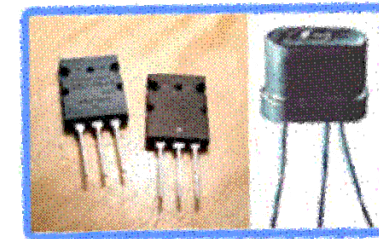
- 1947 წელი. ჯონ ბარდინის (*John Bardeen*), უოლტერ ბრატეინის (*Walter Brattain*) და უილიამ შოკლის (*William Shockley*) მიერ წარმატებით იქნა ტესტირებული პირველი ტრანზისტორი, რამაც გადატრიალება მოახდინა ნახევარგამტარულ ტექნოლოგიაში (სურ. 1.14).
- 1949 წელი. კემბრიჯის უნივერსიტეტის პროფესორმა მორის ვილკსმა (*Maurice Wilkes*) შექმნა პირველი პრაქტიკული პროგრამირებადი კომპიუტერი *EDSAC*.



სურ. 1.14. პირველი ტრანზისტორი



სურ. 1.15. კომპიუტერი TRADIC



სურ. 1.16. TRADIC-ში გამოყენებული ტრანზისტორები

- 1954 წელი. კომპანია *Texas Instrument*-ში გორდონ ტილის (*Gordon Teal*) მიერ შეიქმნა ნახევარგამტარული ტრანზისტორი. მისი ფასი იყო 2,5 დოლარი.
- 1954 წელი. კომპანია *IBM*-მა გამოუშვა პირველი მასობრივი კალკულატორი *IBM 650*.
- 1955 წელი. კომპანია *Bell Laboratories*-მა წარმოადგინა პირველი ტრანზისტორული კომპიუტერი *TRADIC* (სურ. 1.15-1.16).
- 1956 წელი. კომპანია *IBM*-მა გამოუშვა მოდელი *IBM 305 RAMAC*, რომელშიც პირველად იქნა გამოყენებული მონაცემთა მაგნიტური შენახვის მოწყობილობა.
- 1958 წელი. ჯეკ კილბიმ (*Jack Kilby*, კომპანია *Texas Instrument*) შექმნა პირველი ინტეგრალური სქემა, რომელიც ერთ ტექნოლოგიურ ფირფიტაზე განლაგებულ ტრანზისტორებს და კონდენსატორებს შეიცავდა.

- 1959 წელი. რობერტ ნოისმა (*Robert Noyce*, კომპანია *Fairchild Camera*) შექმნა ინტეგრალური სქემა, რომელშიც შემადგენელი არხები თავად კაუხადის კრისტალში იქნა განთავსებული (სურ. 1.17).
- 1960 წელი. კომპანია *DEC*-მა შექმნა პირველი მინი-კომპიუტერი *PDP-1*, რომლის ღირებულება იყო 120 000 დოლარი.



სურ. 1.17. ინტეგრალური სქემა

- 1960 წელი. კომპანია *Bell Labs*-მა შექმნა პირველი კომერციული მოდემი *Dataphone*, რომელიც ციფრულ კომპიუტერულ მონაცემებს ანალოგურ სიგნალებად გარდაქმნიდა ქსელში გადასაცემად.
- 1961 წელი. ჟურნალ *Datamation*-ის მონაცემებით, კომპანია *IBM*-ის პროდუქცია კომპიუტერული ბაზრის 81,2%-ს იკავებს.
- 1964 წელი. *IBM SABRE* სისტემის საშუალებით პირველად შესრულდა მონაცემთა რეალურ დროში ტრანზაქცია.
- 1969 წელი. აშშ-ს თავდაცვის სამინისტროს განკარგულებით შეიქმნა 4-კვანძიანი საუნივერსიტეტო ქსელი *ARPANet*, რომელიც თანამედროვე *Internet*-ის პროტოტიპია.
- 1971 წელი. კომპანია *Hewlett-Packard*-მა წარმოადგინა სისტემა *HP-35* მუდმივი მეხსიერებით.
- 1971 წელი შეიქმნა მიკროპროცესორი *Intel 4004*.
- 1973 წელი. სატელევიზიო მიმღების საფუძველზე დონ ლანკასტერმა (*Don Lancaster*) შექმნა პირველი სიმბოლურ-რიცხვითი მონიტორი.

- 1973 წელი. კომპანია *Micral*-მა გამოუშვა პირველი კომერციული პერსონალური კომპიუტერი *Intel 8008* მიკროპროცესორის ბაზაზე.
- 1974 წელი. კომპანია *Xerox*-მა შექმნა სამუშაო სადგური, რომელშიც შემტანი მოწყობილობის სახით მათი გამოიყენებოდა.
- 1976 წელი. კომპანია *Shugart*-მა წარმოადგინა 5,25 დიუმიანი დრეკადი დისკი და დისკური მოწყობილობა.
- 1980 წელი. კომპანია *Seagate Technologies*-მა წარმოადგინა ხისტი დისკი (ვინჩესტერი) მიკროკომპიუტერებისთვის.
- 1981 წელი. კომპანია *IBM*-მა გამოუშვა *PC* სერიის პირველი პერსონალური კომპიუტერი.
- 1981 წელი. კომპანია *Sony*-მ წარმოადგინა 3,5 დიუმიანი დრეკადი დისკი და დისკური მოწყობილობა.
- 1984 წელი. კომპანია *IBM*-მა გამოუშვა კომპიუტერი *PC-AT (PC Advanced Technology)*, რომლის სწრაფქმედობაც 3-ჯერ აღემატებოდა აქამდე არსებული მოდელების სწრაფქმედებას. კომპიუტერი დამუშავდა 16-თანრიგა *Intel 80286* პროცესორის ბაზაზე. იგი ყველა თანამედროვე კომპიუტერის პროტოტიპს წარმოადგენს.
- 1985 წელი. კომპანია *Philips*-მა გამოუშვა პირველი მუსიკალური კომპაქტ-დისკი და *CD-ROM* დამგროვებელი.
- 1986 წელი. კომპანია *Compac*-მა გამოუშვა კომპიუტერი *Deskpro 386*, 32-თანრიგა *Intel 80386* პროცესორის ბაზაზე.
- 1988 წელი. რობერტ მორისმა (*Robert Morris*) შექმნა და გაუშვა კომპიუტერული ვირუსი. სხვადასხვა მონაცე-

მით, დავირუსებული იქნა 6-დან 60 ათასამდე კომპიუტერი.

- 1989 წელი. კომპანია *Intel*-მა გამოუშვა 80486 პროცესორი, რომელიც 1 მილიონ ტრანზისტორს შეიცავდა.
- 1990 წელი. ჟენევის მაღალი ენერჯიების ფიზიკის ლაბორატორიის (*CERN*) თანამშრომელმა ტიმ ბერნერს-ლიმ (*Tim Berners-Lee*), შეიმუშავა ენა *HTML*, რამაც საფუძველი ჩაუყარა მსოფლიო ქსელის – *WWW (World Wide Web)* ერას.
- 1993 წელი. კომპანია *Intel*-მა წარმოადგინა პროცესორი *P5 (Pentium)* და მისთვის შექმნა სისტემური ლოგიკის მიკროსქემების კრებული.
- 1995 წელი. კომპანია *Microsoft*-მა წარმოადგინა პირველი 32-ბიტიანი ოპერაციული სისტემა *Windows 95*.
- 1997 წელი. კომპანია *Intel*-მა წარმოადგინა პროცესორი *Pentium II*.
- 1998 წელი. კომპანია *Microsoft*-მა წარმოადგინა ოპერაციული სისტემა *Windows 98*.
- 1998 წელი. კომპანია *AMD*-მ წარმოადგინა პროცესორი *Atlon*.
- 1999 წელი. კომპანია *Intel*-მა წარმოადგინა პროცესორი *Pentium III*.
- 2000 წელი. კომპანია *Microsoft*-მა წარმოადგინა ოპერაციული სისტემები *Windows ME (Millenium Edition)* და *Windows 2000*.
- 2000 წელი. კომპანია *AMD*-მ წარმოადგინა პროცესორი *Duron*.

- 2000 წელი. კომპანია *Intel*-მა წარმოადგინა პროცესორი *Pentium 4*.
- 2000 წელი. კომპანია *Intel*-მა წარმოადგინა პროცესორი *Itanium*, პირველი 64-ბიტიანი პროცესორი.
- 2000 წელი. კომპანია *Intel*-მა წარმოადგინა 2 გპც სიხშირის პირველი პროცესორი. საინტერესოა, რომ 108 კპც-დან 1 გპც-მდე მიღწევას 28 წელი დასჭირდა, 1 გპც-დან 2 გპც-მდე მიღწევისთვის კი 18 თვე აღმოჩნდა საკმარისი.
- 2001 წელი. კომპანია *Microsoft*-მა წარმოადგინა ოპერაციული სისტემები *Windows XP Home* და *Professional*, რომლებმაც *Windows NT* ტექნოლოგიის საფუძველზე პირველად გააერთიანეს სამომხმარებლო (*Windows 95, 98, Me*) და კომერციული (*Windows NT, 2000*) ოპერაციული სისტემები.
- 2002 წელი. კომპანია *Intel*-მა გადალახა 3 გპც-იანი ბარიერი, გამოუშვა რა მრავალნაკადიანი გამოთვლების ტექნოლოგიით (*HyperThreating*) აღჭურვილი პროცესორი *Pentium 4*.
- 2004 წელი. *Intel*-მა წარმოადგინა ახალი, *Pentium 4 Prescott* პროცესორი. ეს პირველი პროცესორია, რომლის წარმოებასაც 0,09-მიკრონული ტექნოლოგია უდევს საფუძველად.
- 2004 წელი. *Intel*-მა წარმოადგინა ახალი, *EM64T (Extended Memory 64 Technology)* – 32-ბიტიანი *IA32* არქიტექტურის 64-ბიტიანი არქიტექტურით ჩასანაცვლებლად.

- 2005 წელი. *Microsoft*-მა წარმოადგინა ოპერაციული სისტემა *Windows XP x64 Edition*, რომელიც *EM64T* ტექნოლოგიით მუშაობს.
- 2005 წელი. *Intel*-მა წარმოადგინა პირველი ოთხბირთვიანი პროცესორი *Pentium D*.
- 2006 წელი. *Intel*-მა წარმოადგინა ოთხბირთვიანი პროცესორი *Core 2 Extreme*.
- 2007 წელი. *Microsoft*-მა წარმოადგინა ოპერაციული სისტემა *Windows Vista* კორპორატიული მომხმარებლებისათვის.
- 2007 წელი. *Intel*-მა წარმოადგინა სიტემური პლატის მიკროსქემების კრებული, რომელიც მხარს უჭერს *DDR3* სტანდარტის ოპერატიულ მეხსიერებას.
- 2007 წელი. *AMD*-მ გამოუშვა პროცესორი *Phenom* – პირველი ოთხბირთვიანი პროცესორი პერსონალური კომპიუტერისთვის. ოთხივე ბირთვი ერთ კრისტალშია ინტეგრირებული
- 2008 წელი. *Intel*-მა გამოუშვა *Core i7 (Nehalem)* პროცესორი. ეს არის ოთხბირთვიანი პროცესორი *Hyper-Threading* ტექნოლოგიის მხარდაჭერით (ოპერაციული სისტემა რვა ბირთვს აღიქვამს). პროცესორს აქვს *DDR3* მეხსიერების ინტეგრირებული კონტროლერი.
- 2008 წელი. *Intel*-მა გამოუშვა *4x* და *5x* სერიის სისტემური პლატები. ამ უკანასკნელს გააჩნია მეხსიერების ინტეგრირებული კონტროლერის მქონე *Core i7* პროცესორის მხარდაჭერა.

- 2009 წელი. *Microsoft*-მა წარმოადგინა ოპერაციული სისტემა *Windows 7*, რომელმაც ჩაანაცვლა არცთუ წარმატებული პროექტი – *Windows Vista*.
- *AMD*-მ წარმოადგინა *Phenom II* პროცესორების 2-, 3- და 4-ბირთვიანი ვერსიები.
- 2011 წელს *Intel*-მა წარმოადგინა *Core-i* სერიის პროცესორების მეორე თაობა *6x* სერიის სისტემურ პლატებთან ერთად. ეს უკანასკნელი მხარს უჭერს მეხსიერების ინტეგრირებული კონტროლერის მქონე *Core i7* პროცესორს.

II ტაში კომპიუტერის ძირითადი კლასები

2.1. კომპიუტერების კლასიფიკაციის ძირითადი კრიტერიუმები

გამომთვლელი მანქანების კლასიფიკაცია შესაძლებელია სხვადასხვა ნიშნით, მაგალითად, დანიშნულების, სიდიდის, გამოთვლითი სიმძლავრის და ფუნქციური შესაძლებლობების მიხედვით.

დანიშნულების მიხედვით კომპიუტერები შეიძლება სამ ჯგუფად დაიყოს:

- უნივერსალური (საერთო დანიშნულების);
- პრობლემურ-ორიენტირებული;
- სპეციალიზებული.

უნივერსალური კომპიუტერები განკუთვნილია საინჟინრო, ტექნიკური, ეკონომიკური, მათემატიკური და სხვა ტიპის ამოცანების გადასაწყვეტად, რომლებიც ალგორითმების სირთულით და დასამუშავებელ მონაცემთა დიდი რაოდენობით ხასიათდება.

უნივერსალური კომპიუტერების დამახასიათებელი თვისებებია:

- მაღალი წარმადობა;
- დასამუშავებელ მონაცემთა წარმოდგენის ფორმების სხვადასხვაობა – ორობითი, ათობითი და სიმბოლური, მათი ცვლილების ფართო დიაპაზონით და წარმოდგენის მაღალი სიზუსტე;
- როგორც არითმეტიკული, ისე სპეციალური ოპერაციების ფართო ნომენკლატურა;

- ოპერატიული მეხსიერების დიდი მოცულობა;
- ინფორმაციის შეტანა-გამოტანის სისტემის განვითარებული ორგანიზაცია, რომელიც სხვადასხვა სახის გარე მოწყობილობების მიერთების შესაძლებლობას იძლევა.

პრობლემურ-ორიენტირებული კომპიუტერები განკუთვნილია შედარებით ვიწრო წრის კონკრეტული ამოცანების წრისათვის, რომლებიც, როგორც წესი, ტექნოლოგიური ობიექტების მართვასთან არიან დაკავშირებული: შედარებით მცირე მოცულობის მონაცემთა რეგისტრაცია, დაგროვება და დამუშავება; გამოთვლების შესასრულებლად შედარებით მარტივი ალგორითმების გამოყენება. პრობლემურ-ორიენტირებულ კომპიუტერებს, უნივერსალურ კომპიუტერებთან შედარებით, შეზღუდული აპარატული და პროგრამული რესურსები გააჩნიათ.

სპეციალიზირებული კომპიუტერები გათვალისწინებულია განსაზღვრული, ვიწრო წრის ამოცანების შესასრულებლად ან განსაზღვრული ჯგუფის ფუნქციონირებადისათვის. კომპიუტერების ასეთი ვიწრო ორიენტაცია მათი სტრუქტურის მკვეთრი სპეციალიზაციის შესაძლებლობას იძლევა, რაც, მაღალი წარმადობისა და საიმედოობის შენარჩუნებით, მათ სირთულეს და ღირებულებას მნიშვნელოვნად ამცირებს. სპეციალიზირებულ კომპიუტერებს შეიძლება მივაკუთვნოთ, მაგალითად, სპეციალური დანიშნულების მიკროპროცესორები, ადაპტორები, კონტროლერები, გამოთვლითი სისტემების კვანძების მუშაობის შესათანხმებელი მოწყობილობები, რომლებიც სხვადასხვა ტექნიკური მოწყობილობებისა და პროცესების მართვის ფუნქციებს ასრულებენ.

კომპიუტერების ფუნქციური შესაძლებლობები განპირობებულია შემდეგი ტექნიკურ-საექსპლუატაციო მახასიათებლებით:

- სწრაფქმედება, რომელიც იზომება კომპიუტერის მიერ დროის ერთეულში შესრულებული ოპერაციების გასაშუალოებული რაოდენობით;
- კომპიუტერში გამოყენებული რიცხვების თანრიგიანობა და წარმოდგენის ფორმა;
- დამამახსოვრებელი მოწყობილობების ნომენკლატურა, ტევადობა და სწრაფქმედება.
- გარე მოწყობილობების ნომენკლატურა და ტექნიკურ-ეკონომიკური მახასიათებლები;
- დამაკავშირებელი საშუალებების (ინტეფეისების) ტიპები და გამტარუნარიანობა;
- კომპიუტერის უნარი ერთდროულად იმუშაოს რამდენიმე მომხმარებელთან და პარალელურად შეასრულოს რამდენიმე პროგრამა;
- კომპიუტერში გამოყენებული ოპერაციული სისტემების ტიპები და ტექნიკურ-ექსპლუატაციური მახასიათებლები;
- მანქანური ბრძანებების სისტემა და სტრუქტურა;
- კავშირის არხებთან და კომპიუტერულ ქსელებთან მიერთების შესაძლებლობა;
- კომპიუტერის ექსპლუატაციის საიმედოობა.

სიდიდის და გამოთვლითი სიმძლავრის მიხედვით კომპიუტერები შემდეგნაირად კლასიფიცირდება:

- „ერთჯერადი“ კომპიუტერები;
- ჩაშენებული კომპიუტერები (მიკროკონტროლერები);
- სათამაშო კომპიუტერები;

- პერსონალური კომპიუტერები;
- სერვერები;
- სამუშაო სადგურების კომპლექსები;
- მენიფრემები;
- სუპერკომპიუტერები.

2.2. „ერთჯერადი“ კომპიუტერები, მიკროკონტროლერები და სათამაშო კომპიუტერები

ერთჯერადი კომპიუტერები

„ერთჯერადი“ კომპიუტერი არის მიკროსქემა, რომელსაც ერთი კონკრეტული ფუნქცია აქვს. მაგალითად, „ერთჯერადი“ კომპიუტერია სათამაშოებში ან მოსალოც ბარათებში ჩაყენებული მიკროსქემა რაიმე მელოდიის გამოსაცემად.

ამ სფეროში ყველაზე მნიშვნელოვანი მიღწევაა *RFID (Radio Frequency Identification)* მიკროსქემები (სურ. 2.1). მათი სიგანე 0,5 მმ-ს არ აღემატება, ხოლო ფასი რამდენიმე ცენტია. *RFID* მიკროსქემაში მოთავსებულია რადიოსიგნალის მცირე ზომის მიმღებ-გადამცემი. ყოველ მიკროსქემას უნიკალური 128-თანრიგა კოდი ენიჭება. გარე ანტენიდან მიწოდებული იმპულსის საპასუხოდ *RFID* მიკროსქემა თავისი კოდის შესაბამის სიგნალს აგზავნის.

საქონლის შტრიხ-კოდისგან განსხვავებით, რომელიც მხოლოდ საქონლის ტიპის იდენტიფიცირებას ახდენს, 128-თანრიგა *RFID* მიკროსქემებით შესაძლებელია

საქონლის ყოველი კონკრეტული ეგზემპლარის იდენტიფიცირება.



სურ. 2.1. *RFID* მიკროსქემა

RFID მიკროსქემების გამოყენების კიდევ ერთი სფეროა სატრანსპორტო საშუალებები. მაგალითად, თურკინიგზის შემადგენლობის ყოველ ვაგონზე დაყენებულია *RFID* მიკროსქემა, კომპიუტერთან დაკავშირებულ წამკითხავ მოწყობილობასთან გაგლისას კომპიუტერი მატარებლის შემადგენლობას დაადგენს.

RFID სისტემები გამოიყენება საწყობებში, აეროპორტების საბარგო სისტემებსა და მრავალ სხვა სფეროში (სურ. 2.2).

RFID მიკროსქემების ტექნოლოგიური ბაზა განუწყვეტლივ ვითარდება. ყველაზე მარტივი მიკროსქემები პასიურია (კვების შიგა წყარო არა აქვს). მათი შესაძლებლობები უნიკალური საიდენტიფიკაციო კოდის გადაცემით შემოიფარგლება.



სურ. 2.2. წამკითხავი *RFID* მოწყობილობა

უფრო მძლავრი *RFID* მიკროსქემები აქტიურია. მათში შეიძლება ჩაშენებული იყოს აკუმულატორი, ელემენტარული კომპიუტერი, რაც მათ საშუალებას აძლევს შეასრულონ გამოთვლითი ოპერაციების გარკვეული ნაკრები. ამ უკანასკნელ კატეგორიას მიეკუთვნება, მაგალითად, ფინანსურ ოპერაციებში გამოყენებული სმარტ-ბარათები (სურ 2.3).



სურ. 2.3. სმარტ-ბარათი

მიკროკონტროლერები

მიკროკონტროლერები ანუ ჩაშენებული კონტროლერები (სურ. 2.4) უმეტესად საყოფაცხოვრებო ტექნიკაში გამოიყენება. ისინი მოწყობილობების მართვის და მათი სამომხმარებლო ინტერფეისების ორგანიზაციისთვის გამოიყენება.

მოწყობილობის სპექტრი, რომელიც მიკროკონტროლერების საშუალებით მუშაობს, საკმაოდ ფართოა:

- საყოფაცხოვრებო ტექნიკა (მაღვიძარა, სარეცხი მანქანა, მიკროტალღოვანი ღუმელი, დამცავი სიგნალიზაციის სისტემები);
- კომუნიკატორები (უგამტარო და მობილური ტელეფონი, ფაქსიმილური აპარატი, პეიჯერი და ა.შ.);



სურ. 2.4. მიკროკონტროლერი

- პერიფერიული მოწყობილობები (პრინტერი, სკანერი, მოდემი, კომპაქტ-დისკური მოწყობილობა);
- ვიდეო და აუდიო მოწყობილობები (ვიდეომაგნიტოფონი, მუსიკალური ცენტრი, DVD და MP3 ფლეერები);

- გამოსახულების მაფორმირებლები (ტელევიზორი, ციფრული ფოტოკამერა, ვიდეოკამერა);
- სამედიცინო აპარატურა (რენტგენოსკოპური აპარატი, ტომოგრაფი, კარდიომონიტორი, ციფრული თერმომეტრი);
- სამხედრო ტექნიკა (საკონტინენტთაშორისო ბალისტიკური რაკეტა, ტორპედო);
- სავაჭრო აპარატურა (სავაჭრო ავტომატი, საკასო აპარატი, სასწორი);
- სათამაშოები (მოლაპარაკე თოჯინა, რადიოკაშპირით მართული მანქანა და ა.შ.);
- ავტომატები და სხვა სატრანსპორტო საშუალებები.

ნებისმიერ თანამედროვე ავტომატს ათეულობით მიკროკონტროლერი აქვს, რომლებიც სხვადასხვა ქვესისტემას მართავენ. მაგალითად, მიკროკონტროლერით იმართება ბორბლების ავტობლოკირება, ნავიგაციის სისტემა, საწვავის მიწოდება და ა.შ. რეაქტიულ თვითმფრინავში კონტროლერების რაოდენობა 200-ს აღარბებს.

RFID მიკროსქემისგან განსხვავებით, რომელიც ფუნქციების მინიმალური რაოდენობის კრებულს ასრულებს, მიკროკონტროლერი, მცირე ზომების მიუხედავად, სრულ გამომთვლელ მოწყობილობას წარმოადგენს. ყოველი მიკროკონტროლერი შეიცავს პროცესორს, მეხსიერებას და შეტანა-გამოტანის საშუალებებს. შეტანა-გამოტანა, როგორც წესი, კნოპების და გადამრთველების საშუალებით, ინდიკატორების, დისპლეის და მოწყობილობის ხმის კომპონენტების კონტროლით ხორციელდება.

მიკროკონტროლერის პროგრამული უზრუნველყოფა, როგორც წესი, მის მესსიერებაში, მწარმოებლის მიერ არის „ჩაშენებული“.

არსებობს უნივერსალური და სპეციალიზებული მიკროკონტროლერები. უნივერსალური მიკროკონტროლერი ფაქტობრივად შემცირებული ზომის კომპიუტერია, ხოლო სპეციალიზებული მიკროკონტროლერისთვის ინდივიდუალური არქიტექტურა და ბრძანებათა ისეთი ნაკრებია დამახასიათებელი, რომელიც გარკვეული სფეროს ამოცანების გადაწყვეტისთვისაა განკუთვნილი, მაგალითად, აუდიო და ვიდეო მონაცემების დამუშავება. არსებობს 4-, 8-, 16- და 32-თანრიგა მიკროკონტროლერები.

მიუხედავად სტანდარტული პერსონალური კომპიუტერების და უნივერსალური მიკროკომპიუტერების მსგავსებისა, მათ შორის მნიშვნელოვანი განსხვავებებიც არსებობს:

- მიკროკონტროლერებზე მოთხოვნილებას მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს მათი დაბალი ფასი. ამიტომ მწარმოებლები ცდილობენ მაქსიმალურად შეამცირონ საწარმოო დანახარჯები და ნაკლებად ზრუნავენ მიკროკომპიუტერების ფუნქციების გაფართოებაზე;
- თითქმის ყველა მიკროკონტროლერი რეალურ დროში მუშაობს. ყოველ შემავალ სიგნალს მაშინვე მოყვება საპასუხო სიგნალი. მაგალითად, ბევრ ხელსაწყოში კნოპზე დაჭერისას მაშინვე, ყოველგვარი პაუზის გარეშე ინთება შესაბამისი ინდიკატორი. რეალურ დროში უნდა ხდებოდეს აუდიო და ვიდეომონაცემების დამუშავებაც. ხშირად სწორედ რეალურ დროში მუშაობის აუცილებლობა განსაზღვრავს მიკროკონტროლერის არქიტექტურას;

- „ჩაშენებული“ მიკროკონტროლერები ხშირად შეზღუდულია სხვადასხვა ელექტრული და მექანიკური პარამეტრებით, მაგალითად, ზომით, წონით, მოხმარებული ენერჯით და ა.შ. სწორედ ამ შეზღუდვების გათვალისწინებით მუშავდება ასეთი ტიპის სისტემებში დაყენებული მიკროკონტროლერები.

სათამაშო კომპიუტერები

სათამაშო კომპიუტერი ფაქტობრივად იგივე პერსონალური კომპიუტერია, რომელიც ვიდეო და აუდიო კონტროლერების მაღალი მახასიათებლებით, პერიფერიული მოწყობილობების ნაკლები რაოდენობით და გაფართოების ნაკლები შესაძლებლობით გამოირჩევა.

თავდაპირველად სათამაშო კომპიუტერების კატეგორიას მიეკუთვნებოდა მარტივი თამაშებისთვის განკუთვნილი კომპიუტერები, რომელთაც დაბალი კლასის პროცესორები ჰქონდა, თუმცა ამჟამად ბევრი სათამაშო კომპიუტერი საკმაოდ მძლავრ სისტემას წარმოადგენს, რომელიც რიგი პარამეტრით არათუ ჩამოუვარდება, არამედ აღემატება კიდევ პერსონალურ კომპიუტერებს.

მაგალითად, *Sony PlayStation*-ს (სურ. 2.5) 128-თანრიგა პროცესორი გააჩნია, რომელიც თანრიგიანობით ყველა თანამედროვე პერსონალური კომპიუტერის პროცესორს აღემატება, მაგრამ სატაქტო სიხშირით მათ მნიშვნელოვნად ჩამოუვარდება.

თუმცა სათამაშო და პერსონალურ კომპიუტერები ძირითადად განსხვავდებიან არა პროცესორის წარმადობით, არამედ იმით, რომ სათამაშო კომპიუტერი ჩაკეტილ, დასრულებულ სისტემას წარმოადგენს. სათამაშო

კომპიუტერის გაფართოება არ არის გათვალისწინებული, თუმცა ზოგიერთ მათგანს გააჩნია *USB* და *Fire-Wire* პორტები.



სურ. 2.5. Sony PlayStation Vita 3D Model

კიდევ უფრო მეტად მნიშვნელოვანია ის, რომ სათამაშო კომპიუტერები ოპტიმიზებული არიან გამოყენების კონკრეტული სფეროსთვის – სამგანზომილებიანი თამაშების მაღალი ინტერაქტიულობით და მაღალი ხარისხის სტერეოფონური ხმით შესრულებისთვის. ყველა სხვა ფუნქცია მეორეხარისხოვანია.

აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფის შეზღუდულობა, დაბალი სატაქტო სიხშირე, მცირე მოცულობის მეხსიერება, უმეტეს შემთხვევაში ვინჩესტერის არარსებობა პერსონალურ კომპიუტერებთან შედარებით სათამაშო კომპიუტერების დაბალ ფასს განაპირობებს.

სტანდარტული სათამაშო კომპიუტერების მწარმოებლები თავიანთ ასორტიმენტს აფართოებენ პორტატიული სათამაშო სისტემებით, რომლებიც აკუმულატო-

რებით იკვებებიან. ასეთი სისტემები თავიანთი მახასიათებლებით უფრო მეტად არა პერსონალურ კომპიუტერებს, არამედ მიკროკონტროლერებს უახლოვდებიან.

2.3. პერსონალური კომპიუტერები, სამუშაო სადგურები და სერვერები

არსებობს პერსონალური კომპიუტერების ორი სახეობა – სამაგიდო და პორტატიული (ნოუთბუქი). პერსონალური კომპიუტერები რთული ოპერაციული სისტემებით, გაფართოების შესაძლებლობით და გამოყენებითი პროგრამების ფართო სპექტრით გამოირჩევა.

ნოუთბუქი, კომპაქტურობის გარდა, სამაგიდო კომპიუტერისგან ფაქტობრივად არაფრით განსხვავდება. მასში ანალოგიური, თუმცა სამაგიდო კომპიუტერებთან შედარებით შემცირებული ზომის კომპონენტები ყენდება.

პერსონალურ კომპიუტერებთან ახლოს დგას ჯიბის კომპიუტერები (*PDA*). ისინი ნოუთბუქებთან შედარებით მცირე ზომისა არიან, თუმცა პროცესორი, მეხსიერება, კლავიატურა, დისპლეი და პერსონალური კომპიუტერის სხვა სტანდარტული კომპონენტები მათაც აქვთ.

სამუშაო სადგური იგივე პერსონალური კომპიუტერია, რომელიც სპეციალიზებულია განსაზღვრული სახის სამუშაოს შესასრულებლად (გრაფიკული, საინჟინრო, საგამომცემლო და სხვ.).

მძლავრი პერსონალური კომპიუტერები და სამუშაო სადგურები ხშირად გამოიყენება ქსელური სერვერების სახით – როგორც ლოკალურ ქსელებში (მაგალითად,

ერთი ორგანიზაციის მასშტაბით), ისე ინტერნეტში (სურ. 2.6). არსებობს ერთპროცესორული და მულტიპროცესორული სერვერები. სერვერებში, როგორც წესი, რამდენიმე გეგაბაიტი მოცულობის ოპერატიულ მეხსიერებას, რამდენიმე ტერაბაიტი მოცულობის დისკურ დამგროვებლებს და მაღალი სიჩქარის ქსელურ ინტერფეისებს აყენებენ.



სურ. 2.6. IBM D400 Home server

არქიტექტურის კუთხით ერთპროცესორული სერვერი ჩვეულებრივი პერსონალური კომპიუტერისგან არ განსხვავდება. უბრალოდ ის უფრო სწრაფად მუშაობს, მეტადგილს იკავებს, დისკური მეხსიერების მეტი მოცულობა გააჩნია და უფრო სწრაფ ქსელურ შეერთებას ამყარებს.

2.4. სამუშაო სადგურების კომპლექსები და მეინფრეიმები

რამდენადაც პერსონალური კომპიუტერების და სამუშაო სადგურების მაჩვენებელი „ფასი/წარმადობა“ განუწყვეტლივ უმჯობესდება, ბოლო პერიოდში მათ ხშირად სამუშაო სადგურების კლასტერებში (*Clusters Of Workstations, COW*) აერთიანებენ. რამდენიმე პერსონალური კომპიუტერი, ან სამუშაო სადგური ერთმანეთს მაღალი სწრაფქმედების მქონე ქსელით უკავშირდება და აღიჭურვება სპეციალური პროგრამული უზრუნველყოფით, რომელიც კომპიუტერების რესურსებს ერთიანი ამოცანების შესრულებისკენ მიმართავს.

კლასტერი მასშტაბირების მოხერხებული შესაძლებლობით გამოირჩევა. იგი შეიძლება ათეულობით და ასეულობით კომპიუტერს შეიცავდეს. კლასტერების სახით ხშირადაა ორგანიზებული ვებ-სერვერები. თუ ვებ-საიტზე წამში ათასობით მიმართვა ხდება, მოხერხებულია კლასტერის რამდენიმე ასეულ სერვერზე ორგანიზაცია და დატვირთვის მათ შორის გადანაწილება. კლასტერებს, რომლებიც ასეთი სქემის რეალიზაციას ახდენენ *Server Farm*-ს უწოდებენ (სურ. 2.7).

მეინფრეიმი (*mainframe*) მაღალი წარმადობის მქონე კომპიუტერია, რომელსაც დიდი მოცულობის ოპერატიული და გარე მეხსიერება გააჩნია. მეინფრეიმის დანიშნულება დიდი მოცულობის მონაცემების ცენტრალიზებული საცავის ორგანიზაცია და ინტენსიური გამოთვლითი ოპერაციების შესრულებაა.



სურ. 2.7. კლასტერი *Server Farm*

მეინფრემების ისტორია 1964 წელს გამოშვებული *IBM System/360*-დან იწყება, რომლის დაპროექტებაც 5 მილიარდი დოლარი დაჯდა. შემდგომში გამოუშვეს *IBM System/370* და *390* მოდელები. 60-იან-80-იან წლებში *IBM* ულტრაპარაკო ლიდერი იყო მეინფრემების წარმოების სფეროში.

თუმცა 90-ანი წლების დასაწყისში მეინფრემების კრიზისი დაიწყო. გაჩნდა ინფორმაციის ცენტრალიზებული დამუშავებიდან განაწილებულ დამუშავებაზე გადასვლის ტენდენცია.

განაწილებული დამუშავება ხდება პერსონალური კომპიუტერების საფუძველზე, რომლებიც ორდონიანი არქიტექტურით „კლიენტი-სერვერი“ არიან დაკავშირებული. მეინფრემების კიდევ ერთი უარყოფითი თვისებაა

დახურული არქიტექტურა – კომპიუტერის სხვა პლატფორმებთან შეუთავსებლობა.

თუმცა 90-იანი წლების მეორე ნახევრიდან მეინფრემებისადმი ინტერესი კვლავ გაიზარდა. მეინფრემების ძირითადმა მწარმოებელმა – *IBM*-მა ახალი – 64-თანრიგა *z*/არქიტექტურა შეიმუშავა (სურ. 2.8).



სურ. 2.8. მეინფრემი *IBM zSeries 800*

ახალ ელემენტურ ბაზაზე – დიდი ინტეგრაციის მიკროსქემებზე გადასვლამ თავისთავად განაპირობა ენერგომოსხმარების შემცირება და გაგრილების სისტემის გამარტივება. თანამედროვე მეინფრემები გახსნილი არქიტექტურით ხასიათდებიან, რაც ასეულობით სხვადასხვა

ტიპის და ოპერაციული სისტემით აღჭურვილი სერვერის მხარდაჭერის შესაძლებლობას იძლევა.

თანამედროვე მენიჯრეიმების დამახასიათებელი თვისებებია:

- სისტემის მდგრადობა. მენიჯრეიმებს შეუძლიათ აპარატურული და პროგრამული შეცდომების იზოლაცია და მათი გასწორება შემდეგი პრინციპების საფუძველზე:
 - დუბლირება: ორი სარეზერვო პროცესორი, მეხსიერების სარეზერვო მოდულები, პერიფერიულ მოწყობილობებისადმი წვდომის აღტერნატიული გზები;
 - კომპონენტების (პროცესორების, მეხსიერების და სხვა პლატების) „ცხელი“ (კომპიუტერის გამორთვის გარეშე) შეცვლის შესაძლებლობა.
- მონაცემების მთლიანობა. მონაცემების დაკარგვა ფაქტობრივად გამორიცხულია. მენიჯრეიმებში გამოიყენება ოპერატიული მეხსიერება შეცდომების კორექციის კოდებით, ხოლო დისკური ქვესისტემა აგებულია RAID მასივების საფუძველზე. „ცხელი“ შეცვლის და სარეზერვო შენახვის „ჩაშენებული“ საშუალებებით.
- მასშტაბირება. მენიჯრეიმების მასშტაბირება შესაძლებელია როგორც ჰორიზონტალურად, ისე ვერტიკალურად. ვერტიკალური მასშტაბირება მიიღწევა უფრო მძლავრი პროცესორების დაყენებით და მათი რაოდენობის 12-მდე გაზრდით. ჰორიზონტალური მასშტაბირება რეალიზდება მენიჯრეიმების მრავალმანქანურ კლასტერ – *Sysplex*-ში (*System Complex*) – გაერთიანებით. *Sysplex*-ში შესაძლებელია 32-მდე მენიჯრეიმის გაერთიანება.

- მრავალმომხმარებლიანი მუშაობის რეჟიმი.

მენიჯრეიმები ძირითადად მონაცემთა დიდ ბაზებთან მუშაობის დროს და ისეთ სისტემებში გამოიყენება, რომლებშიც მონაცემთა გადაცემის მაღალი სიჩქარე, საიმედოობა, ბევრი პროცესის ერთდროული დამუშავება, დიდი მოცულობის მონაცემების პაკეტური დამუშავება (საქონლის ინვენტარიზაცია, ავიაბილეთების დაჯავშნა, საბანკო ოპერაციები და ა.შ.). მოითხოვება

2.5. სუპერკომპიუტერები

სუპერკომპიუტერი მძლავრი მრავალპროცესორიანი გამომთვლელი მანქანაა. სუპერკომპიუტერების შექმნის აუცილებლობა ისეთმა ამოცანებმა განაპირობა, რომელთა გადაწყვეტისთვისაც მენიჯრეიმების წარმადობა არასაკმარისი აღმოჩნდა. ასეთი ამოცანებია, მაგალითად, მეტეოვითარების პროგნოზი, რთული სამხედრო კომპლექსების მართვა, ბიოლოგიური კვლევები, ეკოლოგიური სისტემების მოდელირება და სხვა.

პირველი სუპერკომპიუტერი 1972 წელს შეიქმნა (*ILLIAC IV – 20 MIPS* წარმადობით). 1975 წლიდან სუპერკომპიუტერების წარმოებაში ახალი ლიდერი – კომპანია *Cray Research*, გამოჩნდა, რომელმაც გამოუშვა 100 MIPS წარმადობის სუპერკომპიუტერი *Cray 1*. ამავე კომპანიამ 1984 წელს გამოუშვა ახალი თაობის სუპერკომპიუტერი *Cray 2*, რომელშიც სრულად იქნა განხორციელებული მიკროპროცესორების მასობრივი პარალელიზმი. შემდგომში გამოშვებული იქნა *Cray Research*-ის *Cray EL*, *Cray 3*, *Cray 4*,

Cray Y-MP C90, *Control Data* კომპანიის – *Cyber 205*, *NEC* კომპანიის *SX-3*, *SX-X*, *Fujitsu* კომპანიის *VP 2000* და სხვა სუპერკომპიუტერები.

1996 წელს ფირმა *Intel*-მა გამოაცხადა *Sandia* სუპერკომპიუტერის შექმნის შესახებ, რომელშიც პირველად იქნა გადალახული სწრაფქმედების ზღვარი ტრილიონი ოპერაცია წამში (ტერაფლოპსი). სუპერკომპიუტერის საბოლოო ვარიანტს 1,4 ტერაფლოპსი სწრაფქმედება გააჩნია. იგი 700 პროცესორისაგან, 573 გბაიტი ოპერატიული და 2 250 გბაიტი დისკური მეხსიერებისგან შედგება.

1998 წელს იაპონურმა ფირმა *NEC*-მა გამოაცხადა 4 ტერაფლოპსი წარმადობის და 512 პროცესორიანი *SX-5* სუპერკომპიუტერის შექმნის შესახებ.

ცხრილში 2.1 წარმოდგენილია ყველაზე მძლავრი თანამედროვე სუპერკომპიუტერები და მათი მახასიათებლები.

IBM Roadrunner შეიცავს 6480 ორბირთვიან *AMD Opteron* პროცესორს და 12960 *IBM Cell 8i* პროცესორს. ოპერატიული მეხსიერების მოცულობა 103 ტერაბაიტი. სუპერკომპიუტერი 1100 მ² ფართობს იკავებს და 226 ტონას იწონის. ენერგომოხმარება 3,9 მეგავატი, ფასი – 133 მილიონი დოლარი. აშშ-ს ენერჯეტიკის სამინისტრო მას ბირთვული მასალების დაძველების გამოსათვლელად და აშშ-ის ბირთვული არსენალის საიმედოობის შესამოწმებლად იყენებს. იგი აგრეთვე საფინანსო, სატრანსპორტო და აეროკოსმოსური გამოთვლებისთვის გამოიყენება.

IBM Sequoia (სურ. 2.9) სუპერკომპიუტერის უახლესი პროექტია, რომელიც *Blue Gene/Q* არქიტექტურას ეფუძნება

და მუშავდება *IBM* კომპანიის მიერ ბირთვული უსაფრთხოების ნაციონალური ადმინისტრაციისთვის.

ცხრილი 2.1

თანამედროვე სუპერკომპიუტერები და მათი მახასიათებლები

გამოშვების წელი	დასახელება	სინქარე	ადგილმდებარეობა
2008	<i>IBM Roadrunner</i>	1.026 PFLOPS	New Mexico, USA
		1.105 PFLOPS	
2009	<i>Cray Jaguar</i>	1.759 PFLOPS	Oak Ridge, USA
2010	<i>Tianhe-1A</i>	2.566 PFLOPS	Tianjin, China
2011	<i>Fujitsu K computer</i>	10.51 PFLOPS	Kobe, Japan
2012	<i>IBM Sequoia</i>	16.32 PFLOPS	Livermore, USA



სურ. 2.9. სუპერკომპიუტერი *IBM Sequoia*

IBM Sequoia-ს გამოყენება ძირითადად მოხდება ბირთვული აფეთქებების მოდელირებისთვის. მას აგრეთვე შეეძლება ასტრონომიის, ენერგეტიკის, ადამიანის გენომის შემსწავლელი და კლიმატის ცვლილების მოდელირების ამოცანების შესრულება. პროექტის მიხედვით სუპერკომპიუტერი მწყობრში უნდა ჩადგეს 2012 წლის ბოლოს, ლივერმორის ნაციონალურ ლაბორატორიაში.

IBM Sequoia აიგება 98304 გამოთვლითი ბლოკის ბაზაზე და ექნება 300 მ²-ზე, 96 დგარში განთავსებული 1,6 პეტაბაიტი მოცულობის ოპერატიული მეხსიერება. IBM Sequoia-ში გამოყენებული იქნება 1,6 მილიონი პროცესორული ბირთვი, რომლებიც რეალიზებული იქნება 16-ან 8-ბირთვიანი IBM Power პროცესორების ბაზაზე.

III თავი ინფორმაციის წარმოდგენა კომპიუტერში. თვლის სისტემაში

კომპიუტერებში გამოყენებული არითმეტიკა განსხვავდება იმ არითმეტიკისგან, რომელსაც ჩვენ ტრადიციულად ვიცნობთ. უპირველეს ყოვლისა, კომპიუტერები მუშაობენ რიცხვებთან, რომელთა სიზუსტე სასრული და ფიქსირებულია. ამას გარდა, კომპიუტერებში გამოიყენება თვლის არა ათობითი, არამედ ორობითი სისტემა.

3.1. ინფორმაციის მოცულობის ერთეულები

3.1 ცხრილში წარმოდგენილია ძირითადი პრეფიქსები, რომლებიც განზომილების ერთეულებში გამოიყენება.

ცხრილი 3.1

ძირითადი პრეფიქსები

10 ⁻³	მილი	10 ³	კილო
10 ⁻⁶	მიკრო	10 ⁶	მეგა
10 ⁻⁹	ნანო	10 ⁹	გეგა
10 ⁻¹²	პიკო	10 ¹²	ტერა
10 ⁻¹⁵	ფემტო	10 ¹⁵	პეტა
10 ⁻¹⁸	ატო	10 ¹⁸	ექსა
10 ⁻²¹	ზეპტო	10 ²¹	ზეტა
10 ⁻²⁴	იოკტო	10 ²⁴	იოტა

თუმცა უნდა გავითვალისწინოთ, რომ მეხსიერების, დისკური დამგროვებლების, ფაილების მოცულობების გაზომვის დროს ზემოთმოყვანილი ერთეულები განსხვავებულ შინაარსს იძენენ. რამდენადაც კომპიუტერში ნებისმიერი ინფორმაცია წარმოდგენილია ორობითი კოდების სახით, მოცულობა იზომება 2-ის ხარისხებში. მაგალითად, კილო აღნიშნავს არა 10^3 (1000)-ს, არამედ 2^{10} (1024)-ს. ამრიგად, 1 მეგაბაიტი შეიცავს 2^{20} (1 048 576) ბაიტს, 1 გეგაბაიტი – 2^{30} (1 073 741 824) ბაიტს და ა.შ.

ამრიგად:

$$1 \text{ ბაიტი} = 2^3 = 8 \text{ ბიტი.}$$

$$1 \text{ კილობაიტი} = 2^{10} = 1024 \text{ ბაიტი;}$$

$$1 \text{ მეგაბაიტი} = 2^{10} = 1024 \text{ კილობაიტი;}$$

$$1 \text{ გეგაბაიტი} = 2^{10} = 1024 \text{ მეგაბაიტი;}$$

$$1 \text{ ტერაბაიტი} = 2^{10} = 1024 \text{ გეგაბაიტი;}$$

და ა.შ.

თუმცა, როდესაც საუბარია, მაგალითად, არხის გამტარუნარიანობაზე, 1 კილობიტი/წმ აღნიშნავს წამში 1000 ბიტი ინფორმაციის გადაცემას, ლოკალური ქსელით გადაცემის სიჩქარე 10 მეგაბიტი/წმ – წამში 1 000 000 ბიტი ინფორმაციის გადაცემას.

ამრიგად, ერთეულები – კილობაიტი, მეგაბაიტი, გეგაბაიტი, ტერაბაიტი აღნიშნავენ შესაბამისად 2^{10} , 2^{20} , 2^{30} , 2^{40} ბაიტს, ხოლო კილობიტი/წმ, მეგაბიტი/წმ, გეგაბიტი/წმ, ტერაბიტი/წმ – შესაბამისად 10^3 , 10^6 , 10^9 , 10^{12} ბიტს/წამში.

3.2. სასრული სიზუსტის რიცხვები

როდესაც ადამიანი გარკვეული ტიპის არითმეტიკულ მოქმედებას ასრულებს, მისთვის პრობლემას არ წარმოადგენს, თუ რამდენი ათობითი თანრიგისგან შედგება რიცხვი. ფიზიკოსებს, მაგალითად, შეუძლიათ გამოითვალონ, რომ სამყაროში 10^{78} ელექტრონი არსებობს და მოცემული რიცხვის ჩაწერისთვის 79 ათობითი თანრიგის გამოყენებაა საჭირო.

კომპიუტერში სიტუაცია განსხვავებულია. კომპიუტერების უმეტესობაში რიცხვების შესანახად მეხსიერების მაქსიმალური მოცულობა ფიქსირებულია და დამოკიდებულია კომპიუტერის მოდელზე. პროგრამისტს შეუძლია ორჯერ, სამჯერ და ა.შ უფრო დიდი რიცხვების წარმოდგენა, თუმცა მოცემული პრობლემის არსს ეს არ ცვლის. მეხსიერების მოცულობა შეზღუდულია, ამიტომ ჩვენ მხოლოდ იმ რიცხვებთან შევძლებთ მუშაობას, რომელთა წარმოდგენაც თანრიგების ფიქსირებული რაოდენობითაა შესაძლებელი ასეთ რიცხვებს სასრული სიზუსტის რიცხვებს უწოდებენ.

განვიხილოთ მთელი დადებითი რიცხვების რიგი, რომლებიც შეიძლება სამი ათობითი თანრიგით შეიძლება ჩაიწეროს. ამ რიგში ზუსტად ათასი რიცხვი შედის: 000, 001, 002, 003, . . . , 999. ასეთი შეზღუდვის შემთხვევაში შეუძლებელია სხვა ტიპის რიცხვების წარმოდგენა, მათ შორისაა:

- მთელი დადებითი რიცხვები, რომლებიც 999-ზე მეტია;
- უარყოფითი რიცხვები;

- წილადები;
- ირაციონალური რიცხვები;
- კომპლექსური რიცხვები.

მთელი რიცხვების ერთ-ერთი თვისებაა შეკრულობა შეკრების, გამოკლების და გამრავლების ოპერაციების მიმართ. სხვა სიტყვებით, მთელი რიცხვების ნებისმიერი i და j წყვილისთვის $i + j$, $i - j$, და $i \times j$ ოპერაციების შედეგი მთელი რიცხვია. ბევრი მთელი რიცხვი არ არის შეკრული გაყოფის ოპერაციის მიმართ (მაგალითად, $7/2$, ან $1/0$).

სასრული სიზუსტის რიცხვები არ არიან შეკრულნი არც ერთი ამ ოთხი ოპერაციის (შეკრება, გამოკლება, გამრავლება, გაყოფა) მიმართ. მაგალითად:

- შედეგი სასრული სიზუსტის რიცხვზე მეტია:
 $600 + 600 = 1200.$
- შედეგი უარყოფითია:
 $003 - 005 = - 2.$
- შედეგი სასრული სიზუსტის რიცხვზე მეტია:
 $050 \times 050 = 2500.$
- შედეგი მთელი რიცხვი არ არის:
 $007 / 002 = 3,5.$

შეცდომები შეიძლება ორ კლასად დაიყოს:

1. ოპერაციები, რომელთა შედეგიც რიგის ყველაზე დიდ რიცხვზე მეტია (გადავსების შეცდომა), ან რიგის ყველაზე მცირე რიცხვზე ნაკლებია.
2. შედეგი რიგის წევრი არ არის.

მოცემული მაგალითებიდან პირველი სამი შეცდომების პირველ კლასს მიეკუთვნება, ხოლო მეოთხე – მეორე კლასს.

რამდენადაც კომპიუტერის მეხსიერების მოცულობა შეზღუდულია და კომპიუტერმა ოპერაციები სასრული სიზუსტის რიცხვებზე უნდა ჩაატაროს, ზოგიერთი არითმეტიკული ოპერაციის შედეგი, კლასიკური მათემატიკის კუთხით, შეიძლება არასწორი აღმოჩნდეს. შეცდომის მიზეზი ამ შემთხვევაში კომპიუტერში რიცხვების წარმოდგენის სასრული ბუნებაა. გადავსების შეცდომის აღმოსაჩენად კომპიუტერების უმეტესობას ჩაშენებული აპარატურული საშუალებები გააჩნია.

სასრული სიზუსტის ალგებრა განსხვავდება ჩვეულებრივი ალგებრისგან. მაგალითისთვის მოვიყვანოთ ასოციატურობის კანონი:

$$a + (b - c) = (a + b) - c.$$

გამოვითვალთ გამოსახულების ორივე მხარე შემდეგი მნიშვნელობებისთვის: $a = 700$, $b = 400$, $c = 300$.

მარცხენა მხარეს თავდაპირველად გამოვითვალთ $(b - c)$. შედეგი 100-ის ტოლია. შემდეგ ამ რიცხვს მივუმატებთ a -ს. შედეგად ვიღებთ 800-ს.

გამოსახულების მარჯვენა მხარის გამოთვლისათვის თავდაპირველად ვიანგარიშოთ $(a + b)$. ორი სამთანრიგა რიცხვის შეკრებისას მიიღება გადავსება. შედეგი კომპიუტერის არქიტექტურაზე იქნება დამოკიდებული, თუმცა იგი 1100-ის ტოლი არ იქნება, ისევე როგორც 300-ის გამოკლება არცერთი რიცხვიდან არ მოგვცემს 800-ს. ამრიგად, ასოციატურობის კანონი არ მოქმედებს. მნიშვნელოვანია ოპერაციების შესრულების რიგითობა.

განვიხილოთ დისტრიბუციულობის კანონი:

$$a \cdot (b - c) = a \cdot b - a \cdot c.$$

გამოვითვალთ გამოსახულების ორივე მხარე შემდეგი მნიშვნელობებისთვის: $a = 5$, $b = 210$, $c = 195$.

მარცხენა მხარეს $5 \cdot 15 = 75$. მარჯვენა მხარეს შედეგად 75-ს ვერ ვიღებთ, რადგან $a \cdot b$ ოპერაციის შესრულების შედეგად ვიღებთ თანრიგობრივი ბადის გადავსებას.

ჩამოთვლილი მაგალითებიდან გამომდინარე შეიძლება გამოვიტანოთ დასკვნა, რომ კომპიუტერი გამოუსადეგარია არითმეტიკული ოპერაციების შესასრულებლად. დასკვნა, რასაკვირველია, არასწორია, თუმცა ეს მაგალითები ნათლად გვაჩვენებს, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია კომპიუტერის მუშაობის მექანიზმის გაგება და მისი შეზღუდვების ცოდნა.

3.3. თვლის პოზიციური სისტემები

თვლის სისტემა ეწოდება რიცხვების წარმოსადგენად საჭირო სიმბოლოებისა და მათი ჩაწერის წესის ერთობლიობას.

თვლის ნებისმიერ სისტემაში რიცხვი ამ სისტემის სიმბოლოების თანმიმდევრობით გამოისახება.

რიცხვის წარმოდგენის წესის მიხედვით თვლის სისტემები პოზიციურ და არაპოზიციურ სისტემებად იყოფა.

თვლის პოზიციურ სისტემაში თითოეული სიმბოლოს მნიშვნელობა განისაზღვრება მისი ადგილით (პოზიციით) რიცხვში. მაგალითად, ათობით სისტემაში რიცხვში 22 მარჯვენა პოზიციაში მყოფი სიმბოლო აღნიშნავს ორ

ერთეულს, ხოლო მარცხენა პოზიციაში მყოფი იგივე სიმბოლო – ორ ათეულს.

არაპოზიციურ სისტემაში სიმბოლო არ იცვლის მნიშვნელობას რიცხვში მისი ადგილის მიხედვით. მაგალითად, რომაულ თვლის სისტემაში რიცხვში II სიმბოლო I ორივე პოზიციაში აღნიშნავს ერთს.

იმის გამო, რომ თვლის პოზიციურ სისტემაში რიცხვის წარმოდგენა და მასზე არითმეტიკული ოპერაციების შესრულება გაცილებით მარტივია, ვიდრე არაპოზიციურ სისტემაში, რიცხვების წარმოსადგენად, ჩვეულებრივ, თვლის პოზიციურ სისტემას იყენებენ.

პოზიციურ სისტემაში ყოველი სიმბოლოს პოზიციას თანრიგი ეწოდება. თანრიგები, ჩვეულებრივ, ინომრება რიცხვის მთელ ნაწილში მარჯვნიდან მარცხნივ – 0-დან n -მდე, ხოლო წილად ნაწილში – მარცხნიდან მარჯვნივ – -1 -დან $-k$ -მდე –

$$d_n \dots d_2 d_1 d_0 d_{-1} d_{-2} \dots d_{-k}$$

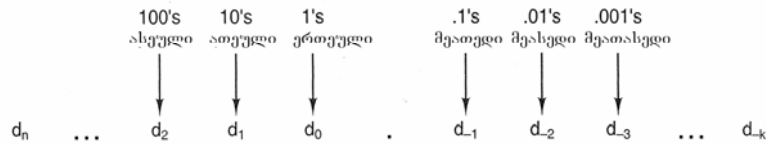
სადაც d თვლის სისტემის სიმბოლოა.

პოზიციურ თვლის სისტემაში გამოყენებული სიმბოლოების რაოდენობას თვლის სისტემის ფუძე ეწოდება. k -ური თვლის სისტემა თანრიგებში ჩასაწერად 0-დან $k-1$ -მდე k სხვადასხვა სიმბოლოს იყენებს.

რიცხვის ყოველი თანრიგი წონით ხასიათდება. ეს არის სიდიდე, რომელიც გვიჩვენებს, თუ რამდენჯერ განსხვავდება რომელიმე თანრიგში მდგომი სიმბოლო 0-ოვან თანრიგში მდგომი იმავე სიმბოლოსგან. თანრიგის წონა თვლის სისტემის ხარისხით განისაზღვრება.

ჩვეულებრივი ათობითი რიცხვი შედგება ათობითი თანრიგების მწკვივისგან და ზოგჯერ ათობითი წერტი-

ლისგან (მძიმისგან). რიცხვის წარმოდგენის საერთო ფორმა წარმოდგენილია 3.1 სურათზე. რამდენადაც რიცხვების წარმოდგენისთვის, ჩვეულებრივ, ათი ციფრი გამოიყენება, ახარისხების საფუძვლად არჩეულია 10. მას თვლის სისტემის ფუძე ეწოდება.



$$\text{რიცხვი} = \sum_{i=-k}^n d_i \times 10^i$$

სურ. 3.1. ათობითი რიცხვის წარმოდგენის ფორმა

3.4. ორობით-კოდირებული სისტემები

კომპიუტერში გამოიყენება თვლის ორობითი სისტემა. თუმცა პროგრამისტები ხშირად იყენებენ ორობით-კოდირებულ სისტემებს. ასეთი სისტემებია ორობით-რვაობითი და ორობით-თექვსმეტობითი.

ორობით-თექვსმეტობით სისტემაში თითოეული სიმბოლო კოდირდება ოთხთანრიგა ორობითი კოდით – ტეტრადით, ხოლო ორობით-რვაობით სისტემაში – სამთანრიგა ორობითი კოდით – ტრიადათ.

k -ფუძიანი თვლის სისტემა მოითხოვს k განსხვავებული სიმბოლოს გამოყენებას რიცხვების ჩასაწერად. ათობითი სისტემა 10 ციფრით წარმოდგდება:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

ორობით სისტემაში რიცხვი იწერება ხდება ორი ორობითი ციფრის გამოყენებით:

0 1

რვაობით სისტემაში რვა ციფრი გამოიყენება:

0 1 2 3 4 5 6 7

თექვსმეტობით სისტემაში საჭიროა 16 ციფრის გამოყენება. ამიტომ, ათობითი სისტემისგან გასხვავებით, საჭიროა 6 სიმბოლოს დამატება. ცხრის შემდგომი ციფრების წარმოსადგენად გამოიყენება ლათინური ასოები A-დან F-ის ცათვლით:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F

ორობითი თანრიგს (0 ან 1) ბიტი ეწოდება. 3.2 სურათზე ათობითი რიცხვი 2001 წარმოდგენილია ორობით, რვაობით და თექვსმეტობით თვლის სისტემებში.

ორობითი	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1
	1×2^{10}	$+ 1 \times 2^9$	$+ 1 \times 2^8$	$+ 1 \times 2^7$	$+ 1 \times 2^6$	$+ 0 \times 2^5$	$+ 1 \times 2^4$	$+ 0 \times 2^3$	$+ 0 \times 2^2$	$+ 0 \times 2^1$	$+ 1 \times 2^0$
	1024	+ 512	+ 256	+ 128	+ 64	+ 0	+ 16	+ 0	+ 0	+ 0	+ 1
რვაობითი	3	7	2	1							
	3×8^3	$+ 7 \times 8^2$	$+ 2 \times 8^1$	$+ 1 \times 8^0$							
	1536	+ 448	+ 16	+ 1							
ათობითი	2	0	0	1							
	2×10^3	$+ 0 \times 10^2$	$+ 0 \times 10^1$	$+ 1 \times 10^0$							
	2000	+ 0	+ 0	+ 1							
თექვსმეტობითი	7	D	1								
	7×16^2	$+ 13 \times 16^1$	$+ 1 \times 16^0$								
	1792	+ 208	+ 1								

სურ. 3.2. რიცხვი 2001 ორობით, რვაობით, ათობით და თექვსმეტობით სისტემებში

რიცხვი 7B9, ბუნებრივია, თექვსმეტობითია, რადგან B სიმბოლო გვხვდება მხოლოდ თექვსმეტობით რიცხვებში. ხოლო რიცხვი 111 შეიძლება წარმოდგენილ იქნას ოთხივე თვლის სისტემაში. ამიტომ, ორაზროვნების თა-

ვიდან ასაცილებლად თვლის სიტემის მითითებისთვის ინდექსი გამოიყენება.

3.2 ცხრილში მოცემულია თვლის სხვადასხვა სისტემაში წარმოდგენილი არაუარყოფითი რიცხვები.

ცხრილი 3.2
რიცხვების წარმოდგენის ფორმები სხვადასხვა თვლის სისტემაში

ათობითი	ორობითი	რვაობითი	თექვსმეტობითი
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10
20	10100	24	14
30	11110	36	1E

ცხრილი 3.2 (გაგრძელება)

ათობითი	ორობითი	რვაობითი	თექვსმეტობითი
40	101000	50	28
50	110010	62	32
60	111100	74	3C
70	1000110	106	46
80	1010000	120	50
90	1011010	132	5A
100	11001000	310	C8
1000	1111101000	1750	3E8
2989	101110101101	5655	BAD

3.5. რიცხვის გადაყვანა თვლის ერთი სისტემიდან მეორეში

ორობითი სისტემიდან რიცხვის რვაობითში გადასაყვანად რიცხვს ვყოფთ სამთანრიგა ჯგუფებად. უმცროსი სამი თანრიგი აფორმირებს ერთ ჯგუფს, შემდეგი სამი თან-რიგი – მეორე ჯგუფს და ა.შ ყოველი სამბიტიანი ჯგუფი შეგვიძლია ერთ რვაობით თანრიგად გარდავქმნათ, რომლის მნიშვნელობა 0-დან 7-მდეა (იხ. 3.2. ცხრილის პირველი რვა სტრიქონი).

რვაობითი თვლის სისტემიდან ორობითში გადაყვანა ტრივიალურია. ყოველი რვაობითი თანრიგი იცვლება შესაბამისი სამთანრიგა ორობითი რიცხვით.

თექვსმეტობითი თვლის სისტემიდან ორობითში რიცხვის გადაყვანა ანალოგიურია რვაობითი თვლის სისტემიდან ორობითში რიცხვის გადაყვანისა. განსხვავება

მხოლოდ ისაა, რომ ყოველი თექვსმეტობითი თანრიგი შეესაბამება არა სამ, არამედ ოთხ ორობით ბიტს.

ჯგუფების ფორმირებას აქაც ვიწყებთ უმცროსი თანრიგიდან. თუ უფროსი თანრიგის ჯგუფში გვრჩება ერთი, ორი, ან სამი ბიტი, იგი წინიდან უნდა შევავსოთ შესაბამისად სამი, ორი ან ერთი 0-ით.

მაგალითი 1

თექვსმეტობითი	1	9	4	8	.	B	6
ორობითი	0001	1001	10100	1000	.	1011	101100
რვაობითი	1	4	5	1	.	5	5

მაგალითი 2

თექვსმეტობითი	7	B	A	3	.	B	C	4
ორობითი	0111	1011	10100	011	.	1011	11000	100
რვაობითი	7	5	6	4	.	5	7	0

თექვსმეტობითი თვლის სისტემიდან ორობითში გადაყვანა ტრივიალურია. ყოველი თექვსმეტობითი თანრიგი შესაბამისი ოთხთანრიგა ორობითი რიცხვით იცვლება.

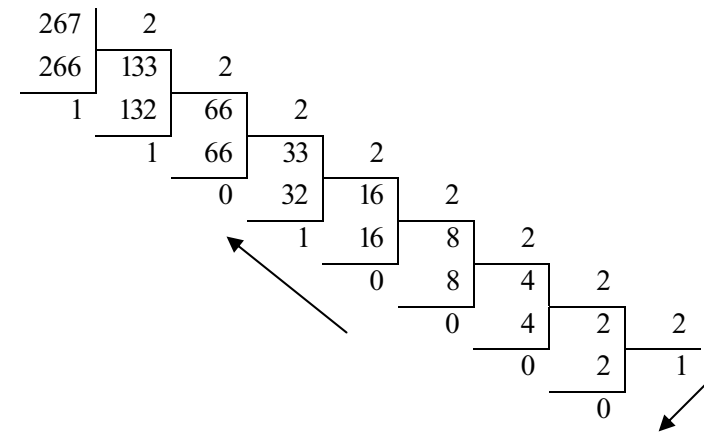
ათობითი სისტემიდან რიცხვის ორობითში გადაყვანა ორი განსხვავებული მეთოდით შეიძლება.

პირველი მეთოდი გამოყენებულია ორობითი რიცხვის განსაზღვრებიდან. ორის უმაღლესი ხარისხი, რომელიც ნაკლებია მოცემულ ათობით რიცხვზე, აკლდება ათობით რიცხვს. იგივე ოპერაცია სრულდება დარჩენილ სხვაობაზე. როდესაც რიცხვი ორის ხარისხებადაა დანაწილებული, ორობითი რიცხვი შემდეგნაირად მიიღება:

ერთიანები იწერება იმ პოზიციებში, რომლებიც ორის ხარისხებს შეესაბამება, ხოლო ნულები – დანარჩენ პოზიციებში.

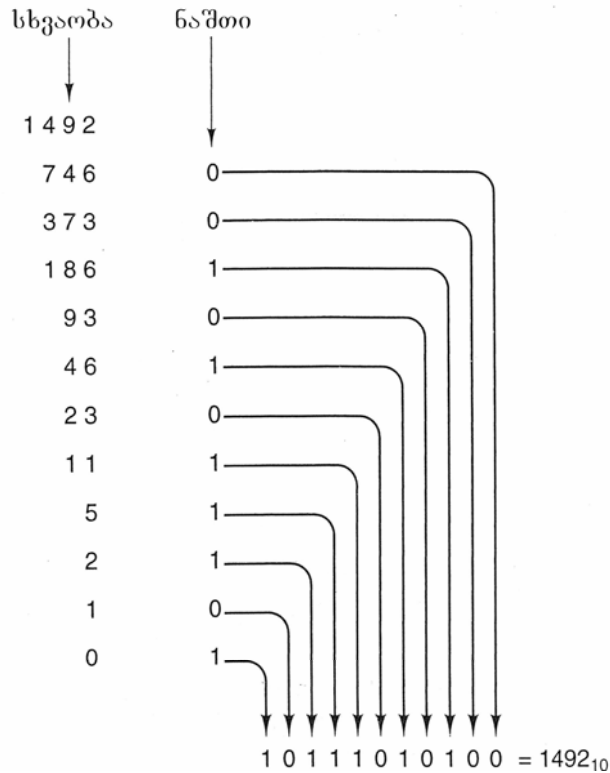
მეორე მეთოდი მდგომარეობს რიცხვის 2-ზე გაყოფაში. განაყოფი იწერება რიცხვის ქვემოთ, ხოლო ნაშთი – განაყოფის გვერდით. შემდეგ იგივე ოპერაცია სრულდება განაყოფზე. პროცესი იქამდე გაგრძელდება, სანამ არ დაარჩება 2-ზე ნაკლები რიცხვი. შედეგად მიიღება რიცხვების ორი სვეტი – განაყოფების და ნაშთების. ორობითი რიცხვი იწერება ნაშთების სვეტისგან ქვემოდან ზემოთ.

მაგალითი 1. გადავიყვანოთ რიცხვი 267 თვლის ათობითი სისტემიდან ორობითში:



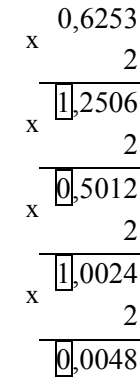
ე.ი. $267_{10} = 100001011_2$.

მაგალითი 2. გადავიყვანოთ რიცხვი 1492 თვლის ათობითი სისტემიდან ორობითში:



წილადი რიცხვების შემთხვევაში 2-ზე გაყოფის ნაცვლად წილადი ნაწილის 2-ზე გამრავლების ოპერაციებს ვასრულებთ. გადაყვანის ოპერაცია მაშინ დასრულდება, როდესაც ნამრავლში მივიღებთ 0-ს.

მაგალითი 3. გადავიყვანოთ წილადი 0,6253 თვლის ათობითი სისტემიდან ორობითში:



ე.ი. $0,625_{10} = 0,1010_2$.

ორობითი რიცხვის ათობითში გადაყვანაც ორი მეთოდითაა შესაძლებელი:

პირველი მეთოდი მდგომარეობს ორის ხარისხების შეკრებაში ორობითი რიცხვის იმ თანრიგებისთვის, რომელთა შესაბამისი ბიტებიც 1-ის ტოლია. მაგალითად:

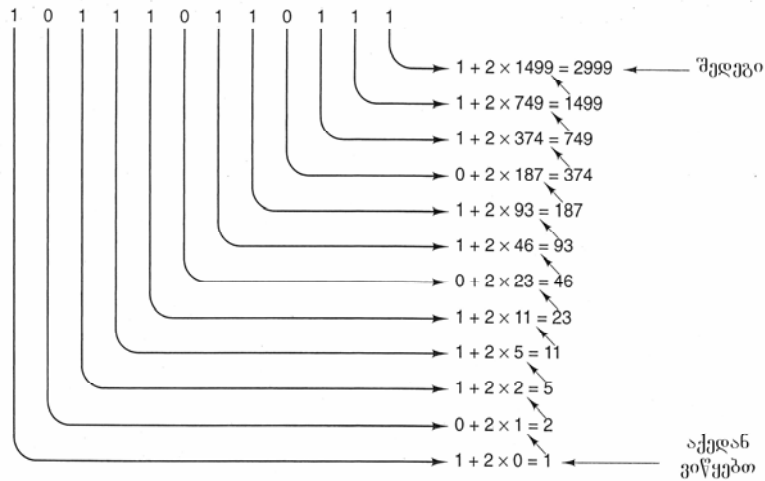
$$10110 = 2^4 + 2^2 + 2^1 = 16 + 4 + 2 = 22$$

$$110101,011_2 = 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} = 32 + 16 + 4 + 1 + 1/4 + 1/8 = 53,375.$$

ე.ი. $110101,011_2 = 53,375_{10}$.

მეორე მეთოდის მიხედვით ორობითი რიცხვი იწერება ვერტიკალურად, ერთ სტრიქონში – ერთი ბიტი. მარცხენა ბიტი იწერება ქვედა სტრიქონში. ქვედა სტრიქონია 1-ელი სტრიქონი, შემდეგ ზემოთ მოდის მე-2 სტრიქონი და ა.შ. ათობითი რიცხვი პირიქით, ქვემოლან ზემოთ აიგება. ყოველი n სტრიქონის ელემენტი მიიღება გაორმაგებული $n-1$ სტრიქონის ელემენტისგან, მასზე n სტრი-

ქონის ბიტის (0 ან 1) დამატებით. ზედა სტრიქონში მიიღება შედეგი – ორობითი რიცხვის ათობითი ეკვივალენტი.



რიცხვის ათობითიდან რვაობით, ან თექვსმეტობით სისტემაში გადაყვანა შესაძლებელია თავდაპირველად ორობით, ხოლო შემდეგ ორობითიდან რვაობით ან თექვსმეტობით სისტემაში გადაყვანით. შესაძლებელია პირდაპირი გადაყვანაც. ამ შემთხვევაში 2-ის ხარისხების ნაცვლად სრულდება 8-ის ან 16-ის ხარისხების გამოკლების ოპერაციები.

IV თავი ციფრული ლოგიკური დონე

კომპიუტერის აპარატურული იერარქიის ყველაზე დაბალ დონეს ციფრული ლოგიკური დონე წარმოადგენს. იგი ინფორმატიკისა და ელექტრონიკის ზღვარზე იმყოფება.

ძირითადი ელემენტები, რომელთა საფუძველზეც ციფრული კომპიუტერები კონსტრუირდება, საკმაოდ მარტივია.

4.1. ვენტილები და ბულის ალგებრა

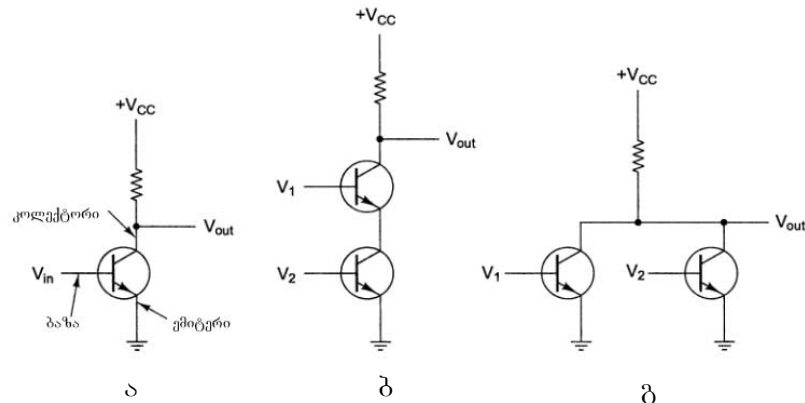
ვენტილები

ციფრულ სქემას მხოლოდ ორი ლოგიკური მდგომარეობა შეიძლება გააჩნდეს. როგორც წესი, 0-დან 1 ვ-მდე სიგნალი წარმოადგენს ერთ მნიშვნელობას (მაგალითად, ლოგიკურ 0-ს), ხოლო სიგნალი 2-დან 5 ვ-მდე – მეორე მნიშვნელობას (მაგალითად, ლოგიკურ 1-ს). მოცემულ საზღვრებს გარე მნიშვნელობების ძაბვის მიწოდება დაუშვებელია. მცირე ელექტრონული მოწყობილობები, რომელთაც ვენტილები ეწოდებათ, შესაძლებლობას იძლევიან მივიღოთ სხვადასხვა ფუნქციები მოცემული ორმნიშვნელობიანი სიგნალებიდან. ვენტილები არის აპარატურული უზრუნველყოფის საფუძველი, რომელთა ბაზაზეც აიგება ციფრული კომპიუტერები.

მთელი თანამედროვე ციფრული ლოგიკა იმას ეფუძნება, რომ ტრანზისტორი შეიძლება მუშაობდეს როგორც ძალიან სწრაფი ბინარული გადამრთველი 4.1 სურათზე წარმოდგენილია ბიპოლარული ტრანზისტორი, რომელიც ჩაშენებულია ჩვეულებრივ სქემაში.

ტრანზისტორს სამი გამოყვანი აქვს: კოლექტორი, ბაზა და ემიტერი. თუ შემავალი ძაბვა V_{in} გარკვეულ კრიტიკულ მნიშვნელობაზე დაბალია, ტრანზისტორი გამოირთვება და მუშაობს, როგორც ძალიან მაღალი წინააღმდეგობა. ეს განაპირობებს გამომავალ ძაბვას V_{out} , რომლის მნიშვნელობაც გარედან მიწოდებული V_{cc} ძაბვის მნიშვნელობის ტოლია.

მოცემული ტიპის ტრანზისტორისთვის გამომავალი ძაბვა, ჩვეულებრივ, +5 ვ-ის ტოლია. თუ V_{in} ძაბვის მნიშვნელობა კრიტიკულ ზღვარს აჭარბებს, ტრანზისტორი ჩაირთვება და მუშაობს როგორც გამტარი, იწვევს რა V_{out} სიგნალის დამიწებას (როგორც წესი, 0 ვ).



სურ. 4.1. უმარტივესი ვენტისები

უნდა აღვნიშნოთ, რომ თუ V_{in} ძაბვა დაბალია, მაშინ V_{out} ძაბვა მაღალია და პირიქით. ამრიგად, ეს სქემა წარმოადგენს ინვერტორს, რომელიც ლოგიკურ 0-ს ლოგიკურ 1-ად, ხოლო ლოგიკურ 1-ს ლოგიკურ 0-ად გარდაქმნის. რეზისტორი (ტეხილი) საჭიროა ტრანზისტორში გამავალი დენის შეზღუდვისათვის, რათა ტრანზისტორი არ გადაიწვას.

ტრანზისტორის ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასართავად, როგორც წესი, საჭიროა რამდენიმე ნაწილში.

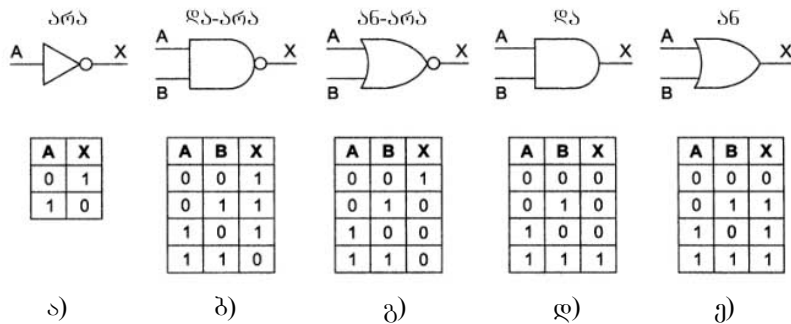
4.1 ბ სურათზე ორი ტრანზისტორი მიმდევრობითაა ჩართული. როდესაც V_1 და V_2 ძაბვები მაღალია, ორივე ტრანზისტორი გამტარი ხდება და ამცირებენ V_{out} -ს. თუ შემავალი ძაბვებიდან ერთ-ერთი დაბალია, შესაბამისი ტრანზისტორი გამოირთვება და ძაბვა V_{out} გამოსასვლელზე მაღალი გახდება. ამრიგად, V_{out} ძაბვა მხოლოდ მაშინაა დაბალი, როდესაც როგორც V_1 , ისე V_2 ძაბვები მაღალია.

4.1 გ სურათზე ორი ტრანზისტორი პარალელურადაა შეერთებული. თუ ერთ-ერთი შემავალი სიგნალი მაღალია, ჩაირთვება შესაბამისი ტრანზისტორი და იგი ამცირებს გამომავალ სიგნალს. თუ ორივე შემავალი ძაბვა დაბალია, გამომავალი ძაბვა ხდება მაღალი.

ზემოთ ჩამოთვლილი სამი სქემა ქმნის სამ უმარტივეს ვენტისს. მათ ეწოდებათ შესაბამისად არა, და-არა და ან-არა ვენტისები. არა ვენტისს ხშირად ინვერტორსაც უწოდებენ.

თუ შევთანხმდებით, რომ მაღალი ძაბვა (V_{cc}) არის ლოგიკური 1, ხოლო დაბალი ძაბვა („მიწა“) – ლოგიკური

0, ჩვენ შევძლებთ გამოსასვლელზე არსებული მნიშვნელობის, როგორც შემავალი ცვლადების ფუნქციის აღწერას. გრაფიკული ნიშნები, რომლებიც გამოიყენება მოცემული სამი ტიპის ვენტილის გამოსახვისათვის, წარმოდგენილია 4.2 ა-გ სურათზე. იქვეა წარმოდგენილი ფუნქციის მუშაობის რეჟიმები ყოველი სქემისთვის.



სურ. 4.2. ხუთი ძირითადი ტიპის ვენტილის გამოსახულებები და თითოეული ვენტილის ფუნქციის მუშაობის რეჟიმები

მოცემულ სურათზე A და B შემავალი ცვლადებია, ხოლო X – გამომავალი სიგნალი. ცხრილის ყოველი სტრიქონი განსაზღვრავს გამომავალ სიგნალს შემავალი სიგნალების სხვადასხვა კომბინაციისთვის.

თუ 4.2 ბ სურათზე გამოსახული ელემენტის გამოსასვლელს შევუერთებთ ინვერტორს, მივიღებთ ღა-არა ვენტილის საპირისპირო სქემას, რომლისთვისაც გამოსასვლელი სიგნალი მხოლოდ მაშინ უდრის 1-ს, როდესაც ორივე შემავალი სიგნალი 1-ის ტოლია. ასეთ სქემას ღა ვენტილი ეწოდება. მისი გამოსახულება და შესაბამისი ფუნქციის აღწერა წარმოდგენილია 4.2 გ სურათზეზე.

ზუსტად ასევე, თუ ან-არა ვენტილის გამოსასვლელს დავაკავშირებთ ინვერტორთან, მიიღება სქემა,

რომლის გამოსასვლელზე მაშინ იქნება 1, როდესაც ერთ-ერთი შემავალი სიგნალი 1-ის ტოლია. გამოსასვლელი უდრის 0-ს, თუ ორივე შემავალი სიგნალი 0-ის ტოლია. მოცემული სქემის გამოსახულება, რომელსაც ან ვენტილი ეწოდება და მისი შესაბამისი ფუნქციის აღწერა წარმოდგენილია 4.2 დ სურათზე. არა, ან-არა და ღა-არა ელემენტების გამოსასვლელზე მცირე ზომის წრეწირები აღნიშნავენ ინვერსიულ გამოსასვლელს. ისინი სხვა კონტექსტშიც შეიძლება იქნან გამოყენებული – ინვერტირებული სიგნალის აღსანიშნად.

4.2 სურათზე წარმოდგენილი ხუთი ვენტილი ციფრული ლოგიკური დონის საფუძველია. წარმოდგენილი მასალიდან ცხადია, რომ ან-არა და ღა-არა ვენტილები ორ-ორ ტრანზისტორს საჭიროებენ, ხოლო ან და ღა ვენტილები – სამ-სამ ტრანზისტორს. ამიტომ კომპიუტერებში უმეტესად ან-არა და ღა-არა ვენტილები გამოიყენება (რეალურ სქემებში ვენტილები განსხვავებულად იგება, თუმცა ან-არა და ღა-არა ვენტილები ყოველთვის უფრო მარტივია ან და ღა ვენტილებთან შედარებით).

ისიც უნდა აღვნიშნოთ, რომ ვენტილს შეიძლება ორზე მეტი შესასვლელი ჰქონდეს. თუმცა პრაქტიკულად რვაზე მეტი შესასვლელი არ გამოიყენება.

მიუხედავად იმისა, რომ ვენტილების შიგა კომპონენტები (ტრანზისტორები) ფიზიკური მოწყობილობების დონეს განეკუთვნება, მაინც დავასახელოთ მათი წარმოების ძირითადი ტექნოლოგიები.

არსებობს ორი ძირითადი ტექნოლოგია – ბიპოლარული და მონი (მეტალი, ოქსიდი, ნახევარგამტარი).

ბიპოლარული ტექნოლოგიებიდან უნდა აღვნიშნოს ტტლ (ტრანზისტორულ-ტრანზისტორული ლოგიკა), რო-

მელიც მრავალი წლის განმავლობაში ციფრული ელექტრონიკის საფუძველს წარმოადგენდა და მკლ (ემიტორულ-კავშირისანი ლოგიკა), რომელიც იმ შემთხვევაში გამოიყენება, როდესაც საჭიროა ოპერაციების შესრულების მაქსიმალურად მაღალი სიჩქარე. თუმცა ციფრულ სქემებში უმეტესად მონ ტექნოლოგიაა გავრცელებული.

მონ ვენტილები ტტლ და მკლ ვენტილებთან შედარებით უფრო ნელა მუშაობენ, მაგრამ ბევრად ნაკლებ ენერგიას მოიხმარენ და ბევრად ნაკლებ ადგილს იკავებენ. შესაძლებელია დიდი რაოდენობის მონ ვენტილების კომპაქტური განთავსება.

მონ ვენტილების რამდენიმე ნაირსახეობა არსებობს: p -არხიანი, n -არხიანი და კომპლემენტარული მონ-ი. თანამედროვე პროცესორები და სტატიკური მეხსიერება უმეტესად კომპლემენტარული მონ ტექნოლოგიის საფუძველზე იწარმოება, რომელიც +3,3 და უფრო დაბალ ძაბვებზეც მუშაობს.

ბულის ალგებრა

ვენტილების ბაზაზე აგებული სქემების აღწერისათვის საჭიროა განსაკუთრებული ტიპის ალგებრა, რომლის მიხედვითაც ყოველ ცვლადს და ფუნქციას მხოლოდ ორი მნიშვნელობის მიღება შეუძლია – 0-ის და 1-ის. ასეთ ალგებრას, ინგლისელი მათემატიკოსის ჯორჯ ბულის (1815-1864) პატივსაცემად, ბულის ალგებრა ეწოდა.

როგორც ჩვეულებრივ ათობით ალგებრას, ბულის ალგებრასაც თავისი ფუნქციები აქვს. ბულის ფუნქცია შესასვლელზე იღებს ერთ ან რამდენიმე ცვლადს და

გასცემს შედეგს, რომელიც მხოლოდ შემავალი ცვლადების მნიშვნელობებზეა დამოკიდებული.

მაგალითად, შეგვიძლია განვსაზღვროთ მარტივი ფუნქცია f , თუ ვიტყვით, რომ $f(A)=1$, თუ $A=0$ და $f(A)=0$, თუ $A=1$. ეს ფუნქცია შეესაბამება ინვერტორის ფუნქციას (სურ. 4.2ა).

რამდენადაც ბულის ფუნქციას n ცვლადიდან გააჩნია შემავალი ცვლადების მხოლოდ 2^n კომბინაცია, ასეთი ფუნქცია სრულად შეგვიძლია აღვწეროთ ცხრილით, რომელიც 2^n სტრიქონისგან შედგება. ყოველ სტრიქონში მოიცემა ფუნქციის მნიშვნელობა შემავალი ცვლადების სხვადასხვა კომბინაციისათვის. ასეთ ცხრილს ჭეშმარიტობის ცხრილი ეწოდება. 4.2 სურათზე წარმოდგენილი ყველა ცხრილი ჭეშმარიტობის ცხრილია.

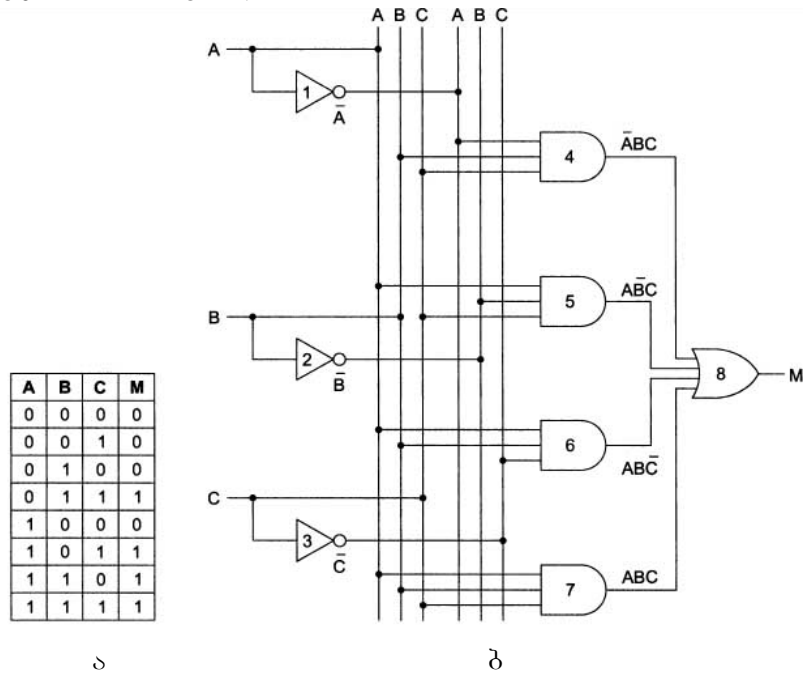
თუ განისაზღვრება ჭეშმარიტობის ცხრილის სტრიქონების განლაგების თანმიმდევრობა, მაგალითად, ორი ცვლადის შემთხვევაში – 00, 01, 10, 11, ნებისმიერი ფუნქცია შეიძლება სრულად აღიწეროს 2^n -თანრიგა ორობითი რიცხვით, რომელიც ჭეშმარიტობის ცხრილის შედეგის სვეტის ვერტიკალურად წაკითხვის შედეგად მიიღება. ამრიგად:

და-არა	–	1110;
ან-არა	–	1000;
და	–	0001;
ან	–	0111.

ცხადია, ორი ცვლადიდან არსებობს $2^4=16$ ბულის ფუნქციის მიღების შესაძლებლობა, რომელთაც 4-თანრიგა 16 შესაძლებელი კომბინაცია გააჩნიათ.

4.2. ბულის ფუნქციების რეალიზაცია

4.3 სურათზე წარმოდგენილია ბულის ფუნქციის ჭეშმარიტობის ცხრილი სამი ცვლადისთვის: $M=f(A,B,C)$. იგი წარმოადგენს მეტობის ფუნქციას, რომელიც იღებს მნიშვნელობა 0-ს, როდესაც ცვლადების უმეტესობა 0-ის ტოლია და მნიშვნელობა 1-ს, როდესაც ცვლადების უმეტესობა 1-ის ტოლია.



სურ. 4.3. სამი შემავალი ცვლადიდან მეტობის ფუნქციის ჭეშმარიტობის ცხრილი (ა) და ამ ფუნქციის რეალიზაციის სქემა (ბ)

მიუხედავად იმისა, რომ ნებისმიერი ბულის ფუნქცია შეიძლება განისაზღვროს ჭეშმარიტობის ცხრილის

საშუალებით, შემავალი ცვლადების რაოდენობის გაზრდის შედეგად ჩანაწერი ძალიან იზრდება. ამ შემთხვევაში ჭეშმარიტობის ცხრილის ნაცვლად ხშირად სხვა ჩაწერის სხვა მეთოდები გამოიყენება.

მოცემული ჩანაწერის გარჩევამდე უნდა ვთქვათ, რომ ნებისმიერი ბულის ფუნქციის განსაზღვრა შეიძლება, თუ მივუთითებთ, შემავალი ცვლადების მნიშვნელობების რომელი კომბინაციები განაპირობებს ფუნქციის ერთეულოვან მნიშვნელობას.

4.3 სურათზე წარმოდგენილი ფუნქციისათვის არსებობს ცვლადების ოთხი კომბინაცია, რომელთა შემთხვევაშიც მიიღება ფუნქციის ერთეულოვანი მნიშვნელობა. ხაზი ცვლადის თავზე მიუთითებს, რომ მისი მნიშვნელობა ინვერტირდება. თუ ცვლადს ხაზი არა აქვს, ეს ნიშნავს, რომ მისი მნიშვნელობა არ ინვერტირდება. ამას გარდა ბულის ღა ფუნქციის განსაზღვრისათვის გამოიყენებთ გამრავლების ნიშანს (წერტილს), ხოლო ბულის ან ფუნქციის განსაზღვრისათვის – შეკრების ნიშანს (+).

მაგალითად, $\bar{A}BC$ იღებს მნიშვნელობას 1, როდესაც $A = 1, B = 0$ და $C = 1$. ამას გარდა $\bar{A}\bar{B} + \bar{B}\bar{C}$ იღებს მნიშვნელობას 1, როდესაც ($A = 1$ და $B = 0$), ან ($B = 1$ და $C = 0$).

4.3ა სურათზე ნაჩვენებია ცხრილისთვის ფუნქცია იღებს მნიშვნელობა 1-ს ოთხ სტრიქონში: $\bar{A}BC, \bar{A}\bar{B}\bar{C}, \bar{A}\bar{B}C$ და ABC . ფუნქცია M იღებს ჭეშმარიტ მნიშვნელობას (ლოგიკური 1), როდესაც ოთხიდან ერთ-ერთი პირობაა ჭეშმარიტი. შედეგად შეგვიძლია დავწეროთ:

$$M = \bar{A}BC + \bar{A}\bar{B}\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + ABC.$$

მიღებული ფორმულა წარმოადგენს ჭეშმარიტობის ცხრილის მოკლე ჩანაწერს. ამრიგად, n ცვლადის ფუნ-

ქცია შეგვიძლია აღვწეროთ 2ⁿ ლოგიკური ნამრავლის ლოგიკური ჯამით. ამასთან თითოეულ ნამრავლში წარმოდგენილი იქნება n თანამამრავლი. ასეთი ფორმულირება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რადგან ნებისმიერი ფუნქციის სტანდარტული ვენტილებით რეალიზაციის საშუალებას იძლევა.

მნიშვნელოვანია განვასხვაოთ ბულის აბსტრაქტული ფუნქცია და მისი ელექტრონული სქემის საშუალებით რეალიზაცია. ბულის ფუნქცია შედგება A, B, C ცვლადებისაგან და ოპერატორებისაგან ღა, ან და არა. ბულის ფუნქცია აღიწერება ჭეშმარიტობის ცხრილის ან სპეციალური ჩანაწერის საშუალებით, მაგალითად:

$$F = \overline{ABC} + \overline{ABC}.$$

ბულის ფუნქცია შეიძლება რეალიზებული იქნეს ელექტრონული სქემებით (ხშირად განსხვავებულებით). ელექტრონული სქემები იყენებენ სიგნალებს, რომლებიც შეესაბამებიან შემავალ და გამომავალ ცვლადებსა და ვენტილებს, მაგალითად, ღა, ან და არა.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ბულის ფუნქციის მაქსიმუმ 2ⁿ ნამრავლის ჯამის სახით წარმოდგენა ამ ფუნქციის რეალიზაციის საშუალებას იძლევა. 4.2 ბ სურათზე შემავალი სიგნალები A, B, C წარმოდგენილია მარცხენა მხრიდან, ხოლო გამოსასვლელზე მიღებული M ფუნქცია – მარჯვენა მხრიდან. რამდენადაც საჭიროა შემავალი ცვლადების დამატებითი სიდიდეები (ინვერსიები), მათი მიღებისთვის სიგნალი გაივლის ინვერტორებს 1, 2, 3. ნახაზის უკეთესი გაგების მიზნით გავლებულია 6 ვერტიკალური ხაზი, მათგან 3 დაკავშირებულია შემავალ ცვლადებთან, ხოლო დანარჩენი 3 – მათ ინვერსიებთან.

ეს ხაზები უზრუნველყოფს შემავალი სიგნალების ვენტილებზე გადაცემას. მაგალითად, 5, 6, 7 ვენტილები შესასვლელზე A სიგნალს იღებენ. რეალურ სქემაში ეს ვენტილები პირდაპირ იქნება დაკავშირებული A მავთულთან, რაიმე შუალედური ვერტიკალური გამტარების გარეშე.

სქემა შეიცავს ოთხ ღა ვენტილს. თითოეული ემსახურება M-ისთვის შედგენილ განტოლებაში თითო წევრს (ჭეშმარიტობის ცხრილის იმ სტრიქონებს, რომელთათვისაც M=1). თითოეული ვენტილი გამოთვლის ჭეშმარიტობის ცხრილის ერთ სტრიქონს. და ბოლოს, საბოლოო შედეგის მიღებისათვის ყველა ნამრავლი იკრიბება (იგულისხმება ან ოპერაცია).

ციფრული სქემების აგებისას მიღებულია შემდეგი შეთანხმება: თუ ორი ხაზი იკვეთება, მათ შორის კავშირი მხოლოდ მაშინ იგულისხმება, თუ ხაზების გადაკვეთა გამოსახულია დიდი წერტილით. მაგალითად მე-3 ვენტილის გამოსასვლელი კვეთს ყველა 6 ვერტიკალურ ხაზს, თუმცა იგი დაკავშირებულია მხოლოდ \overline{C} ხაზთან.

4.2 სურათიდან გასაგები ხდება, თუ როგორ უნდა იქნას მიღებული ციფრული სქემა ნებისმიერი ბულის ფუნქციისათვის:

1. მოცემული ფუნქციისათვის აიგება ჭეშმარიტობის ცხრილი;
2. სქემაში შეიტანება ინვერტორები, რათა შესაძლებელი გახდეს ყოველი შემავალი სიგნალის ინვერსიული მნიშვნელობის მიღება;

3. იხაზება ღა ვენტილი ჭეშმარიტობის ცხრილის იმ სტრიქონებისთვის, რომელთაც შეესაბამება ლოგიკური 1;
4. ღა ვენტილებს შესაბამისი შემავალი სიგნალები უერთდება;
5. ღა ვენტილების გამოსასვლელები ან ვენტილის შესასვლელებს უერთდება.

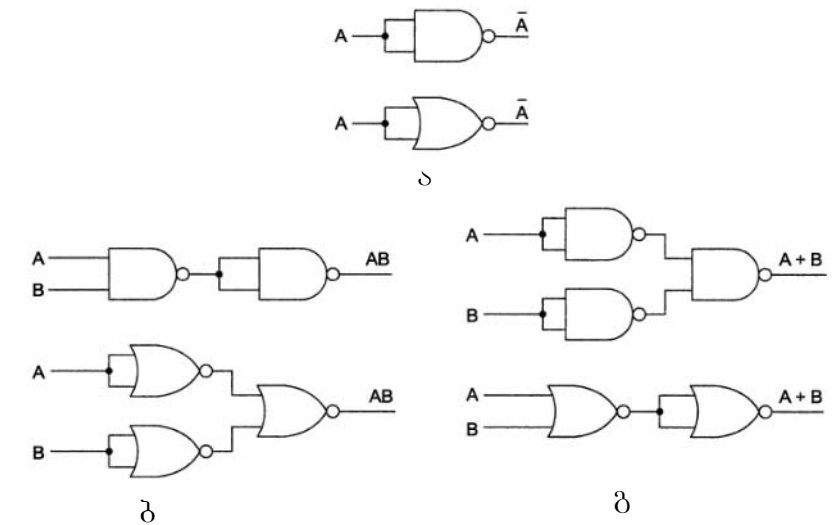
ჩვენ უკვე ვაჩვენეთ, თუ როგორ უნდა მოვახდინოთ ბულის ფუნქციის რეალიზაცია არა, ღა და ან ვენტილების საშუალებით. თუმცა ბევრად უფრო მოსახერხებელია სქემების აგება ერთი ტიპის ვენტილების ბაზაზე. საბედნიეროდ, ჩვენ მიერ ჩამოყალიბებული ალგორითმის საფუძველზე აგებული სქემები საკმაოდ მარტივად გარდაიქმნება ღა-არა და ან-არა ფორმებად.

ასეთი გარდაქმნის შესასრულებლად საჭიროა არა, ღა და ან ვენტილების რაიმე სხვა, ერთი ტიპის ვენტილის საფუძველზე რეალიზაცია.

4.4 სურათზე ნაჩვენებია, თუ როგორ შეიძლება გავაკეთოთ ეს ღა-არა და ან-არა ვენტილების ბაზაზე. აქვე აღვნიშნოთ, რომ გარდაქმნის სხვა შესაძლებლობებიც არსებობს.

ამრიგად, ბულის ფუნქციის რეალიზაციისთვის ღა-არა და ან-არა ელემენტების ბაზაზე თავდაპირველად უნდა მივყვეთ ზემოთ აღწერილ ალგორითმს, ავაგებთ რა სქემას არა, ღა, ან ელემენტების ბაზაზე. ამის შემდეგ მრავალშესასვლელიან ვენტილებს შევცვლით ეკვივალენტური ორშესასვლელიანი ელემენტებით. მაგალითად $A + B + C + D$ გამოსახულება შეგვიძლია შევცვალოთ $(A + B) + (C + D)$ გამოსახულებით და გამოვიყენოთ სამი ორშესას-

ვლელიანი ვენტილი. ამის შემდეგ არა, ღა, ან ვენტილები იცვლება მე-4 სურათზე გამოსახული სქემებით.



სურ. 4. არა (ა), ღა (ბ), ან (გ) ვენტილების რეალიზაცია მხოლოდ ღა-არა და ან-არა ვენტილების საფუძველზე

მიუხედავად იმისა, რომ ასეთ პროცედურას ვერ მივყავართ ოპტიმალურ სქემებამდე ვენტილების მინიმალური რაოდენობის თვალსაზრისით, იგი გვაჩვენებს, რომ ასეთი გარდაქმნა შესაძლებელია.

ღა-არა და ან-არა ვენტილებს სრული ვენტილები ჰქვია, რადგან თითოეული მათგანი იძლევა ნებისმიერი ბულის ფუნქციის გამოთვლის შესაძლებლობას. არც ერთ სხვა ვენტილს არ გააჩნია ასეთი თვისება, ამიტომ სწორედ ღა-არა და ან-არა ვენტილების ბაზაზეა მიზანშეწონილი ციფრული სქემების აგება.

4.3. ბულის ალგებრის კანონები

სქემების ეკვივალენტურობა

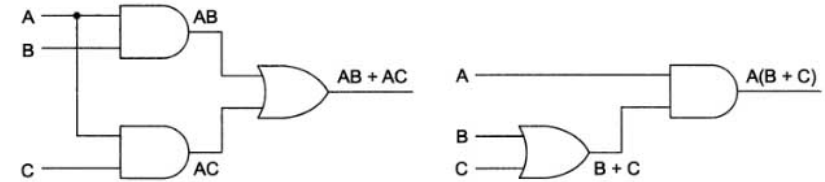
ციფრული სქემების დამპროექტებლები ცდილობენ შეამცირონ ვენტილების რაოდენობა, რაც თავისთავად განაპირობებს სქემის ღირებულების, მის მიერ დაკავებული ფართობის და მოხმარებული ენერჯის შემცირებას.

სქემის გამარტივებისთვის დამპროექტებელმა უნდა შეიმუშავოს სხვა სქემა, რომელიც იგივე ფუნქციას შეასრულებს ვენტილების ნაკლები რაოდენობით (ან იმუშავებს უფრო მარტივ ვენტილებთან, მაგალითად, ოთხშესასვლელიანი ნაცვლად ორშესასვლელიანიებთან). ეკვივალენტური სქემების ძიება ხდება ბულის ალგებრის საფუძველზე.

ბულის ალგებრის გამოყენების მაგალითად განვიხილოთ $AB+AC$ ფუნქციის სქემა და ჭეშმარიტობის ცხრილი (სურ. 4.5). მიუხედავად იმისა, რომ ამ თემაზე ჯერ არ გვიმსჯელია, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ჩვეულებრივი ალგებრის ბევრ კანონს ძალა აქვს ბულის ალგებრაშიც. მაგალითად, $AB+AC$ გამოსახულება, დისტრიბუციულობის კანონის თანახმად, შეგვიძლია გარდავქმნათ $A(B+C)$ გამოსახულებად.

ორი ფუნქცია ეკვივალენტურია მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც ორივე ფუნქცია იღებს ერთსა და იმავე მნიშვნელობას შემავალი ცვლადების ნებისმიერი კომბინაციისათვის. 4.5 სურათზე წარმოდგენილი ჭეშმარიტობის ცხრილიდან გარკვევით ჩანს, რომ $A(B+C)$ ეკვივალენტურია

$AB+AC$ ფუნქციისა. მიუხედავად ამისა, 4.5 ბ სურათზე წარმოდგენილი სქემა უფრო მარტივია, ვიდრე 4.5 ა სურათზე წარმოდგენილი, რადგან ნაკლებ ვენტილს შეიცავს.



A	B	C	AB	AC	AB + AC
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1

A	B	C	A	B + C	A(B + C)
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1

ა

ბ

სურ. 4.5. ორი ეკვივალენტური ფუნქცია: $AB+AC$ (ა) და $A(B+C)$ (ბ)

როგორც წესი, თავდაპირველად დამპროექტებელი საფუძველად იღებს ბულის გარკვეულ ფუნქციას, შემდეგ გარდაქმნის მას ბულის ალგებრის კანონების საფუძველზე, რათა მიიღოს უფრო მარტივი ფუნქცია, რომელიც ეკვივალენტური იქნება საწყისი ფუნქციისა. მიღებული გამარტივებული ფუნქციის საფუძველზე სქემა აიკვება.

მოცემული მიდგომის რეალიზაციისათვის, რასაკვირველია, აუცილებელია ბულის ალგებრის კანონების (დამოკიდებულებების) ცოდნა. უნდა აღვნიშნოთ, რომ თითოეულ დამოკიდებულებას ორი ფორმა გააჩნია. ერთი ფორმისაგან მეორის მიღება შესაძლებელია თუ ღა-ს შევცვლით ან-ით და 0-ს 1-ით. ნებისმიერი დამოკიდებულება მარტივად მტკიცდება, თუ მათთვის ჭეშმარიტობის ცხრილებს ავაგებთ.

4.2 ცხრილში წარმოდგენილია ბულის ალგებრის ზოგიერთი კანონი.

ცხრილი 4.2

ბულის ალგებრის ზოგიერთი დამოკიდებულება

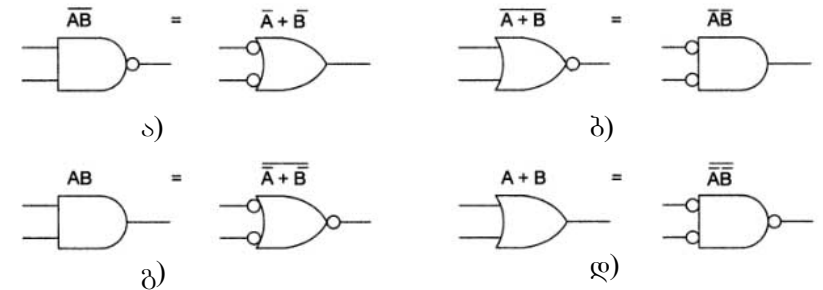
კანონი	ღა	ან
ტოლობის კანონი	$1A=A$	$0+A=A$
ნულობის კანონი	$0A=0$	$1+A=1$
იდემპოტენტურობის კანონი	$AA=A$	$A+A=A$
ინვერსიის კანონი	$A\bar{A}=0$	$A+\bar{A}=1$
კომუტატიურობის კანონი	$AB=BA$	$A+B=B+A$
ასოციაციურობის კანონი	$(AB)C=A(BC)$	$(A+B)+C=A+(B+C)$
დისტრიბუციულობის კანონი	$A+BC=(A+B)(A+C)$	$A(B+C)=AB+AC$
შთანთქმის კანონი	$A(A+B)=A$	$A+AB=A$
დე მორგანის კანონი	$\overline{AB} = \bar{A} + \bar{B}$	$\overline{A+B} = \bar{A}\bar{B}$

შედეგები თითქმის ყველა შემთხვევაში ნათელია, თუ არ ჩავთვლით დე მორგანის, შთანთქმის და დისტრიბუციულობის კანონებს. მათი დადასტურებისთვის უნდა ავაგოთ ჭეშმარიტობის ცხრილები.

დე მორგანის კანონი შეიძლება გავრცელდეს ორზე მეტი ცვლადის მქონე გამოსახულებებზეც, მაგალითად, $\overline{ABC} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C}$.

დე მორგანის კანონი ითვალისწინებს ალტერნატიულ ჩანაწერსაც. 4.6 ა სურათზე ღა ელემენტი მოცემულია ინვერსიით, რომელიც ნაჩვენებია ინვერსიული შესასვლელებით და გამოსასვლელებით. ამრიგად, ან ვენტილი ინვერსიული შემავალი სიგნალებით ეკვივალენტურია ღა-არა ელემენტისა.

4.6 ბ სურათზევე წარმოდგენილია დე მორგანის კანონის მეორე ფორმა, რომლიდანაც ჩანს, რომ ან-არა ვენტის ნაცვლად შეგვიძლია გამოვსახოთ ღა ვენტილი ინვერსიული შესასვლელებით.



სურ. 4.6. ღა-არა (ა), ან-არა (ბ), ღა (გ), ან (დ) ვენტის ალტერნატიული წარმოდგენა

დე მორგანის კანონის ორივე ფორმის ინვერსიის შედეგად ვიღებთ ღა და ან ვენტის ეკვივალენტურ წარმოდგენებს (სურ. 4.6 გ, დ).

ანალოგიური სიმბოლური გამოსახულება არსებობს დე მორგანის კანონის სხვადასხვა ფორმისათვის

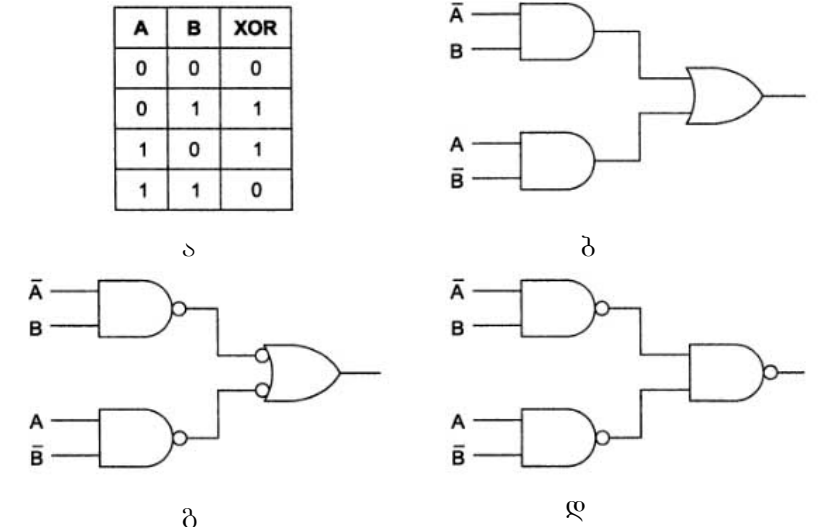
(მაგალითად, n -შესასვლელიანი ღა-არა ვენტილის ეკვივალენტურ ელემენტს წარმოადგენს ან ვენტილი n ინვერსიული შესასვლელით).

4.6 სურათზე წარმოდგენილი ელემენტების და მრავალშესასვლელიანი ვენტილების ანალოგიური ფუნქციების გამოყენებით ძალიან მარტივადაა შესაძლებელი ნამრავლების ჯამის მხოლოდ ღა-არა და მხოლოდ ან-არა ფორმებად გარდაქმნა.

განვიხილოთ, მაგალითად, ფუნქცია ბამომრიცხვა-30 ან (სურ. 4.7, ა). სტანდარტული სქემა, რომელიც ნამრავლების ჯამს გამოსახავს, წარმოდგენილია 4.7 ბ სურათზე. ღა-არა ფორმაზე გადასვლისათვის ღა ელემენტების გამოსასვლელების ან ელემენტის შესასვლელებთან შემაერთებელი ხაზები ინვერსიული შესასვლელებით და გამოსასვლელებით უნდა გამოისახოს, როგორც 4.7 გ სურათზეა მოცემული.

ძალიან მნიშვნელოვანია იმის აღნიშვნაც, რომ ერთი და იმავე ვენტილს შეუძლია სხვადასხვა ფუნქციის შესრულება იმის მიხედვით, თუ რა შეთანხმებებია მიღებული.

4.8 ა სურათზე წარმოდგენილია F ვენტილის გამოსასვლელი სიგნალები შემაჯავალი სიგნალების სხვადასხვა კომბინაციისთვის. როგორც შესასვლელი, ისე გამოსასვლელი სიგნალები ნაჩვენებია ვოლტებით. თუ შევთანხმდებით, რომ 0 ვოლტი არის ლოგიკური 0, ხოლო 3,3 ან 5 ვოლტი – ლოგიკური 1, მივიღებთ ჭეშმარიტობის ცხრილს, რომელიც 4.8 ბ სურათზეა წარმოდგენილი ანუ იმავე ღა ფუნქციას. ასეთ შეთანხმებას **პოზიტიური ლოგიკა** ეწოდება.



სურ. 4.7. ბამომრიცხვა-30 ან ფუნქციის ჭეშმარიტობის ცხრილი (ა) და მისი შესაბამისი ციფრული სქემები (ბ-დ)

თუ მივიღებთ **ნეგატიურ ლოგიკას**, ანუ შევთანხმდებით, რომ 0 ვოლტი არის ლოგიკური 1, ხოლო +3,3 ან +5 ვოლტი – ლოგიკური 0, მივიღებთ ჭეშმარიტობის ცხრილს, რომელიც წარმოდგენილია 4.8 გ სურათზე ანუ ან ფუნქციას.

A	B	F
0B	0B	0B
0B	5B	0B
5B	0B	0B
5B	5B	5B

A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

A	B	F
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

სურ. 4.8. მოწყობილობის ელექტრული მახასიათებლები (ა); პოზიტიური ლოგიკა (ბ); ნეგატიური ლოგიკა (გ)

ამრიგად, ციფრული სქემების აგება დამოკიდებულია იმ შეთანხმებაზე, რომელიც განსაზღვრავს ძაბვების ლოგიკურ დონეებთან შესაბამისობას. თანამედროვე ციფრულ ტექნიკაში უმეტესად პოზიტიური ლოგიკა გამოიყენება.

4.4. ინტეგრალური სქემები

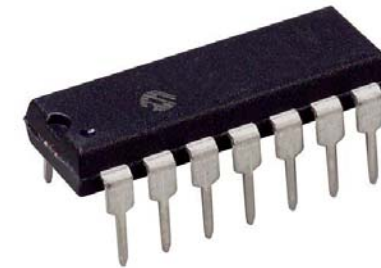
ამრიგად, ჩვენთვის უკვე ცნობილია, თუ როგორ უნდა აიგოს უმარტივესი სქემები ცალკეული ვენტილების საფუძველზე. თუმცა თანამედროვე ციფრული სქემების აგებისას ასეთი მიდგომა იშვიათად გამოიყენება. ამჟამად სტანდარტული „სამშენებლო“ ბლოკები წარმოადგენს მოდულებს, რომლებიც რამდენიმე ვენტილს აერთიანებს.

იწარმოება და იყიდება არა ცალკეული ვენტილები, არამედ მათი მოდულები, რომელთაც **ინტეგრალური სქემები (ის)** ან **მიკროსქემები** ეწოდებათ.

ინტეგრალური სქემა წარმოადგენს დაახლოებით 5X5 მმ ზომების კაუბადის კვადრატულ ფირფიტას, რომელზეც რამდენიმე ვენტილია განთავსებული. მცირე ზომის ინტეგრალური სქემები, როგორც წესი, მართკუთხა 5-15 მმ სიგანის და 20-50 მმ სიგრძის პლასტიკურ ან კერამიკულ კორპუსებში თავსდება. გრძელი გვერდის გასწვრივ დამონტაჟებულია გამომყვანების ორი პარალელური რიგი. გამომყვანების სიგრძე დაახლოებით 5 მმ-ია. შესაძლებელია გამომყვანების ჩასმა გასართში ან მირჩილვა ნაბეჭდ პლატაზე.

ყოველი გამომყვანი რომელიმე სხვა ვენტილის შესასვლელს, კვების წყაროს ან „მიწას“ უერთდება.

კორპუსს გარეთ გამოსული გამომყვანების ორი რიგით და შიგნით არსებული ინტეგრალური სქემით ოფიციალურად **კორპუსი ორრიგად განთავსებული გამომყვანებით (Dual Inline Package, DIP)** ეწოდება (სურ. 4.9). მაგრამ უფრო ხშირად მას მაინც მიკროსქემას უწოდებენ. ამ დროს უგულებელყოფენ განსხვავებას კაუბადის ფირფიტასა და კორპუსს შორის, რომელშიც ის თავსდება.



სურ. 4.9. DIP მიკროსქემა

კორპუსების უმეტესობას 14, 16, 18, 20, 22, 24, 28, 40, 64 ან 68 გამომყვანი გააჩნია. მაღალი ინტეგრაციის მიკროსქემებისათვის ხშირად იყენებენ კორპუსებს, რომლებსაც გამომყვანები ოთხივე მხარეს, ან ქვევიდან აქვს.

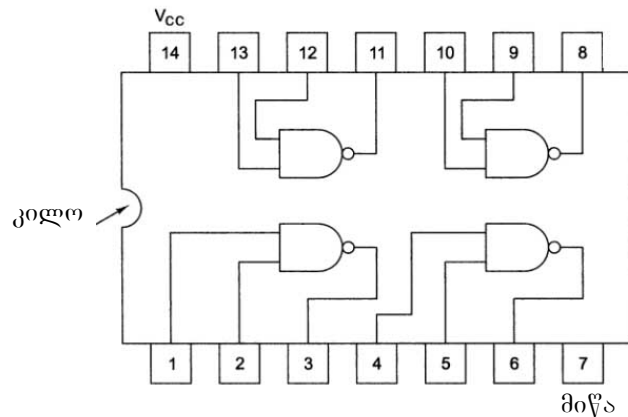
მიკროსქემების კლასებად დაყოფის სხვადასხვა კრიტერიუმი არსებობს. ვენტილების რაოდენობის მიხედვით კლასიფიკაცია საკმაოდ უხეშია, თუმცა ზოგჯერ შეიძლება სასარგებლოც იყოს:

- მის (მცირე ინტეგრალური სქემა) – შეიცავს 1-10 ვენტილს;
- სის (საშუალო ინტეგრალური სქემა) – შეიცავს 1-100 ვენტილს;

- ღ0ს (დიდი ინტეგრალური სქემა) – შეიცავს 100-100 000 ვენტილს;
- ზღ0ს (ზედიდი ინტეგრალური სქემა) – შეიცავს 100 000 ვენტილზე მეტს.

ამ სქემებს განსხვავებული თვისებები აქვთ და სხვადასხვა მიზნით გამოიყენება.

მ0ს-ი, ჩვეულებრივ, ორიდან ექვსამდე დამოუკიდებელ ვენტილს შეიცავს. თითოეული მათგანი ცალ-ცალკე შეიძლება იქნას გამოყენებული. 4.10 სურათზე წარმოდგენილია ჩვეულებრივი მ0ს-ი, რომელიც ოთხ ღა-არბ ვენტილს შეიცავს.



სურ. 4.10. ოთხი ვენტილისგან შემდგარი მ0ს-ი

თითოეულ ვენტილს ორი შესასვლელი და ერთი გამოსასვლელი აქვს, რაც 12 გამოყვანს საჭიროებს. ამის გარდა, მიკროსქემა საჭიროებს ყველა ვენტილისათვის საერთო კვებას (V_{cc}) და მიწას. კორპუსს 1-ელი გამოყვანის გვერდით აქვს კილო, რათა თავიდან ავიცილოთ გაურკვეველობა და ცალსახად იყოს გასაგები, რომელია მიკ-

როსქემის 1-ელი გამოყვანი. სქემაში, როგორც წესი, არ აჩვენებენ გამოუყენებელ ვენტილებს, კვების წყაროს და მიწას.

ასეთი მიკროსქემების ღირებულება რამდენიმე ცენტია. თითოეული მათგანი შეიცავს რამდენიმე ვენტილს და 20-მდე გამოყვანს. 70-ანი წლების კომპიუტერები ასეთი მიკროსქემების დიდი რაოდენობის ბაზაზე კონსტრუირდებოდა, თუმცა ამჟამად, მაგალითად, ერთ მიკროსქემაში მთელ ცენტრალურ პროცესორსა და ოპერატიული მეხსიერების მნიშვნელოვან ნაწილს (ქეშ-მეხსიერებას) ათავსებენ.

სიმარტივისათვის ზოგჯერ თვლიან, რომ ვენტილის გამომავალი სიგნალი მაშინვე იცვლება, როგორც კი სიგნალი შეიცვლება მის შესასვლელზე. თუმცა არსებობს ვენტილის გარკვეული დაყოვნება, რომელიც მოიცავს მიკროსქემაში სიგნალის გაელის და მიკროსქემის გადართვის დროს. დაყოვნება, როგორც წესი, 1-დან 10 ნანოწამამდეა.

დღეისთვის უკვე შესაძლებელია ერთ მიკროსქემაში ათეულობით და ასეულობით მილიონი ტრანზისტორის განთავსება. რამდენადაც ნებისმიერი სქემა შეიძლება დამუშავდეს ღა-არბ ვენტილების ბაზაზე, იქმნება შთაბეჭდილება, რომ მწარმოებელს შეუძლია დააპროექტოს მიკროსქემა მილიონობით ღა-არბ ვენტილის ბაზაზე. თუმცა, მაგალითად, 5 მილიონი ღა-არბ ვენტილის მქონე მიკროსქემას დასჭირდება 15 000 002 გამოყვანი. რამდენადაც სტანდარტული გამოყვანი იკავებს 0,1 დიუმს, მიკროსქემის სიგრძე 18 კმ-ზე მეტი იქნება.

ამიტომ მოცემული ტექნოლოგიის უპირატესობების გამოყენებისთვის ისეთი სქემები იქმნება, რომლებშიც ვენ-

ტილების რაოდენობა მნიშვნელოვნად აჭარბებს გამომყვანების რაოდენობას. ვენტილები ერთმანეთს გარკვეული წესით უერთდება, რაც ამცირებს სქემის გარე გამომყვანების რაოდენობას.

4.5. კომბინაციური და დამგროვებელი სქემები

კომბინაციური სქემები

ციფრული ლოგიკის ბევრი ამოცანა მოითხოვს რამდენიმე შესასვლელისა და რამდენიმე გამოსასვლელის მქონე სქემების გამოყენებას, რომლებშიც გამომავალი სიგნალები განისაზღვრება მიმდინარე შემავალი სიგნალებით. ასეთ სქემას **კომბინაციური** ეწოდება.

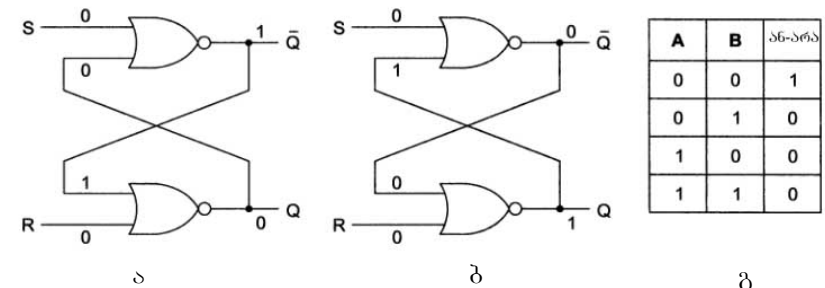
ეს თვისება ყველა სქემას არ გააჩნია. მაგალითად, სქემას, რომელიც მესხიერების ელემენტებს შეიცავს, მხოლოდ ისეთი გამოსასვლელი სიგნალების გენერირება შეუძლია, რომლებიც დამოკიდებულნი არიან მესხიერებაში შენახულ მნიშვნელობებზე.

მიკროსქემა, რომელიც 4.3 ა სურათზე წარმოდგენილი ჭეშმარიტობის ცხრილის რეალიზაციას ახდენს, კომბინაციური სქემის ტიპური მაგალითია.

დამგროვებელი სქემები – მესხიერება

მესხიერება ნებისმიერი კომპიუტერის აუცილებელი კომპონენტია. იგი გამოიყენება როგორც ბრძანებების, ისე მონაცემების შესანახად.

1 ბიტი მესხიერების რეალიზაციისათვის საჭიროა სქემა, რომელიც შემავალ მნიშვნელობებს იმასხოვრებს. ასეთი სქემა შეიძლება აიგოს ორი ან-არა ვენტილის საშუალებით, როგორც ეს 4.11 სურათზეა ნაჩვენები. ანალოგიური სქემა შეიძლება აიგოს ორი ან-არა ვენტილების ბაზაზეც.



სურ. 4.11. სქემა ან-არა მდგომარეობაში 0 (ა); სქემა ან-არა მდგომარეობაში 1 (ბ); ჭეშმარიტობის ცხრილი ან-არა ფუნქციისათვის (გ)

4.11 სურათზე წარმოდგენილ სქემას **RS-ტრიგერი** ეწოდება. მას აქვს ორი შესასვლელი – *S* (*Setting* – დაყენება) და *R* (*Resetting* – ჩამოგდება) და ორი გამოსასვლელი – *Q* და \bar{Q} . კომბინაციური სქემებისგან განსხვავებით, ტრიგერის გამომავალი სიგნალები მხოლოდ მიმდინარე შემავალი სიგნალებით არ განისაზღვრება.

ტრიგერის მუშაობის გაგებისათვის დაგუშვათ, რომ $S=0$ და $R=0$ (როგორც წესი, დროის უმეტეს მონაკვეთში შესასვლელებზე ეს სიგნალები 0-ის ტოლია). აგრეთვე დაგუშვათ, რომ $Q=0$. რადგან Q ზედა ან-არა ვენტილთანაა შეერთებული და ამ ვენტილის ორივე შესასვლელი

0-ის ტოლია, მისი \bar{Q} გამოსასვლელი 1-ის ტოლია. 1 მიეწოდება ქვედა ვენტილს, რომელსაც, საბოლოო ჯამში, ერთი შესასვლელიდან მიეწოდება 1, ხოლო მეორე შესასვლელიდან – 0. ამრიგად, გამოსასვლელზე მიიღება $Q=0$.

ახლა განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც $Q=1$, ხოლო R და S უდრის 0-ს. ზედა ვენტილს შესასვლელზე მიეწოდება 0 და 1 სიგნალები, ხოლო გამოსასვლელი $Q=0$ ქვედა ვენტილის შესასვლელს მიეწოდება. ასეთი მდგომარეობა ნაჩვენებია 4.11 ბ სურათზე.

ორივე ვენტილის გამოსასვლელის 0-ვან მდგომარეობაში ყოფნა შეუძლებელია, რადგან ორივე ვენტილს შესასვლელზე ექნებოდა ორი 0, რაც გამოსასვლელზე 1-ის, და არა 0-ის არსებობას განაპირობებს.

ასევე შეუძლებელია ორივე ვენტილის გამოსასვლელზე 1-ის არსებობა, რადგან ეს გამოიწვევდა თითოეულზე 0 და 1 შესასვლელი სიგნალების არსებობას, რაც, თავის მხრივ, განაპირობებს ვენტილების გამოსასვლელზე 0-ების და არა 1-ების არსებობას.

ამრიგად, შეგვიძლია გამოვიტანოთ დასკვნა: როდესაც $R=S=0$, ტრიგერს ორი მდგრადი მდგომარეობა აქვს – 0 ან 1, რაც დამოკიდებულია Q -ზე.

ახლა განვიხილოთ შემავალი სიგნალების ზემოქმედება ტრიგერის მდგომარეობაზე. დავუშვათ S შესასვლელზე მიეწოდება 1 და $R=0$. როდესაც $Q=0$. მაშინ ზედა ვენტილის შემავალი სიგნალები უდრის 1-ს და 0-ს. რაც განაპირობებს – $\bar{Q}=0$. ამ ცვლილების თანახმად, ქვედა ვენტილის ორივე შესასვლელი 0-ს უტოლდება, რის შედეგადაც Q გამოსასვლელი უდრის 1-ს. ამრიგად, S შესას-

ვლელზე 1-ის მიწოდება ტრიგერს 0-დან 1-ში გადაართავს. R შესასვლელზე 1-იანის მიწოდება მაშინ, როდესაც ტრიგერი 0-ოვან მდგომარეობაში იმყოფება, არ იწვევს ცვლილებებს, რადგან ქვედა ან-არა ვენტილის გამოსასვლელი უდრის 0-ს შემავალი სიგნალების როგორც 10, ისე 11 კომბინაციის დროს.

ასევე მარტივად შეგვიძლია დავინახოთ, რომ S შესასვლელზე 1-ის მიწოდება მაშინ, როდესაც ტრიგერის მდგომარეობაა 1 (ანუ $Q=1$) არ იწვევს ცვლილებებს. მაგრამ R შესასვლელზე 1-ის მიწოდების შემთხვევაში ტრიგერის მდგომარეობა იცვლება.

ამრიგად, როდესაც $S=1$, ტრიგერის წინა მდგომარეობის მიუხედავად, $Q=1$. ანალოგიურად, როდესაც $R=1$, ტრიგერის წინა მდგომარეობის მიუხედავად, $Q=0$. ამრიგად, სქემა „იმახსოვრებს“, რომელი სიგნალი იყო ბოლოს მიწოდებული – S თუ R . ამ თვისების საფუძველზე შესაძლებელია კომპიუტერული მექანიზმების აგება.

RS -ტრიგერისთვის $S=R=1$ აკრძალული კომბინაციაა. როდესაც R და S საბოლოო ჯამში 0-ოვან მდგომარეობაში ბრუნდებიან, სქემა ხდება არადეტერმინირებული. $S=R=1$ კომბინაციის შემთხვევაში $Q=\bar{Q}=0$, თუმცა როდესაც R და S ბრუნდებიან 0-ოვან მდგომარეობაში, ტრიგერი ორიდან ერთ-ერთ მდგრად მდგომარეობაში უნდა გადავიდეს. თუ ერთ-ერთი შესასვლელი უფრო ადრე გადადის 0-ვან მდგომარეობაში, 1 მდგომარეობაში დარჩენილი შესასვლელი „იმარჯვებს“, რადგან სწორედ ერთეულოვანი შესასვლელი მართავს ტრიგერს. როდესაც ორივე შესასვლელი ერთდროულად გადადის 0-ოვან მდგომარეობაში,

რისი ალბათობაც საკმაოდ მცირეა, ტრიგერი ირჩევს ორიდან ერთ-ერთ ნებისმიერ მდგრად მდგომარეობას.

ტრიგერების ერთობლიობა (მაგალითად, 8 ტრიგერი) რამდენიმეთანრიგიანი (მაგალითად, 8-თანრიგიანი) ორობითი რიცხვის დამახსოვრების საშუალებას იძლევა. ტრიგერების ასეთ ერთობლიობას **რეგისტრი** ეწოდება.

ინტეგრალური სქემების დამზადების თანამედროვე ტექნოლოგია ერთ მიკროსქემაში მილიონობით ტრიგერის მოთავსების შესაძლებლობას იძლევა, რაც დამახსოვრებული ბიტების რაოდენობას განსაზღვრავს. მაგალითად, თანამედროვე *Cache*-მეხსიერების ტევადობა რამდენიმე მეგაბაიტია.

V თავი

კომპიუტერის ძირითადი კომპონენტები

სისტემური პლატა

სისტემური პლატა (სურ. 5.1) კომპიუტერის ძირითადი ელემენტია, რომელზედაც დაყენდება და რომელსაც უერთდება კომპიუტერის ყველა კომპონენტი.



სურ. 5.1. სისტემური პლატა

პროცესორი

პროცესორი (სურ. 5.2), ანუ ცენტრალური პროცესორი (*Central Processor Unit - CPU*) სისტემურ პლატაზე დაყენდება და კომპიუტერის „ბირთვს“ წარმოადგენს. პროცესორი ძირითად გამომთვლელ ოპერაციებს ასრულებს კომპიუტერში.



სურ. 5.2. პროცესორი

მუდმივი მეხსიერება

მუდმივი მეხსიერება (სურ. 5.3.) კვებისგან დამოუკიდებელი მეხსიერებაა, რომელშიც ფირმა-დამამზადებლის მიერ პროგრამა *BIOS*-ი (*Basic input-output system* – შეყვანა-გამოყვანის საბაზო სისტემა) იწერება.



სურ. 5.3. მუდმივი მეხსიერების მიკროსქემა

BIOS-ი შეიცავს სასტარტო პროგრამებს, რომლებიც სისტემის ფუნქციონირების დაწყებას უზრუნველყოფენ.

ოპერატიული მეხსიერება

სისტემის მეხსიერებას ხშირად უწოდებენ ოპერატიულ მეხსიერებას ან მეხსიერებას ნებისმიერი მიღწევით (*Random Access Memory* - *RAM*). ოპერატიული მეხსიერება კვებაზე დამოკიდებული მეხსიერებაა, რომელშიც ის პროგრამები და მონაცემები იწერება, რომლებიც პროცესორის მიერ მუშავდება. 5.4 სურათზე წარმოდგენილია კომპიუტერის სისტემურ პლატაზე დაყენებული ძირითადი ოპერატიული მეხსიერების მოდულები.



სურ. 5.4. ძირითადი ოპერატიული მეხსიერების მოდულები

Cache მეხსიერება

Cache მეხსიერება მცირე მოცულობის, ზესწრაფი ტიპის ოპერატიული მეხსიერებაა. იგი მაღალსიხქარიანი ბუფერია, რომელთანაც პროცესორი უშუალოდ ასრულებს მონაცემთა გაცვლას. *Cache*-ის კონტროლერი წინასწარ განსაზღვრავს, თუ რომელი მონაცემები დასჭირდება

პროცესორს და წინასწარ ჩატვირთავს მათ ძირითადი ოპერატიული მესხიერებიდან *Cashe* მესხიერებაში.

გარე მესხიერება (დამგროვებლები)

პერსონალური კომპიუტერის სტანდარტულ კონფიგურაციას შემდეგი ტიპის დამგროვებლები მიეკუთვნება:

- დრეკადი დისკური მოწყობილობა – *FDD (Floppy Disk Drive)*;
- ვინჩესტერი ანუ ხისტი დისკური მოწყობილობა – *HDD (Hard Disk Drive)*;
- კომპაქტ-დისკური მოწყობილობები – *CDD (Compact-Disk Drives)*;

დრეკადი დისკური მოწყობილობა

დრეკადი დისკური მოწყობილობის (*Floppy Disk Drive - FDD*) გამოყენება მარტივია, იგი იაფია და სამუშაოდ მოსხნად მატარებლებს – დრეკად დისკებს – იყენებს. ამჟამად დრეკადი დისკური მოწყობილობები მორალურად მოძველებულია.

ვინჩესტერი

ვინჩესტერი ანუ ხისტი დისკური მოწყობილობა (*Hard Disk Drive – HDD*) პერსონალურ კომპიუტერში ინფორმაციის ძირითადი მატარებელია. ვინჩესტერი (სურ. 5.5) დიდი ტევადობით, მაღალი სწრაფქმედებით და

საიმედობით გამოირჩევა. პროგრამების და მონაცემების უშეტესობა ვინჩესტერში იწერება.



სურ. 5.5. ვინჩესტერი

კომპაქტ-დისკური მოწყობილობა

კომპაქტ-დისკური (*CD*) მოწყობილობა (სურ. 5.6) წარმოადგენს დამგროვებელს, რომელიც მოსხნად მატარებლებს (დისკებს) იყენებს. დისკებზე ინფორმაციის ჩაწერა/წაკითხვა ოპტიკური ტექნოლოგიის საფუძველზე სრულდება.

მესხიერების იერარქიული სტრუქტურა

პერსონალური კომპიუტერის საშუალებით მონაცემების ეფექტური დამუშავებისათვის აუცილებელია დიდი მოცულობის ინფორმაციის მინიმალური დანახარჯებით შენახვა. ეს მოთხოვნები ურთიერთსაწინააღმდეგოა, ამიტომ კომპიუტერული ტექნოლოგიის განვითარების თანა-

მედროვე ეტაპზე მეხსიერების მოცულობას, სწრაფქმედებასა და ღირებულებას შორის კომპრომისი მეხსიერების იერარქიული სტრუქტურის საფუძველზე მიიღწევა.



სურ. 5.6. კომპაქტ-დისკური მოწყობილობა

მაქსიმალური სწრაფქმედებით და ღირებულებით ოპერატიული მეხსიერება გამოირჩევა, რომელშიც პროცესორის მიერ შესასრულებელი პროგრამები და შესაბამისი მონაცემები იტვირთება. თუმცა ოპერატიულ მეხსიერებაში პროგრამების და მონაცემების ხანგრძლივად შენახვა შეუძლებელია, რადგან კვების გამორთვისას ოპერატიული მეხსიერება მთლიანად სუფთავდება.

პროგრამების და მონაცემების შესანახად და სარეზერვო კოპირებისათვის გარე მეხსიერება გამოიყენება, რომლის კომპონენტები სხვადასხვა ტიპის დამგროვებლებია. ოპერატიულ მეხსიერებასთან შედარებით დამგროვებლები ნაკლები სწრაფქმედებით გამოირჩევიან, მაგრამ სამაგიეროდ ნაკლები ღირებულება და კომპიუტერის გა-

მორთვის შემდეგ ინფორმაციის შენახვის შესაძლებლობა აქვთ.

კომპიუტერის ჩართვისას და შემდგომში, მომხმარებლის ბრძანებების შესაბამისად, პროგრამები, სასურველი ფაილები და მონაცემები დამგროვებლებიდან ოპერატიულ მეხსიერებაში იტვირთება და პროცესორის მიერ მუშავდება. მუშაობის დასრულების შემდეგ და აუცილებლად კომპიუტერის გამორთვამდე მომხმარებელი მიღებულ შედეგებს ფაილის სახით გარე მეხსიერებაში (დამგროვებელში) ინახავს.

პერსონალური კომპიუტერის დამგროვებლების უმეტესობა სხვადასხვა ტიპის დისკური მოწყობილობებია, რომლებშიც ინფორმაცია მაგნიტურ და ოპტიკურ მატარებლებზე იწერება. თუმცა სხვა ტიპის დამგროვებლებიც არსებობს.

ინტერფეისი და სალტე

კომპიუტერის სხვადასხვა ბლოკებს, კომპიუტერსა და პერიფერიულ მოწყობილობებს შორის მონაცემების გაცვლა ინტერფეისების საშუალებით ხდება.

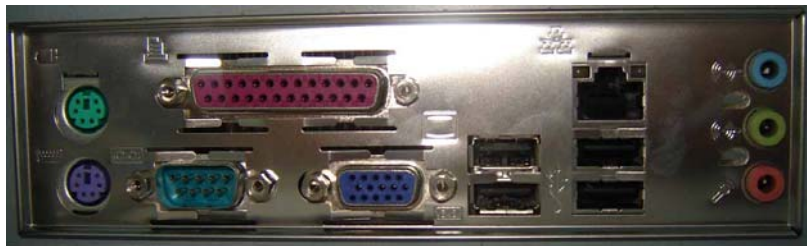
ტერმინი „ინტერფეისი“ აღნიშნავს მოწყობილობის სხვადასხვა მახასიათებლების ერთობლიობას, რომლებიც მასსა და სხვა მოწყობილობებს შორის ინფორმაციის გაცვლის ორგანიზაციას განაზღვრავენ. ასეთი მახასიათებლებია: ელექტრული და დროითი პარამეტრები, მმართველი სიგნალების ნაკრები, მონაცემთა გაცვლის პროტოკოლები, შეერთების კონსტრუქციული თავისებურებები და ა. შ.

ინტერფეისით მონაცემთა გაცვლა სიგნალების საშუალებით ხორციელდება. სიგნალების გადაცემა ხდება ელექტრული (ან ოპტიკური) ხაზებით, რომელთაც ინტერფეისის ხაზები ეწოდებათ. ხაზების ერთობლიობას, რომლებიც დაჯგუფებული არიან ფუნქციური დანიშნულების მიხედვით, ინტერფეისის სალტე ეწოდება.

პორტები

პორტი არის ინტერფეისი, რომლის საშუალებითაც კომპიუტერს უშუალოდ უკავშირდება პერიფერიული მოწყობილობა. 5.7 სურათზე წარმოდგენილია სისტემურ პლატაზე დამონტაჟებული პორტები.

PS2 Mouse Connector EPP/ECP Parallel Port RJ-45 LAN Connector



PS2 Keyboard Connector COM 1 Port VGA Connector USB Connectors Audio Connectors

სურ. 5.7 სისტემურ პლატაზე დამონტაჟებული პორტები

ვიდეოკონტროლერი

ვიდეოკონტროლერი (სურ. 5.8) აფორმირებს გამოსახულებას და მართავს ინფორმაციის მონიტორზე გამოსახვის პროცესს.



სურ. 5.8. ვიდეოკონტროლერი

აუდიოკონტროლერი

აუდიოკონტროლერი (სურ. 5.9) ახდენს „რთული“ ხმების გენერირებას. მას უკავშირდება აუდიოსისტემის სხვადასხვა კომპონენტი.



სურ. 5.9. აუდიოკონტროლერი

მოდემი

მოდემის საშუალებით კომპიუტერი სატელეფონო ხაზს უკავშირდება და უმეტესად ინტერნეტში ჩართვისთვის გამოიყენება.

ქსელური კონტროლერი

ქსელური კონტროლერის (NIC – Network Interface Card) (სურ. 5.10) საშუალებით კომპიუტერი კომპიუტერულ ქსელს უკავშირდება.



სურ. 5.10. ქსელური კონტროლერი

ვიდეოკონტროლერი, აუდიოკონტროლერი და ქსელური კონტროლერი წარმოადგენენ პლატა-ადაპტერებს, რომლებიც სისტემურ პლატაზე დაყენდება. არსებობს ისეთი სისტემური პლატებიც, რომლებსაც „ჩაშენებული“ კონტროლერები აქვთ. ამ შემთხვევაში სისტემის ღირებულება მკვეთრად მცირდება. თუმცა უნდა გაითვალისწინოთ, რომ პლატა-ადაპტერების (განსაკუთრებით ვიდეოკონტროლერის) ხარისხობრივი მაჩვენებლები „ჩაშენებული“ კონტროლერების ანალოგიურ მაჩვენებლებს მკვეთრად აღემატება.

კორპუსი

კორპუსში (Case) (სურ. 5.11) მოთავსებულია სისტემური პლატა, კვების ბლოკი, დისკური მოწყობილობები და პლატა-ადაპტერები, რომლებიც კონკრეტული პერიფერიული მოწყობილობების მართვას ახორციელებენ.



სურ. 5.11. კომპიუტერის კორპუსი

კვების ბლოკი

კვების ბლოკი (სურ. 5.12) გამოიმუშავებს სამუშაო ძაბვებს, რომლებიც კომპიუტერის სხვადასხვა კომპონენტს მიეწოდება.



სურ. 5.12. კვების ბლოკი

კლავიატურა

კლავიატურა (სურ. 5.13) კომპიუტერში ინფორმაციის სტანდარტული შემყვანი მოწყობილობაა. კომპიუტერული ტექნიკის განვითარების განმავლობაში მხოლოდ მცირე ცვლილებები განიცადა.



სურ. 5.13. კლავიატურა

„მაუსი“

„მაუსი“ (სურ. 5.14) ეკრანზე კურსორის პოზიციონირების ძირითადი საშუალებაა. გრაფიკული გარსების გავრცელებასთან ერთად ის იქცა კომპიუტერის სტანდარტული კონფიგურაციის განუყოფელ ნაწილად.



სურ. 5.14. „მაუსი“

სხვა ტიპის მანიპულატორების გამოშვების მიუხედავად „მაუსის“ დომინირებადი როლი არ შეცვლილა. ამჟამად უმეტესად ოპტიკური „მაუსები“ გამოიყენება.

VI თავი პროცესორი

პროცესორი (სურ. 6.1) (*Central Processor Unit – CPU*) პერსონალური კომპიუტერის ცენტრალური მოწყობილობაა. მისი დანიშნულებაა პროგრამის შესრულება. პროცესორი ასრულებს ძირითად გამოთვლით ოპერაციებს, მართავს და აკონტროლებს სამუშაო პროცესს.



სურ. 6.1. პროცესორი

IBM სტანდარტის კომპიუტერებისთვის პროცესორების ძირითადი მწარმოებელი ფირმაა *Intel*. პერსონალური კომპიუტერებისთვის პროცესორებს აგრეთვე აწარმოებს ფირმა *AMD* (*Advanced Micro Devices*).

6.1. პროცესორის ძირითადი მახასიათებლები

პროცესორის წარმადობა შემდეგი ძირითადი პარამეტრებით ხასიათდება:

- ინტეგრაციის ხარისხი;
- სწრაფქმედება;
- დამუშავებული მონაცემების გარე თანრიგიანობა;
- დამუშავებული მონაცემების შიგა თანრიგიანობა;
- *Cache*-მეხსიერების მოცულობა.

ინტეგრაციის ხარისხი

მიკროსქემის ინტეგრაციის ხარისხი მასში მოთავსებული ტრანზისტორების რაოდენობით განისაზღვრება. თანამედროვე პროცესორი ათეულობით და ასეულობით მილიონ ტრანზისტორს შეიცავს.

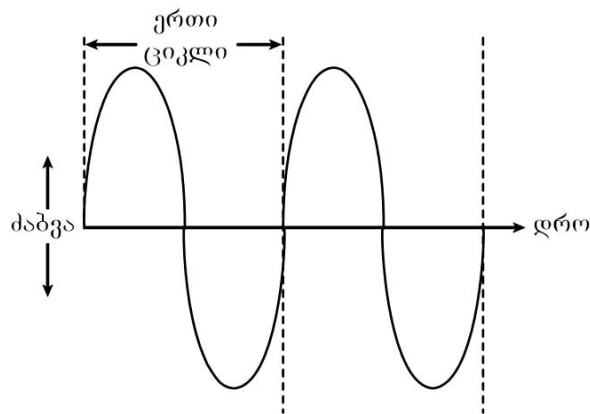
სწრაფქმედება

სწრაფქმედება პროცესორის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია. იგი მნიშვნელოვანწილადაა დამოკიდებული სატაქტო სიხშირეზე, რომელიც მეგაჰერცობით (მჰც) იზომება. სატაქტო სიხილების წარმოქმნას კალის კონტეინერში მოთავსებული კვარცის კრისტალი (სურ. 6.2) განაპირობებს, რომელსაც კვარცული რეზონატორი ეწოდება.



სურ. 6.2. კვარცული რეზონატორი

კვარცული რეზონატორი დამონტაჟებულია უშუალოდ სისტემურ პლატაზე ან ინტეგრირებულია სისტემური პლატის მიკროსქემების კრებულში. ელექტრული დაბვის გავლენით კვარცის კრისტალში ელექტრული დენი წარმოიქმნება, რომლის სიხშირეს კრისტალის ზომები და ფორმა განაპირობებს. სატაქტო სიგნალს სინუსოიდური ფორმა აქვს. სატაქტო სიხშირე იმპულსებს შორის მანძილით ანუ ციკლის ხანგრძლივობით განისაზღვრება (სურ. 6.3).



სურ. 6.3. სატაქტო სიგნალების გრაფიკული წარმოდგენა

გარდა კვარცული რეზონატორისა, ყველა კომპიუტერს აქვს სისტემური პლატის მიკროსქემების კრებულში ჩაშენებული სატაქტო გენერატორი (System Clock), რომელიც კვარცული რეზონატორიდან მოწოდებულ ანალოგურ, სინუსოიდური ფორმის სიგნალებს ციფრული ფორმის სიგნალებად გარდაქმნის (სურ. 6.4). სატაქტო გენერატორი კომპიუტერის სხვადასხვა კომპონენტის სინქრონულ, დროში ურთიერთშეთანხმებულ მუშაობას უზრუნველყოფს. სატაქტო გენერატორის მიერ განსაზღვრულ დროის უმცირეს მონაკვეთს ტაქტი ეწოდება. გენერატორის სატაქტო სიხშირე მძკ-ობით იზომება.



სურ. 6.4. ციფრული ფორმის სატაქტო სიგნალები

თანამედროვე მიკროსქემები, როგორც წესი, რამდენიმე მილიონი ან მილიარდი პერცის სიხშირეზე მუშაობენ. ერთი მეგაპერცი წამში ერთი მილიონი ციკლის ტოლფასია.

პირველ პერსონალურ კომპიუტერს ერთი სატაქტო გენერატორი ჰქონდა, რომელიც პროცესორის, ოპერატიული მეხსიერების და საღტეების სინქრონიზაციას 8 მძკ სიხშირით ახდენდა. პერსონალური კომპიუტერის განვითარებასთან ერთად აუცილებელი გახდა რამდენიმე სატაქტო გენერატორის გამოყენება. თანამედროვე პერსონალურ კომპიუტერებს, როგორც წესი, 4-5 სატაქტო გენერატორი აქვთ, რომლებიც სხვადასხვა სიხშირეზე, სინქრონულად მუშაობენ.

კომპიუტერის სხვა კომპონენტებს პროცესორი სისტემური სალტის (*FSB – Front Side Bus*) საშუალებით უკავშირდება. თანამედროვე კომპიუტერში პროცესორის სისტემური სალტის სიხშირეს რამდენჯერმე აღემატება. თუმცა კომპიუტერის სწრაფქმედების გაზრდის თვალსაზრისით სისტემური სალტის სატაქტო სიხშირის ზრდა პროცესორის სიხშირის ზრდასთან შედარებით მეტ ეფექტს იძლევა. ამიტომ, როდესაც სისტემის სატაქტო სიხშირეზე საუბრობენ, სწორედ სისტემური სალტის სიხშირეს მოიაზრებენ.

როგორც აღვნიშნეთ, პროცესორის, როგორც ლოგიკური მოწყობილობის უმცირეს სამუშაო დროით ერთეულს სატაქტო სიხშირის პერიოდი ანუ ტაქტი შეადგენს. ყოველი ოპერაციის შესრულებაზე მინიმუმ ერთი ტაქტი იხარჯება. ზოგჯერ პროცესორი მოლოდინის ციკლებსაც იყენებს. მოლოდინის ციკლი ისეთი ტაქტია, რომლის განმავლობაშიც არაფერი არ სრულდება. პროცესორი, როგორც წესი, ტოვებს თავისუფალ ციკლებს უფრო ნელი მოწყობილობებიდან სისტემური სალტით მისაწოდებელი მონაცემების მოლოდინში.

ამრიგად, სატაქტო სიხშირე პროცესორის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელია. იგი პროცესორის სწრაფქმედებას განსაზღვრავს.

თუმცა სატაქტო სიხშირე პროცესორის სწრაფქმედების ერთადერთი განმსაზღვრელი ფაქტორი არ არის. უდიდესი მნიშვნელობა აქვს პროცესორის არქიტექტურასაც. მაგალითად, თუ პირველი თაობის პროცესორები 1 ბრძანების შესასრულებლად 12 ტაქტს იყენებდნენ, თანამედროვე პროცესორები 1 ტაქტში მინიმუმ 3 ბრძანებას

ასრულებენ. მრავალბირთვიან პროცესორებში ეს მაჩვენებელი ბირთვების რაოდენობაზე მრავლდება.

თანამედროვე პროცესორების ეფექტურობის შეფასება კიდევ უფრო გართულდა, რადგან თავად არქიტექტურული განსხვავებები განაპირობებს ერთი პროცესორის ეფექტურობას მეორესთან შედარებით. რაც უფრო ნაკლებ ბრძანებას ასრულებს პროცესორი ერთ ციკლში, მით მეტი სატაქტო სიხშირე უნდა ჰქონდეს მას იგივე სწრაფქმედების მისაღწევად (და პირიქით).

განსხვავებული არქიტექტურის პროცესორების მიერ ბრძანებები სხვადასხვანაირად სრულდება. ერთი და იგივე ბრძანება სხვადასხვა პროცესორის მიერ შეიძლება უფრო სწრაფად, ან უფრო ნელა შესრულდეს. ამიტომ სხვადასხვა შიგა არქიტექტურის და სატაქტო სიხშირის პროცესორების სწრაფქმედების შედარებითი ანალიზისთვის *Intel*-მა ეტალონური ტესტების სპეციალური *iCOMP (Intel Corporative Microprocessor Performance)* კრებულები შეიმუშავა, რომლებიც პროცესორის ფარდობითი ეფექტურობის სგაზომის საშუალებას იძლევა.

მონაცემთა გარე თანრიგიანობა

პროცესორი ოპერატიულ მეხსიერებასთან და სხვა მოწყობილობებთან მონაცემებს ცვლის სპეციალური მაგისტრალის საშუალებით, რომლებსაც სალტები ეწოდება.

სალტის უმნიშვნელოვანესი პარამეტრებია მისი თანრიგიანობა და სატაქტო სიხშირე. სწორედ ეს ორი პარამეტრი განსაზღვრავს დროის ერთეულში სალტით

გადაცემული ბიტების რაოდენობას ანუ სალტის გამტარუნარიანობას.

თანამედროვე პროცესორების უმეტესობას 64-თანიანი მონაცემთა სალტე აქვს, თუმცა ეს იმას არ ნიშნავს, რომ ყველა პროცესორი 64-თანიანია. *Pentium 4* პროცესორების დიდი ნაწილის შიგა რეგისტრები 32-თანიანია, რაც მხოლოდ 32-თანიანი ბრძანებების დამუშავების შესაძლებლობას იძლევა.

მონაცემების შიგა თანიანობა

მონაცემების შიგა თანიანობა განსაზღვრავს ბიტების რაოდენობას (16, 32, ან 64), რამდენიც პროცესორის მიერ ერთი ოპერაციის განმავლობაში შეიძლება დამუშავდეს.

მონაცემების შიგა თანიანობას პროცესორის შიგა რეგისტრების თანიანობა განსაზღვრავს. რეგისტრი პროცესორში არსებული მესხიერების უჯრედია. მაგალითად, პროცესორს შეუძლია ერთმანეთს მიუმატოს რიცხვები, რომლებიც ორ სხვადასხვა რეგისტრშია ჩაწერილი, ხოლო შედეგი მესამე რეგისტრში შეინახოს. 64-თანიანი შიგა რეგისტრების მქონე პროცესორს შეუძლია 64-თანიანი ბრძანებების შესრულება, რომლებიც 64-თანიანი მონაცემებს ამუშავებენ, ხოლო 32-თანიანი რეგისტრების მქონე პროცესორს ამის გაკეთება არ შეუძლია.

დაწვებული *Intel 386*-დან *Pentium 4*-ის ჩათვლით, პროცესორებს 32-თანიანი რეგისტრები აქვთ. *Core 2*-ს, *Itanium*-ს და ბევრ სხვა თანამედროვე პროცესორს როგორც 32-, ისე 64-თანიანი რეგისტრები აქვთ. ამიტომ მათ მუშა-

ობა შეუძლიათ როგორც 32-თანიანი პროგრამებთან, ისე მათ 64-თანიანი ვერსიებთან.

Pentium 4 პროცესორებში გარე მონაცემთა სალტე 64-თანიანია, ხოლო შიგა რეგისტრები – 32-თანიანი. ასეთი აგებულება, ერთი მხრივ, უცნაურია, მაგრამ უნდა გაითვალისწინოთ, რომ ასეთ პროცესორებში ორი პარალელური 32-თანიანი კონვეიერი გამოიყენება. *Pentium* პროცესორი ორ 32-თანიანი პროცესორს ემსგავსება, რომლებიც ერთ კორპუსში არიან გაერთიანებული, ხოლო 64-თანიანი გარე სალტე 32-თანიანი შიგა რეგისტრების უფრო სწრაფად შევსების საშუალებას იძლევა. პროცესორს, რომელიც რამდენიმე კონვეიერს შეიცავს, სუპერსკალარული ეწოდება. სუპერსკალარული პროცესორი ერთ ციკლში რამდენიმე ბრძანებას ასრულებს.

Cache მესხიერება

Cashe მესხიერება მცირე მოცულობის, ზესწრაფი ოპერატიული მესხიერებაა. თავდაპირველად იგი *IBM AT-386* პერსონალურ კომპიუტერში გამოიყენეს.

Cashe მესხიერება მაღალსიჩქარიანი ბუფერია, რომელთანაც პროცესორი უშუალოდ ასრულებს მონაცემთა გაცვლას. *Cashe*-ის კონტროლერი წინასწარ განსაზღვრავს, თუ რა მონაცემები დასჭირდება პროცესორს და წინასწარ ჩატვირთავს მათ ძირითადი ოპერატიული მესხიერებიდან *Cashe* მესხიერებაში.

ამრიგად, მონაცემები პროცესორს არა შედარებით ნელი ძირითადი ოპერატიული მესხიერებიდან, არამედ ბე-

ვრად სწრაფი *Cache* მეხსიერებიდან მიეწოდება, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის პროგრამის შესრულების სიჩქარეს.

Cache მეხსიერების ეფექტურობას თანხვედრის კოეფიციენტი განსაზღვრავს. თანხვედრას მაშინ აქვს ადგილი, როდესაც პროცესორი მონაცემებს *Cache* მეხსიერებიდან კითხულობს. თუ *Cache* კონტროლერმა ვერ უზრუნველყო პროცესორისთვის საჭირო მონაცემების ძირითადი ოპერატიული მეხსიერებიდან *Cache* მეხსიერებაში ჩატვირთვა, პროცესორი იძულებულია მონაცემები ძირითადი ოპერატიული მეხსიერებიდან წაიკითხოს, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს პროგრამის შესრულების სიჩქარეს.

შედარებით დაბალი სწრაფქმედების მქონე ოპერატიულ მეხსიერებაზე მიმართვების შესამცირებლად თანამედროვე კომპიუტერებში სამი ტიპის *Cache* მეხსიერება გამოიყენება:

- პირველი დონის (*L1*) *Cache* მეხსიერება;
- მეორე დონის (*L2*) *Cache* მეხსიერება;
- მესამე დონის (*L3*) *Cache* მეხსიერება;

L1 *Cache* მეხსიერებას შიგა ან ჩაშენებულ *Cache*-საც უწოდებენ, რადგან იგი ჩაშენებულია (ინტეგრირებულია) პროცესორის მიკროსქემაში და პროცესორის განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს. *L1* *Cache* კომპიუტერის ყველაზე სწრაფი მეხსიერებაა, რადგან პროცესორის სიხშირეზე მუშაობს. *L1* *Cache* მეხსიერება *Intel 486*-ის და უფრო თანამედროვე პროცესორების განუყოფელი ნაწილია.

L2 *Cache* მეხსიერებას აგრეთვე გარე ან მეორეულ *Cache*-საც უწოდებენ. იგი ძირითად ოპერატიულ და *L1* *Cache* მეხსიერებას შორის ბუფერული მეხსიერების როლს ასრულებს. *Pentium I*-ში *L2* *Cache* სისტემურ პლატაზე,

პროცესორის გვერდით ყენდებოდა და სისტემური პლატის სიხშირეზე მუშაობდა.

Pentium II-ში *L2* *Cache* მოთავსებულია კერტრიჯში პროცესორთან ერთად, უკავშირდება მას გამოყოფილი ხაზით და პროცესორის 1/3-1/2 სიხშირეზე მუშაობს.

1999 წლიდან *Pentium III*-ში *L2* *Cache* პროცესორის განუყოფელი ნაწილი გახდა ანუ მოხდა მისი *L1* *Cache*-თან ერთად ჩაშენება (ინტეგრაცია) პროცესორის მიკროსქემაში.

ამრიგად, ყველა თანამედროვე პროცესორი ინტეგრირებულ *L1* და *L2* *Cache* მეხსიერებებს შეიცავს, რომლებიც პროცესორის სიხშირეზე მუშაობენ.

L1 და *L2* *Cache* მეხსიერების პროცესორის მიკროსქემაში ჩაშენების შესაძლებლობა მიკროსქემების ინტეგრაციის ხარისხის განუწყვეტელმა ზრდამ განაპირობა.

ბევრი ძვირადღირებული პროცესორი, რომელიც მაღალწარმადული სათამაშო და სერვერული სისტემებისთვისაა განკუთვნილი, მესამე დონის – *L3* *Cache* მეხსიერებას შეიცავს. *L3* *Cache* მეხსიერება ძირითად ოპერატიულ და *L2* *Cache* მეხსიერებას შორის ბუფერული მეხსიერების როლს ასრულებს.

კომპანია *Intel*-მა *L3* *Cache*-ით აღჭურვა *Pentium 4 Extreme Edition*, *Xeon* და *Itanium* პროცესორები. თანამედროვე სამაგიდო პროცესორები, მათ შორის *Core 2* და *Core 2 Extreme edition* შეიცავენ არა *L3* *Cache*-ს, არამედ გაზრდილი მოცულობის *L2* *Cache* მეხსიერებას. თუმცა მომავალში *L3* *Cache* მეხსიერება ალბათ ყველა პროცესორის განუყოფელი ნაწილი იქნება.

6.2. პროცესორის მუშაობის რეჟიმები

პროცესორის მუშაობის სამი ძირითადი რეჟიმი არსებობს:

- რეალური რეჟიმი (16-თანრიგა პროგრამული უზრუნველყოფა);
- IA (Intel Architecture)-32 რეჟიმი (32-თანრიგა პროგრამული უზრუნველყოფა);
- გაფართოებული 64-თანრიგა რეჟიმი – IA-32e (enhanced). (აგრეთვე ეწოდება IA-64, x86-64, EM64T):

რეალური რეჟიმი

რეალური რეჟიმი (Real Mode) პირველი IBM პერსონალური კომპიუტერის პროცესორის (Intel 8086/88) შესაძლებლობებს შეესაბამება. იგი 16-თანრიგა პროგრამული უზრუნველყოფაა, რომელიც მხოლოდ 1 მბაიტი მეხსიერების დამისამართების შესაძლებლობას იძლევა. Ms-Dos-ის გარემოს პროგრამებთან შეთავსებადობის უზრუნველყოფის მიზნით თანამედროვე პროცესორებსაც შეუძლიათ ოპერაციული სისტემა Ms-Dos-ის გარემოში, რეალურ რეჟიმში მუშაობა. ბუნებრივია, ამ დროს პროცესორის მინიმალური შესაძლებლობები გამოიყენება.

რეალურ რეჟიმში რამდენიმე პროგრამის ერთდროული შესრულება შეუძლებელია, რადგან ერთი პროგრამის მონაცემების მეორე პროგრამის მონაცემებისაგან დაცვა არ არის გათვალისწინებული.

IA-32 (32-თანრიგა) რეჟიმი

IA-32 რეჟიმი ორ ქვერეჟიმს მოიცავს:

- დაცული რეჟიმი (32-თანრიგა პროგრამული უზრუნველყოფა);
- ვირტუალური რეალური რეჟიმი (16-თანრიგა პროგრამული უზრუნველყოფა 32-თანრიგა გარემოში).

დაცული რეჟიმის რეალიზაცია მოხდა პროცესორის შემდეგ მოდელში – Intel 80286. პროცესორს 16 მბაიტი ფიზიკური და 1 გბაიტი ვირტუალური მეხსიერების დამისამართება შეუძლია. თანამედროვე პროცესორები დაცულ რეჟიმში ბევრად უფრო მეტი მოცულობის ოპერატიულ მეხსიერებასთან მუშაობენ. ოპერატიული მეხსიერების მაქსიმალურ მოცულობას კომპიუტერის აპარატურული უზრუნველყოფა და დაყენებული ოპერაციული სისტემა განსაზღვრავს. ჩვეულებრივ იგი 4 გბაიტს შეადგენს. თუ ოპერატიული (ფიზიკური) მეხსიერება მთლიანად დატვირთულია, მონაცემები დროებით ვინჩესტერში (ვირტუალური მეხსიერება) ინახება. ამრიგად, პროცესორი არა რეალურ, არამედ ვირტუალურ, ფიზიკურად არარსებულ ოპერატიულ მეხსიერებასთან მუშაობს.

დაცული რეჟიმი 32-თანრიგა პროგრამული უზრუნველყოფაა. იგი რამდენიმე პროგრამის ერთდროული შესრულების შესაძლებლობას (Multitasking) უზრუნველყოფს. ყოველი პროგრამის შესრულებას დროის ფიქსირებული კვანტები ეთმობა, თუმცა მომხმარებელს ისეთი შთაბეჭდილება ექმნება, თითქოს ყველა პროგრამა ერთდროულად სრულდება.

16-თანრიგა პროგრამებთან შეთავსებადობის უზრუნველსაყოფად 32-თანრიგა ოპერაციული სისტემა ვირტუალურ რეალურ რეჟიმს იყენებს.

დაწყებული CPU Intel 80386-დან, ყველა პროცესორს შეუძლია რამდენიმე (მაქსიმუმ 256) Intel 8086/88 პროცესორის ემულაცია. ყოველ პროგრამას, რომელიც ვირტუალური რეალური რეჟიმის ფანჯარაში სრულდება, მხოლოდ 1 მბაიტი მოცულობის ოპერაციული მეხსიერების გამოყენება შეუძლია.

ვირტუალურ რეჟიმში შესაძლებელია მრავალმომხმარებლიანი სისტემის რეალიზაცია და სხვადასხვა ოპერაციული სისტემის ჩატვირთვა. თითოეულ პროგრამას ერთი ვირტუალური პროცესორი გამოეყოფა. იზრდება ჩატვირთული გამოყენებითი პროგრამების შესაძლებელი რაოდენობაც.

გაფართოებული 64-თანრიგა IA-32e რეჟიმი

ამჟამად პერსონალური კომპიუტერის განვითარებაში ახალი „ნახტომი“ შეინიშნება. Intel-მა წარმოადგინა Intel IA-64 (Intel Architecture 64 bit) არქიტექტურა და გამოუშვა შესაბამისი სერვერული პროცესორები – Itanium და Itanium 2. ბოლო პერიოდში 64-თანრიგა პროცესორების სპექტრი მნიშვნელოვნად გაფართოვდა. იწარმოება 64-თანრიგა როგორც სერვერული, ასევე სამაგიდო პროცესორებიც.

სამწუხაროდ IA-64 არქიტექტურა IA-32 არქიტექტურის გაფართოებას არ წარმოადგენს. იგი აბსოლუტურად ახალი არქიტექტურაა და შეუთავსებელია არსებულ 32-

თანრიგა არქიტექტურასთან. IA-64 მხარს უჭერს IA-32-ის ემულაციას, თუმცა 32-თანრიგა პროგრამულ გარემოში სისტემის წარმადობა არ იზრდება.

64-თანრიგა გამოთვლების ჩასატარებლად საჭიროა 64-თანრიგა ოპერაციული სისტემა და დრაივერები. ამ მიზნით Microsoft-მა გამოუშვა 64-თანრიგა ოპერაციული სისტემები:

- Windows XP 64-bit Edition for Itanium;
- Windows XP Professional x64 Edition;
- Windows Vista 64-bit;
- Windows 7.0 64-bit.

არსებობს თანამედროვე მოწყობილობების 64-თანრიგა დრაივერებიც.

გაფართოებული 64-თანრიგა IA-32e რეჟიმი ორ ქვერეჟიმს მოიცავს:

- 64-თანრიგა რეჟიმი (64-თანრიგა პროგრამული უზრუნველყოფა).
- შეთავსებადობის რეჟიმი (32-თანრიგა პროგრამული უზრუნველყოფა)

64-თანრიგა რეჟიმში 64-თანრიგა ოპერაციული სისტემა 64-თანრიგა გამოყენებით პროგრამებს ასრულებს. დამატებულია რამდენიმე ახალი ფუნქცია:

- 4 გბაიტზე მეტი მოცულობის ძირითადი ოპერაციული მეხსიერების მხარდაჭერა (პროცესორის და სისტემური პლატის მხრიდან შეიძლება გარკვეულ შეზღუდვებს ჰქონდეს ადგილი);
- პროცესორს აქვს დამატებითი 64-თანრიგა საერთო დანიშნულების GPR (General-Purpose Register) რეგისტრები;

- პროცესორს ნაკადური მონაცემებისთვის აქვს 8 დამატებითი რეგისტრი *SIMD (MMX, SSE, SSE2, SSE3)*.

შეთავსებადობის რეჟიმში 64-თანრიგა ოპერაციული სისტემა 32-თანრიგა და 16-თანრიგა გამოყენებით პროგრამებს ასრულებს. სამწუხაროდ, ძველ 16-თანრიგა გამოყენებით პროგრამებს, რომლებიც ვირტუალურ რეალურ რეჟიმში მუშაობენ (*MS-DOS*-ის პროგრამები), 64-თანრიგა ოპერაციული სისტემა მხარს არ უჭერს, რამაც მომხმარებელს შეიძლება გარკვეული პრობლემები შეუქმნას.

ისევე როგორც 64-თანრიგა რეჟიმი, შეთავსებადობის რეჟიმშიც ავტომატურად, ოპერაციული სისტემის მიერ, ცალკეული გამოყენებითი პროგრამებისთვის აქტიურდება, რაც 64-, 32- და 16-თანრიგა გამოყენებითი პროგრამების ერთდროულად შესრულების შესაძლებლობას იძლევა.

VII თავი კომპიუტერის მესხიერება

მესხიერების დანიშნულებაა პერსონალურ კომპიუტერში გამოყენებული პროგრამების, მონაცემების და მიღებული შედეგების შენახვა.

პერსონალურ კომპიუტერში სამი ძირითადი ტიპის მესხიერება გამოიყენება:

- მუდმივი მესხიერება;
- ოპერატიული მესხიერება;
- გარე მესხიერება (დამგროვებლები).

7.1. მუდმივი მესხიერება

მუდმივი მესხიერება კვებისგან დამოუკიდებელი მესხიერებაა, რომელიც კვების გამორთვის შემდეგაც ინარჩუნებს ინფორმაციას. მუდმივ მესხიერებაში ფირმა-დამამზადებლის მიერ იწერება პროგრამა *BIOS (Basic input-output system – შეყვანა-გამოყვანის საბაზო სისტემა)*. *IBM* სტანდარტის პერსონალური კომპიუტერებისთვის *BIOS*-ს *American Megatrends Inc. (AMI)*, *Award Software* და *Phoenix Software* კომპანიები აწარმოებენ.

ნებისმიერ სისტემურ პლატაზე მოთავსებულია მუდმივი მესხიერების მიკროსქემა (სურ. 7.1), რომელშიც ჩაწერილია პროგრამა *BIOS*. *BIOS* შეიცავს სასტარტო პროგრამებს და დრაივერებს, რომლებიც აუცილებელია სისტემის საწყისი ფუნქციონირებისათვის. *BIOS* აგრეთვე შეიცავს *POST* (თვითტესტირება კომპიუტერის ჩართვის

დროს) პროცედურას და სისტემური კონფიგურაციის მონაცემებს (*BIOS Setup*). თუმცა ეს უკანასკნელი არა მუდმივი მეხსიერების მიკროსქემაში, არამედ სისტემური პლატის მიკროსქემების კრებულის (*Chipset*) ერთ-ერთ მიკროსქემაში იწერება, რომელიც ე.წ. *CMOS*-მეხსიერებას შეიცავს.



სურ. 7.1. სისტემურ პლატაზე დაყენებული მუდმივი მეხსიერების მიკროსქემა

BIOS Setup-ის მუდმივი მეხსიერების გარეთ შენახვა იმ ფაქტორითაა განპირობებული, რომ მის კონფიგურირებას ადმინისტრატორი ასრულებს, ხოლო მუდმივ მეხსიერებაში, ჩვეულებრივ, ცვლილებების შეტანა შეუძლებელია.

CMOS-მეხსიერებას ხშირად *NVRAM (Non-Volatile RAM)*-საც უწოდებენ. კომპიუტერის გამორთვის შემდეგ

იგი სისტემურ პლატაზე დაყენებული ბატარეის საშუალებით იკვებება.

BIOS იტვირთება ავტომატურად, კომპიუტერის ჩართვისთანავე. თანმიმდევრობით სრულდება *BIOS*-ის შემდეგი ქვეპროგრამები:

- *POST* – პროცესორის, ოპერატიული მეხსიერების, სისტემური პლატის მიკროსქემების კრებულის, ვიდეო-ადაპტერის, დისკური მოწყობილობების და კლავიატურის კონტროლერების ტესტირების პროგრამა.
- *BIOS*-ის პარამეტრების დასაყენებელი პროგრამა (*Setup BIOS*) – სისტემის პარამეტრების კონფიგურირება. ეს პროცედურა მხოლოდ მომხმარებლის სურვილის შემთხვევაში, სპეციალურ კლავიშებზე დაჭერით სრულდება. მაგალითად, *Award BIOS* ამ მიზნით *Delete* კლავიშს, ან *Ctrl-Alt-Esc* კლავიშების კომბინაციას იყენებს.
- აპარატურული დრაივერები;
- ოპერაციული სისტემის ჩამტვირთავი – ქვეპროგრამა, რომელიც ეძებს ჩამტვირთავ სექტორებს დისკურ მოწყობილობებში. ასეთი სექტორის აღმოჩენისას შესაბამისი დისკიდან (ჩვეულებრივ ვინჩესტერიდან) იტვირთება ოპერაციული სისტემა.

POST პროცედურის შესრულებისას შესაძლებელია რამდენიმე შედეგის მიღება:

- ყველაფერი წესრიგშია. ამ შემთხვევაში ავტომატურად გაგრძელდება *BIOS*-ის შემდეგი პროცედურების შესრულება;
- აღმოჩენილია არაფაქტალური შეცდომა (შეცდომის მიუხედავად კომპიუტერს შეუძლია მუშაობის გაგრძელება). ამ შემთხვევაში ეკრანზე გამოჩნდება შეტყო-

ბინება შეცდომის შესახებ და მუშაობის გაგრძელების შემოთავაზება. დასტურად მომხმარებელი თითო აჭერს, ჩვეულებრივ, *FI* კლავის;

- აღმოჩენილია ფატალური შეცდომა (ამ შეცდომით კომპიუტერს მუშაობის გაგრძელება არ შეუძლია). ამ შემთვევაშიც ეკრანზე გამოჩნდება შეტყობინება შეცდომის შესახებ, რომლის მიხედვითაც უნდა გამოირთოს კომპიუტერი და აღმოიფხვრას შეცდომის მიზეზი;
- ეკრანი შავია. თუ გამოვრიცხავთ ვიდეოსისტემის შეცდომას, ადგილი აქვს სერიოზულ დაზიანებას. შეიძლება საჭირო გახდეს სისტემური პლატის, პროცესორის, მუდმივი ან ოპერატიული მეხსიერების შეცვლა.

BIOS აქვს არა მარტო სისტემურ პლატას, არამედ სხვადასხვა კონტროლერსაც, მაგალითად, ვიდეოპლატას, აუდიოპლატას, მოდემს და ა.შ. კონტროლერების *BIOS*-ები ინდივიდუალურ დრაივერებს წარმოადგენენ და სისტემური *BIOS*-ის დრაივერების ჩატვირთვის შემდეგ იტვირთებიან ოპერატიულ მეხსიერებაში.

BIOS-ის დრაივერებს დაბალი დონის დრაივერებსაც უწოდებენ, რადგან ისინი შესაბამისი მოწყობილობების მხოლოდ მინიმალურ რეჟიმში მუშაობას უზრუნველყოფენ. ოპერაციული სისტემის ჩატვირთვის შემდეგ დაბალი დონის დრაივერები წყვეტენ მუშაობას და იტვირთება იმავე და სხვა მოწყობილობების მაღალი დონის დრაივერები. დაბალი დონის დრაივერები მხოლოდ ოპერაციული სისტემის დაცულ რეჟიმში (მაგალითად, *Windows safe Mode*) ჩატვირთვის შემთხვევაში მუშაობენ.

7.2. ოპერატიული მეხსიერება

ოპერატიული მეხსიერება ანუ მეხსიერება ნებისმიერი მიმართვით (*Random Access Memory, RAM*) კვებაზე დამოკიდებული მეხსიერებაა. მასში ის აქტიური პროგრამები და მონაცემები იწერება, რომლებიც პროცესორის მიერ მუშავდება. ოპერატიული მეხსიერება ინფორმაციის დროებითი საცავია. კომპიუტერის გამორთვის ან გადატვირთვის შედეგად ოპერატიული მეხსიერება მთლიანად სუფთავდება.

ოპერატიულ მეხსიერებაში იწერება არა მარტო პროგრამები და მონაცემები, არამედ მომხმარებლის მიერ მიღებული შედეგებიც. პროგრამიდან გამოსვლისას პროგრამა მეხსიერებიდან წაიშლება, ამიტომ პროგრამიდან გამოსვლამდე ან კომპიუტერის გამორთვა-გადატვირთვამდე მიღებული შედეგები წინასწარ უნდა შეინახოს გარე მეხსიერებაში (ჩვეულებრივ ვინჩესტერზე) სამომხმარებლო ფაილის სახით.

ოპერატიულ მეხსიერებაში თანმიმდევრობით იტვირთება შემდეგი პროგრამები:

1. პროგრამა *POST*;
2. დაბალი დონის დრაივერები;
3. ოპერაციული სისტემა ვინჩესტერიდან. თუ ვინჩესტერზე ოპერაციული სისტემა არ არის დაინსტალირებული, ან დაზიანებულია, ჩატვირთვა უნდა მოხდეს სხვა დისკური მოწყობილობიდან, რისთვისაც *CMOS Setup*-ში შესაბამისი კონფიგურირება უნდა შესრულდეს;
4. ოპერაციული სისტემის მაღალი დონის დრაივერები. ამ დროს დაბალი დონის დრაივერები წყვეტენ ფუნქციონირებას.

5. ის პროგრამები, რომლებსაც გამოიძახებს მომხმარებელი;
6. პროგრამებში მუშაობისას მიღებული შედეგები.
ბუნებრივია, ოპერატიულ მეხსიერებაში ჩატვირთულ პროგრამებს პროცესორი ამუშავებს.

ოპერატიული მეხსიერების მიკროსქემების ტექნოლოგიური ტიპები

პერსონალურ კომპიუტერში ოპერატიული მეხსიერების მიკროსქემების ორი ძირითადი ტექნოლოგიური ტიპი გამოიყენება:

- დინამიური მეხსიერება – *DRAM (Dynamic RAM)*;
- სტატიკური მეხსიერება – *SRAM (Static RAM)*.

დინამიური მეხსიერება

დინამიური მეხსიერების უპირატესობა ინფორმაციის მჭიდრო განლაგებაა. მცირე ზომის მიკროსქემაში შესაძლებელია დიდი მოცულობის მეხსიერების რეალიზაცია.

დინამიური მეხსიერების უჯრედები მცირე ზომის კონდენსატორებს წარმოადგენს. ბიტები კონდენსატორებში მუხტების არსებობით და არარსებობით კოდირდება. კონდენსატორებს მუხტის თანდათანობითი „გაჟონვა“ ახასიათებს, ამიტომ აუცილებელია პროცესორის მიერ მეხსიერების უჯრედების პერიოდული რეგენერაცია. სწორედ აქედან გამომდინარეობს ტერმინი „დინამიური“.

დინამიური მეხსიერების დადებითი თვისებებია დაბალი ღირებულება და მაღალი ინტეგრაციის ხარისხი,

ხოლო უარყოფითი თვისებებია შედარებით დაბალი სწრაფქმედება.

ამჟამად უმეტესად *SDRAM (Synchronous DRAM)* ტიპის მიკროსქემები გამოიყენება. მათი მუშაობის სიხშირე პროცესორის საღტის სიხშირესთანაა სინქრონიზებული.

სტატიკური მეხსიერება

სტატიკური მეხსიერება (*Static RAM – SRAM*), დინამიურისგან განსხვავებით, უჯრედების რეგენერაციას არ საჭიროებს. სტატიკურ მეხსიერებაში ყოველი ბიტის შესანახად ექვსი ტრანზისტორისგან შემდგარი სქემა გამოიყენება. სტატიკური მეხსიერება ბევრად სწრაფია დინამიურ მეხსიერებასთან შედარებით, მაგრამ ინტეგრაციის ნაკლები ხარისხით და მაღალი ღირებულებით გამოირჩევა.

თანამედროვე პერსონალურ კომპიუტერში ორი სახის ოპერატიული მეხსიერება გამოიყენება:

- ძირითადი ოპერატიული მეხსიერება;
- *Cache* -მეხსიერება.

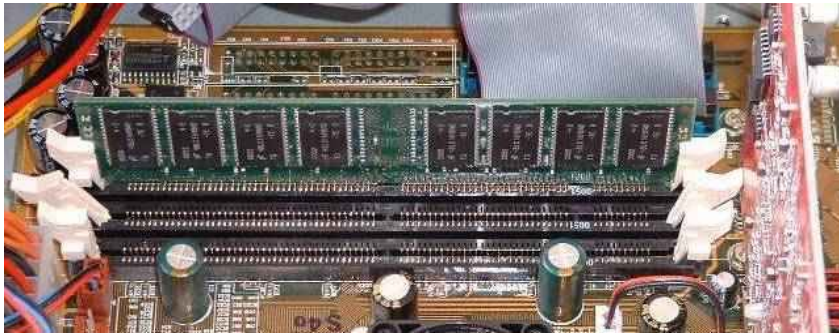
ძირითადი ოპერატიული მეხსიერება რეალიზებულია დინამიური მეხსიერების მიკროსქემების ბაზაზე, ხოლო *Cache* მეხსიერება – სტატიკური მეხსიერების მიკროსქემების ბაზაზე.

ძირითადი ოპერატიული მეხსიერების დაყენება

ნებისმიერი სისტემური პლატა მხოლოდ განსაზღვრული სტანდარტისა და სიხშირის მეხსიერების მოდულებს უჭერს მხარს. მაგალითად, თუ სისტემურ პლატაზე

DDR2 SDRAM სლოტებია დამონტაჟებული, შესაძლებელია მხოლოდ DDR2 SDRAM და არა სხვა სტანდარტის მოდულების დაყენება. მაგრამ უნდა გავითვალისწინოთ, რომ დაბალი სიხშირის მოდულები შეიძლება შეიცვალოს მაღალი სიხშირის მოდულებით, პირიქით კი – არა.

მოდულის სწორად დაყენების შემთხვევაში ამომგდებები მას გვერდითი გასადებების საშუალებით აფიქსირებენ (სურ. 7.2). მოდულის შემთხვევითი ამოვარდნა შეუძლებელია. შემდგომში მოდულის სლოტიდან ამოსადებად ამომგდებები წინასწარ უნდა გადაიწიოს.



სურ. 7.2. სლოტში დაყენებული მოდული

მეხსიერების მოდულებს ცენტრის მიმართ არასიმეტრიულად ამოჭრილი გასადებები აქვთ, რაც შეუძლებელს ხდის სლოტებში მათ არასწორად დაყენებას. მოდულის ჩასმისას სიფრთხილე უნდა დავიცვათ, რადგან ძლიერი დაჭერისას შესაძლებელია მოდულის ან სლოტის გატეხვა. თუ მოდული სლოტში არ ფიქსირდება, ის ან სხვა სტანდარტისაა, ან არასწორადაა ორიენტირებული.

VIII თავი ვიდეოკონტროლები და აუდიოკონტროლები

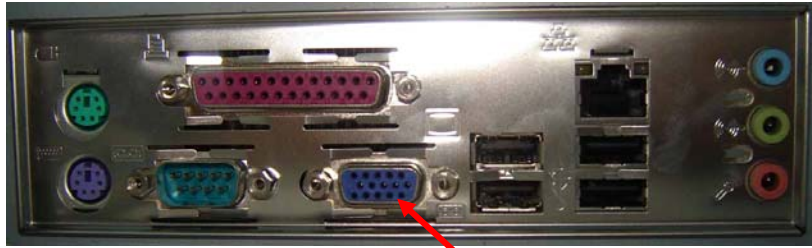
8.1. ვიდეოკონტროლები

მონიტორი ინფორმაციის ვიზუალური გამოსახვის საშუალებას წარმოადგენს. სიგნალები, რომელსაც იღებს მონიტორი (რიცხვები, სიმბოლოები, გრაფიკული ინფორმაცია, სინქრონიზაციის სიგნალები), ვიდეოკონტროლერის მიერ ფორმირდება. ამრიგად, მონიტორი და ვიდეოკონტროლერი ერთგვარ ტანდემს წარმოადგენს, რომელიც ოპტიმალური მუშაობისთვის შესაბამისად უნდა დარეგულირდეს.

ვიდეოკონტროლერი, ჩვეულებრივ, რეალიზებულია პლატა-ადაპტერის სახით (სურ. 8.1). თუმცა არსებობს ისეთი სისტემური პლატებიც, რომლებსაც „ჩაშენებული“ ვიდეოკონტროლერი (სურ. 8.2) აქვთ.



სურ. 8.1. ვიდეოპლატა



VGA
Connector

სურ. 8.2. სისტემურ პლატაში ჩაშენებული ვიდეოკონტროლერის გასართი

„ჩაშენებული“ ვიდეოკონტროლერის გამოყენება მკვეთრად ამცირებს სისტემის ღირებულებას. თუმცა უნდა გავითვალისწინოთ, რომ პლატა-ადაპტერების ხარისხობრივი მაჩვენებლები „ჩაშენებული“ კონტროლერების ანალოგიურ მაჩვენებლებს მკვეთრად აღემატება.

8.2. ვიდეორეჟიმები

მონიტორის ფუნქციონირების ორი რეჟიმი არსებობს: ტექსტური (*AN – alphanumeric*) და გრაფიკული (*APA – all pixels adressable*). მონიტორის მუშაობის რეჟიმს ვიდეოკონტროლერი განსაზღვრავს, რომელიც, თავის მხრივ შესაბამის ინსტრუქციებს იღებს ოპერაციული სისტემიდან და შესაბამისი დრაივერებიდან.

ტექსტურ რეჟიმში ეკრანი პირობითად სტრიქონებად და სვეტებად იყოფა. ამასთან ერთად, ყოველი ცალკეული უჯრედი პიქსელების მატრიცას წარმოადგენს.

თავად პიქსელი (*picture element*) მონიტორის ეკრანის მინიმალური ასახვადი ელემენტია.

გრაფიკულ რეჟიმში ეკრანის თითოეული პიქსელი ცალ-ცალკე იმართება, რაც ნებისმიერი ფორმის გამოსახულების გამოსახვის საშუალებას იძლევა.

ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ხაზების რაოდენობას, რომლის ასახვის შესაძლებლობაც მონიტორს გააჩნია, ეკრანის გარჩევისუნარიანობა (*resolution*) ეწოდება.

რაც უფრო მეტია ეკრანის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ხაზების რაოდენობა, მით მეტი პიქსელი გააჩნია ეკრანს და უფრო მაღალია მისი გარჩევისუნარიანობა. მეტი გარჩევისუნარიანობა მონიტორის ეკრანის ფართობის ერთულზე მეტი ინფორმაციის ასახვის შესაძლებლობას იძლევა. თუმცა მეტი გარჩევისუნარიანობა ყოველთვის არ განაპირობებს გამოსახულების უფრო მაღალ ხარისხს. ეკრანის გამოსახულება ინფორმაციული მანამ, სანამ გამოსახულების სიმჭიდროვე და მონიტორის გარჩევისუნარიანობა გამოსახულების ცალკეული დეტალების იდენტიფიცირების საშუალებას იძლევა.

პერსონალური კომპიუტერების განვითარებასთან ერთად ვიდეოსტანდარტებიც ვითარდებოდა. სხვადასხვა ვიდეოსტანდარტს შორის რეალიზებულია შეთავსებადობის პრინციპი ქვემოდან ზემოთ, რაც, სხვა ფაქტორებთან ერთად, თანამედროვე კომპიუტერში ძველი პროგრამების ჩატვირთვის შესაძლებლობასაც იძლევა.

სტანდარტი MDA

MDA (Monochrome Display Adapter) პერსონალური კომპიუტერის საწყის მოდელებში გამოიყენებოდა. ლუმი-

ნოფორის ნათების ფერიდან გამომდინარე ფერების შემდეგი კომბინაციები გამოიყენებოდა: მწვანე/შავი, ან თეთრი/შავი. *MDA* სტანდარტი გრაფიკულ რეჟიმს მხარს არ უჭერს და ეკრანზე მხოლოდ ტექსტური ინფორმაციის ასახვის საშუალებას იძლევა. მას ერთადერთი გარჩევისუნარიანობა გააჩნია – 80 სტრიქონი/25 სვეტზე. თითოეული სიმბოლოსთვის 9x14 პიქსელზე მატრიცა გამოიყენება. ამრიგად, მთლიანი გარჩევისუნარიანობაა – 720/350 პიქსელი.

სტანდარტი *VGA*

VGA (Video Graphic Array) თანამედროვე ვიდეოსტანდარტების საფუძველს წარმოადგენს. *VGA* სტანდარტის ვიდეოკონტროლერი *MDA* სტანდარტსაც ითავსებს. სტანდარტული *VGA* ვიდეოკონტროლერი 640/480 პიქსელი გარჩევისუნარიანობას უზრუნველყოფს 16 ან 256 ფერით. ფერების რაოდენობა დამოკიდებულია ვიდეომეხსიერების მოცულობაზე.

სტანდარტი *Super VGA (SVGA)*

გრაფიკაზე ორიენტირებული პროგრამები ბევრად უკეთ და სწრაფად მუშაობენ ეკრანის მაღალი გარჩევისუნარიანობის შემთხვევაში. ზოგიერთი პროგრამა არც კი ინსტალირდება, თუ დაყენებული გარჩევისუნარიანობა და ვიდეოკონტროლერი მის მოთხოვნებს არ შეესაბამება. ამიტომ *VGA* სტანდარტმა შემდგომი განვითარება პოვა ე.წ. *SVGA* სტანდარტის სახით. *SVGA* ერთიან სტანდარტს არ წარმოადგენს. ვიდეოკონტროლერები სხვადასხვა გარჩევისუნარიანობას გვთავაზობენ – 800/600, 1024/768,

1280/1024 და ა.შ. მიუხედავად განსხვავებისა, ყოველმაოგანს *SVGA* სტანდარტს მიაკუთვნებენ. *SVGA* ვიდეოკონტროლერების სხვადასხვა მწარმოებლის სპეციფიკაციები მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისგან, თუმცა *VGA* და *SVGA* ვიდეოკონტროლერების გასართები იდენტურია.

ფერების რეჟიმები

ჩვეულებრივი *VGA* ვიდეოკონტროლერის ვიდეომეხსიერებაში ჩაწერილი ინფორმაცია ვიდეოადაპტერის კონტროლერის მიერ 15, 16, 24, ან 36-თანრიგა სიტყვად გარდაიქმნება. ვიდეო კონტროლერის შედგენილობაში შედის ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელი, რომელიც მოცემულ ციფრულ ინფორმაციას ანალოგურ ფორმად გარდაქმნის და აწვდის მონიტორს.

ამჟამად ფერების სამი ძირითადი რეჟიმი გამოიყენება: *HiColor*, *Real Color*, *True Color*. მეხსიერებაში ჩაწერილი რიცხვი პირდაპირ გადაეცემა ციფრულ-ანალოგურ გარდამქმნელს, ამიტომ მოცემულ სიტყვაში ყოველი პიქსელისთვის ფერის ინფორმაცია სრული მნიშვნელობით ჩაიწერება.

HiColor

HiColor რეჟიმი აამოქმედებს $2^{15}=32768$ ფერისგან შემდგარ პალიტრას. თითოეული პიქსელისთვის გამოყოფილია 15 თანრიგი. თითოეული ფერის (წითელი, მწვანე, ლურჯი) გრადაციას 5-5 ბიტი ემსახურება.

Real Color

Real Color რეჟიმი მხარს უჭერს $2^{16}=65536$ ფერს. ეს რეჟიმი HiColor რეჟიმის ანალოგიურია, თუმცა ყოველი პიქსელის კოდირებისთვის არა 15, არამედ 16 ბიტია გამოყოფილი. ინფორმაციის განაწილება ფერებს შორის არათანაბარია. იგი ეფუძნება ადამიანის თვალის სპექტრულ მგრძობიარობას, რომელიც მაქსიმუმს აღწევს მწვანე ფერისთვის. სწორედ ამიტომ მწვანე ფერისთვის დამატებულია მე-6 ბიტი.

True Color

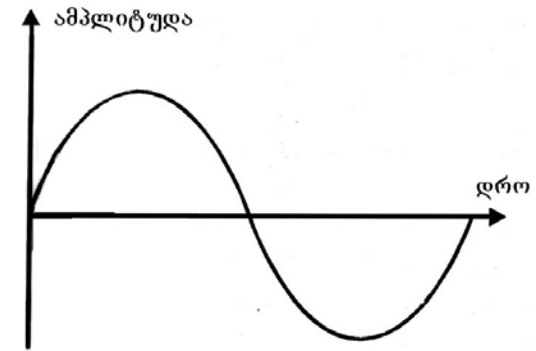
True Color რეჟიმი მხარს უჭერს $2^{24}=16,7$ მილიონ, ან 2^{32} ფერს. თითოეული პიქსელი 24 ან 32 თანრიგით კოდირდება. პირველ შემთხვევაში ყოველი ფერისთვის (წითელი, მწვანე, ლურჯი) 8-8 ბიტი, ხოლო მეორე შემთხვევაში წითელი და ლურჯი ფერებისთვის 10-10 ბიტი, ხოლო მწვანე ფერისთვის – 12 ბიტი გამოიყოფა.

ფერების რაოდენობის შემდგომ ზრდას აზრი არა აქვს, რადგან ადამიანის თვალი მხოლოდ 2 მილიონი ფერისგან შემდგარ პალიტრას აღიქვამს.

8.3. აუდიოსისტემა

ხმა ელექტრულ სიგნალს წარმოადგენს, რომელიც მიკროფონის, ან მიკროფონული გამაძლიერებლის გამოსასვლელის მემბრანაზე წნევის ცვლილების შედეგად მიიღება. 8.3 სურათზე წარმოდგენილია სინუსოიდა, რომელიც ახდენს ხმის ტალღოვანი ბუნების ასახვას. რაც შეეხება რეალურ ხმოვან სიგნალს, მისი რხევა რთულ

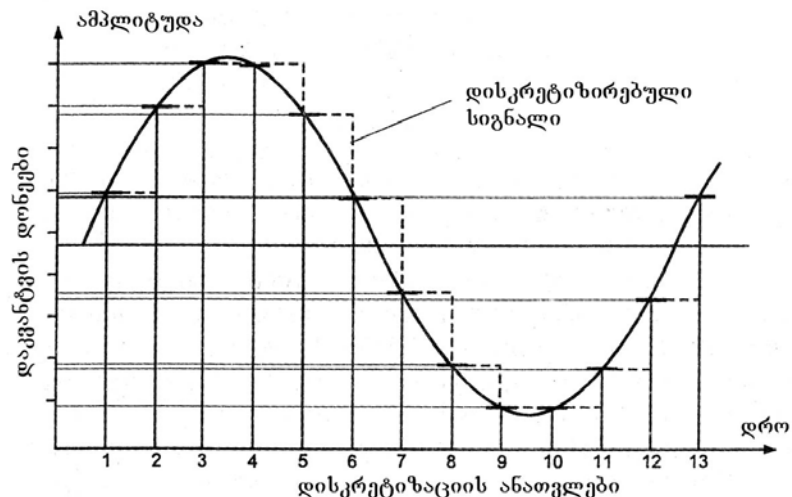
მრუდს წარმოადგენს, რომელიც სხვადასხვა ამპლიტუდის და სიხშირის რხევების ზედდებით მიიღება.



სურ. 8.3. ბგერითი სიგნალის სინუსოიდა

როგორც ცნობილია, კომპიუტერს მხოლოდ ციფრული ფორმით წარმოდგენილ ინფორმაციასთან შეუძლია მუშაობა, ამიტომ ანალოგური ხმოვანი სიგნალი ციფრულ ფორმად უნდა გარდაიქმნას. ამ მიზნით აუდიოკონტროლერში ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელი გამოიყენება.

ანალოგური სიგნალის ციფრული ფორმით წარმოდგენის დროს ამპლიტუდის ცვლილება ხდება დისკრეტულად და დროის ფიქსირებულ მონაკვეთებში, როდესაც ხდება გაზომვა. ამრიგად, გაზომილი მნიშვნელობები აღწერენ ანალოგურ (უწყვეტ) პროცესს, განსაზღვრავენ რამის მდგომარეობას დროის ფიქსირებულ მომენტებში დისკრეტული რიცხვების თანმიმდევრობით. გაზომვის ყოველ მომენტს დროითი შუალის მიხედვით სიგნალის ამპლიტუდის მომენტალური ციფრული მნიშვნელობა შეესაბამება. ხმოვანი სიგნალის ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნა წარმოდგენილია 8.4 სურათზე.



სურ. 8.4. ხმოვანი სიგნალის ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნა

სიხშირე, რომლითაც სიგნალი დისკრეტიზირდება, დისკრეტიზაციის სიხშირე (*Sampling Rate*) ეწოდება. რაც უფრო მცირეა დროითი ინტერვალები ცალკეულ გაზომვებს შორის, მით უფრო მაღალია დისკრეტიზაციის სიხშირე და მით უფრო ზუსტად აღიწერება ხმოვანი სიგნალი. პირუკუ გარდაქმნას აუდიოკონტროლერის ციფრულ-ანალოგური გარდაქმნელი, საკმაოდ მარტივად ასრულებს.

ანალოგური სიგნალის ციფრულ ფორმად გარდაქმნის უპირატესობა ის არის, რომ ამპლიტუდის გაზომილი მნიშვნელობები ციფრული ფორმითაა წარმოდგენილი, რომლებთანაც მუშაობა ხმის ხარისხის გაუარესების გარეშე სრულდება. ხოლო გარდაქმნის ხარისხი და საწყის ანალოგურ სიგნალთან ადეკვატურობა უკვე ისეთ პარამეტრებზეა დამოკიდებული, როგორცაა

დისკრეტიზაციის სიხშირე და ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნელის თანრივიანობა (*Digital sample*).

მუსიკალური კომპაქტ-დისკის ჩაწერისას მონაცემთა დისკრეტიზაცია 44100 ტაქტი/წმ სიხშირით სრულდება. ხმოვანი მონაცემების თითოეული ამორჩევა (*Sample*) მარცხენა და მარჯვენა არხების კომპონენტს (სტერეო) შეიცავს. არხის კომპონენტი 16-თანრივია რიცხვით წარმოდგინდება. ამრიგად, კომპონენტის 65536 სხვადასხვა მნიშვნელობის მიღებაა შესაძლებელი, რომელიც დროის განსაზღვრულ მომენტში არხის ხმოვანი ტალღების ამპლიტუდას შეესაბამება.

დისკრეტიზაციის სიხშირე განსაზღვრავს ხმოვანი სიხშირის დიაპაზონს, რომელიც შეიძლება მიღებულ იქნას ციფრული ჩაწერისას. რაც უფრო მაღალია დისკრეტიზაციის სიხშირე, მით უფრო ახლოა მიღებული შედეგი ორიგინალთან. ნაიკვისტ-კოტელნიკოვის თეორიის თანახმად, საწყისი სიგნალის ზუსტი აღდგენისათვის დისკრეტიზაციის სიხშირე ორჯერ მეტი უნდა იყოს ასარჩევთა შორის ყველაზე მაღალ სიხშირეზე.

ადამიანი მაქსიმუმ 20000 ჰც სიხშირის ხმოვან სიგნალს აღიქვამს. სწორედ ამიტომ მუსიკალური კომპაქტ-დისკების ჩაწერისას გამოიყენება დაახლოებით ორჯერ მეტი – 44100 ჰც – დისკრეტიზაციის სიხშირე.

IX თავი

კომპიუტარის ინტერფეისი. სალტე. პორტი

9.1. ინტერფეისების ზოგადი დახასიათება

ტერმინი „ინტერფეისი“ აღნიშნავს მოწყობილობის სხვადასხვა მახასიათებლის ერთობლიობას, რომელიც მასსა და სხვა მოწყობილობებს შორის ინფორმაციის გაცვლის ორგანიზაციას განსაზღვრავს. ასეთი მახასიათებლებია: ელექტრული და დროითი პარამეტრები, მმართველი სიგნალების კრებული, მონაცემთა გაცვლის პროტოკოლები, შეერთების კონსტრუქციული თავისებურებები და ა. შ.

ინტერფეისები პერსონალური კომპიუტერის ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტებს წარმოადგენენ. ინტერფეისების საშუალებით ხდება მონაცემების გაცვლა კომპიუტერის სხვადასხვა ბლოკებს, კომპიუტერსა და პერიფერიულ მოწყობილობებს შორის.

თანამედროვე პერსონალურ კომპიუტერებში გამოიყენება სტანდარტული ინტერფეისები, რაც მრავალი სხვადასხვა დანიშნულების, სწრაფქმედების, მუშაობის პრინციპებით განსხვავებული პერიფერიული მოწყობილობის კომპიუტერთან შეერთების საშუალებას იძლევა.

პერსონალური კომპიუტერის კომპონენტებს შორის მონაცემთა გაცვლა მხოლოდ მათი ინტერფეისების შეთავსებადობის შემთხვევაშია შესაძლებელი.

ინტერფეისების შეუთავსებლობის შემთხვევაში (მაგალითად, სისტემური სალტის და ვინჩესტერის ინტერფეისები), კონტროლერები გამოიყენება.

ინტერფეისით მონაცემთა გაცვლა სიგნალების საშუალებით ხორციელდება. სიგნალები გადაიცემა ელექტრული (ან ოპტიკური) ხაზებით, რომელთაც ინტერფეისის ხაზები ეწოდებათ. ფუნქციური დანიშნულების მიხედვით დაჯგუფებული ხაზების ერთობლიობას ინტერფეისის სალტე ეწოდება.

ინფორმაციის გადაცემა პარალელური და მიმდევრობითი ფორმითაა შესაძლებელი. შესაბამისად, სალტეებიც პარალელურ და მიმდევრობით სალტეებად იყოფა.

მიმდევრობით სალტეში მონაცემთა გადაცემას მხოლოდ ერთი ხაზი ემსახურება, თუმცა ხაზების საერთო რაოდენობა, როგორც წესი, მეტია. დამატებითი ხაზებით მმართველი და მასინქრონიზებული სიგნალები გადაიცემა.

პარალელური სალტით გადაიცემა მონაცემების m ბიტისაგან შემდგარი კვანტები. მონაცემის თითოეული კვანტი m ხაზით გადაიცემა. m სიდიდე სალტის თანრიგიანობას („სიგანეს“) განსაზღვრავს. პარალელური სალტეების თანრიგიანობა, როგორც წესი, 8-ის ჯერადია (ერთი ბაიტი) და შეიძლება 8, 16, 32, 64 და ა.შ. ბიტს შეადგენდეს.

თანამედროვე პერსონალურ კომპიუტერებში გამოიყენება როგორც პარალელური, ისე მიმდევრობითი სალტეები. კომპიუტერების განვითარების ადრეულ ეტაპებზე უპირატესობა პარალელურ სინქრონულ სალტეებს ეძლეოდა, რომელთა გამტარუნარიანობის ზრდა ძირითადად სალტის თანრიგიანობის და სამუშაო სიხშირის მომატებით მიიღწეოდა. მაგრამ ინტერფეისების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე სალტეების გამტარუნარიანობისადმი სულ უფრო მზარდმა მოთხოვნილებამ პარა-

ლელური სალტეების მიმდევრობითი სალტეებით თანდა-
თანობითი ჩანაცვლების ტენდენცია განაპირობა. ეს რამ-
დენიმე მიზეზითაა განპირობებული:

- პარალელურ ინტერფეისს გადაცემული სიგნალების ფაზური ძვრა ახასიათებს. ამიტომ პარალელური ინტერფეისის კაბელის სიგრძე და სამუშაო სისწირე ყოველთვის შეზღუდულია;
- მიმდევრობითი ინტერფეისი მცირე რაოდენობის გამტარებს იყენებს. ამიტომ შეფერხებები, რომლებიც მონაცემების გადაცემისას წარმოიქმნება, ბევრად ნაკლებია პარალელურ ინტერფეისთან შედარებით.
- მიმდევრობითი ინტერფეისის კაბელი ბევრად იაფია, რადგან რამდენიმე გამტარისგან შედგება და მოთხოვნები, რომლებიც მის ეკრანირებას წაყენება, პარალელური ინტერფეისის კაბელთან შედარებით ბევრად ნაკლებია.
- მაღალ სისწირეებზე მუშაობის დროს პარალელურ ინტერფეისს ძლიერი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება ახასიათებს;
- პარალელურ ინტერფეისში გამოყენებული მაღალი ძაბვის სიგნალების მიღება თანამედროვე, მაღალ სისწირეებზე მომუშავე მიკროსქემების გამოსასვლელებიდან გართულებულია;

თანამედროვე მიმდევრობითი სალტეების სამუშაო სისწირე განუწყვეტილად იზრდება და მომავალში 10 გპც-ს მიაღწევს, რაც ფიზიკური ზღვარია სპილენძის გამტარისთვის.

9.2. უნივერსალური სალტეები

უნივერსალური სალტეების საშუალებით კომპიუტერის ცენტრალურ ნაწილს პლატა-ადაპტერები უკავშირდება. სალტის კონსტრუქციულ რეალიზაციას სისტემურ პლატაზე არსებული გასართი (სლოტი) წარმოადგენს, რომელშიც უშუალოდ დაყენდება პლატა-ადაპტერები.

სალტე ISA-8 ბიტი

სალტე ISA (*Industry standart architecture* – სამრეწველო სტანდარტული არქიტექტურა) მრავალი წლის განმავლობაში იყო პერსონალური კომპიუტერის სტანდარტული უნივერსალური სალტე.

ISA სალტის პირველი სტანდარტი 8-ბიტის ვერსიია. იგი გვხვდება მხოლოდ IBM XT-86 მოდელის პერსონალურ კომპიუტერში. სალტე მუშაობს პროცესორის და სისტემური პლატის სისწირეზე – 4,77 მპც.

სალტეISA-16 ბიტი

ISA სტანდარტის შემდგომი განვითარება 16-ბიტის რიგა ISA (*AT-BUS*) სალტეა. AT-BUS სლოტი (კონტროლერის დასაყენებელი ადგილი) ორი ნაწილისგან შედგება. ერთი ნაწილი ზუსტად შეესაბამება 8-ბიტის ISA სლოტს, ხოლო მეორე ნაწილი იმ დამატებითი სიგნალებისათვისაა განკუთვნილი, რომლებსაც მხოლოდ 16-ბიტის კონტროლერები იყენებენ. ამრიგად, 16-ბიტის ISA სლოტში შესაძ-

ლებელია როგორც 8-, ისე 16-თანრიგა კონტროლერების დაყენება.

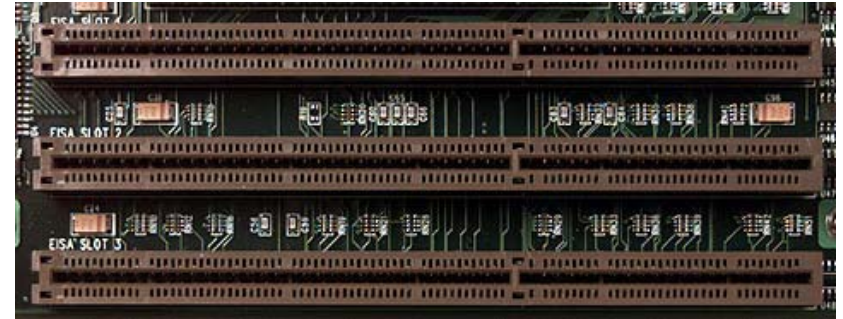
9.1 სურათზე წარმოდგენილია 8- და 16-თანრიგა ISA სალტების სლოტები.



სურ. 9.1. 8- და 16-თანრიგა ISA სალტების სლოტები

სალტე EISA-32 ბიტი

შეთავსებადობის დაცვისა და სალტის წარმადობის გაზრდის ერთდროულმა აუცილებლობამ საჭირო გახდა ISA სტანდარტის შემდგომი განვითარება. კომპიუტერის აპარატურული საშუალებების დამამზადებელი ცნობილი ფირმების (*Epson, Hewlett-Packard, NEC, Compaq, Wyse*) ხელმძღვანელობით დამუშავდა ISA სალტის გაფართოებული (*Extended*) 32-თანრიგა ვერსია – *EISA* (სურ. 9.2).



სურ. 9.2. 32-თანრიგა EISA სლოტი

EISA 32-თანრიგა სალტეა. ამიტომ, მიუხედავად დაბალი სიხშირისა (8,33 მჰც), მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე 33 მბაიტი/წმ-ს აღწევს.

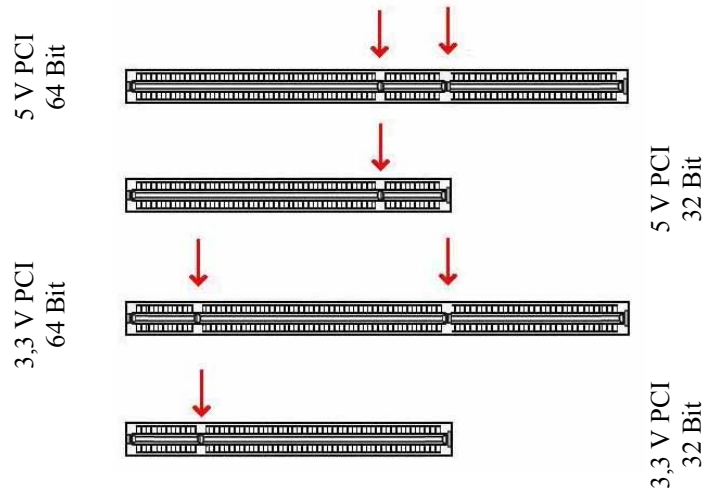
სალტე PCI

სალტე *PCI* (*Peripheral Component Interconnect* — პერიფერიული კომპონენტების დამაკავშირებელი) ფირმა *Intel*-მა დაამუშავა და თანამედროვე კომპიუტერებისთვის დეფაქტო სტანდარტს წარმოადგენს. თანამედროვე პლატა-კონტროლერების უმეტესობა *PCI* სტანდარტს მიეკუთვნება.

სტანდარტული *PCI* სალტის სატაქტო სიხშირეა 33 მჰც, ხოლო მისი თანრიგიანობა – 32 ბიტი. თუმცა მაღალი კლასის სისტემურ პლატებში 66 მჰც სიხშირის და 64-თანრიგა *PCI* სალტე გამოიყენება.

PCI სალტეს +5 ვ და +3,3 ვ ლოგიკის მხარდაჭერა გააჩნია. +5 ვ-ზე და +3,3 ვ-ზე მომუშავე პლატები გასაღებების ადგილმდებარეობით განსხვავდება, რაც სლოტში მათი არასწორად დაყენების შესაძლებლობას გამორიცხ-

სავს. PCI სალტესთან ადაპტერების დასაკავშირებლად გამოიყენება სპეციალური გასართები (სურ. 9.3).



სურ. 9.3. სხვადასხვა სტანდარტის PCI სლოტები

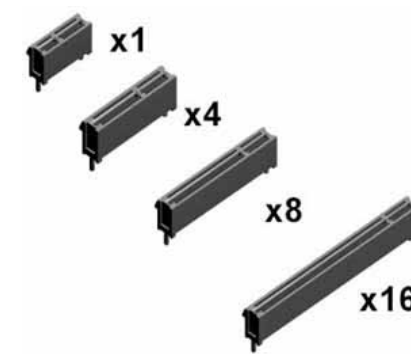
პარალელური PCI სალტის ახალი სტანდარტები აღარ მუშავდება. მომავალი უფრო პერსპექტიულ მიმდევრობით PCI Express სალტეს ეკუთვნის.

სალტე PCI Express

PCI Express სალტის გამოშვება კიდევ ერთხელ ადასტურებს პერსონალური კომპიუტერის ინტერფეისების პარალელურიდან მიმდევრობით არქიტექტურაზე გადასვლის ტენდენციას.

PCI Express მაღალი სწრაფქმედების მქონე მიმდევრობით სალტეა. მომავალი 10-15 წლის განმავლობაში PCI Express სპეციფიკაცია პერსონალური კომპიუტერის უნივერსალური სალტის დომინირებადი არქიტექტურა იქნება. იგი მთლიანად შეცვლის სტანდარტულ პარალელურ PCI სალტეს.

PCI Express სალტეზე მონაცემების გადაცემა ხდება დუპლექსურ რეჟიმში. ამ დროს მონაცემები ერთდროულად მიიღება და გაიცემა გამტარების საშუალებით, რომლებსაც ზოლებს ან ტრასებს უწოდებენ. მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე ერთი მიმართულებით თითოეული ტრასისთვის აღწევს 250 მბაიტი/წმ-ს. ამასთან ერთად, სალტე შეიძლება 1, 2, 4, 8, 16 ან 32 ტრასას შეიცავდეს (სურ. 9.4).

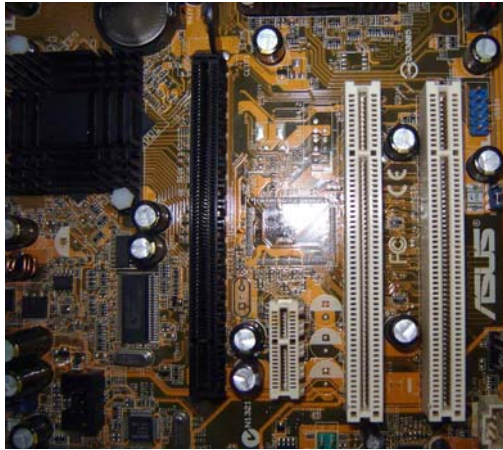


სურ. 9.4. PCI Express სლოტები

მაგალითად, მაღალი გამტარუნარიანობის მქონე 8-ტრასიანი სალტე ერთდროულად ორივე მიმართულებით 8 ბიტი სხვადასხვა მონაცემის გადაცემის საშუალებას იძლევა.

PCI Express სალტესთან პლატა-ადაპტერის დასაკავშირებლად შემცირებული ზომის სლოტი გამოიყენება, რომელიც, როგორც წესი, არსებული *PCI* სალტის გასართების გვერდითაა განთავსებული.

9.5 სურათზე წარმოდგენილია სისტემური პლატის ფრაგმენტი *PCI* და *PCI Express* სლოტებით.



სურ. 9.5. სისტემური პლატის ფრაგმენტი *PCI* და *PCI Express* სლოტებით

x1 სლოტი შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა ადაპტერის, მაგალითად, ქსელის კონტროლერის ან აუდიო კონტროლერის დასაყენებლად, ხოლო გაზრდილი გამტარუნარიანობის *x16* სლოტში (შავი ფერის გასართი) ვიდეოკონტროლერი ყენდება.

9.3. სპეციალიზებული ინტერფეისები

ინტერფეისი *ATA/ATAPI (IDE)*

IDE (Integrated Drive Electronics) ინტერფეისი 1986 წელს შეიქმნა. *IDE* წარმოადგენს ძირითად ინტერფეისს, რომლის საშუალებითაც თანამედროვე პერსონალური კომპიუტერის სისტემური პლატა ვინჩესტერის ელექტრონულ სქემას უკავშირდება. თავდაპირველად *IDE* ინტერფეისი პლატა-კონტროლერის სახით იყო რეალიზებული, ხოლო თანამედროვე სისტემურ პლატებს *chipset*-ში ჩაშენებული *IDE* პოსტ-კონტროლერები აქვთ (სურ. 9.6), ამიტომ ცალკე *IDE* პლატა-კონტროლერი აღარ გამოიყენება.



ნახ. 9.6. ჩაშენებული *IDE* პოსტ-კონტროლერები

IDE განზოგადებული ტერმინია, რომელიც მიესადაგება ნებისმიერ ვინჩესტერს, რომელსაც ჩაშენებული კონტროლერი აქვს. ვინჩესტერის *IDE* ინტერფეისს ოფიციალურად ეწოდა *ATA (AT Attachment)* და მიღებულ იქნა

ANSI (American National Standards Institute) სტანდარტის სახით.

ATA სალტესთან შეიძლება შეერთდეს ორი დისკური მოწყობილობა. მათ შორის ერთი უნდა იყოს წამყვანი (Master), ხოლო მეორე – დაქვემდებარებული (Slave). მოწყობილობების განსაზღვრა ხდება წინასწარ დაყენებული სპეციალური საკონფიგურაციო შესაკრავების (ჯამპერების) საშუალებით. ორივე მოწყობილობა ერთდროულად იღებს ბრძანებას, მაგრამ ბრძანებას მხოლოდ არჩეული მოწყობილობა ასრულებს. მუშაობის აღნიშნული სისტემა გულისხმობს, რომ სანამ ჰოსტ-ადაპტერი არ დაასრულებს მონაცემების გაცვლას ერთ დისკურ მოწყობილობასთან, მეორე დისკური მოწყობილობის მომსახურებაზე ვერ გადაერთვება. ამრიგად, IDE-მოწყობილობებს პარალელურად მხოლოდ მაშინ შეუძლიათ მუშაობა, როდესაც ისინი სხვადასხვა ATA სალტესთან (არხთან) არიან შეერთებული.

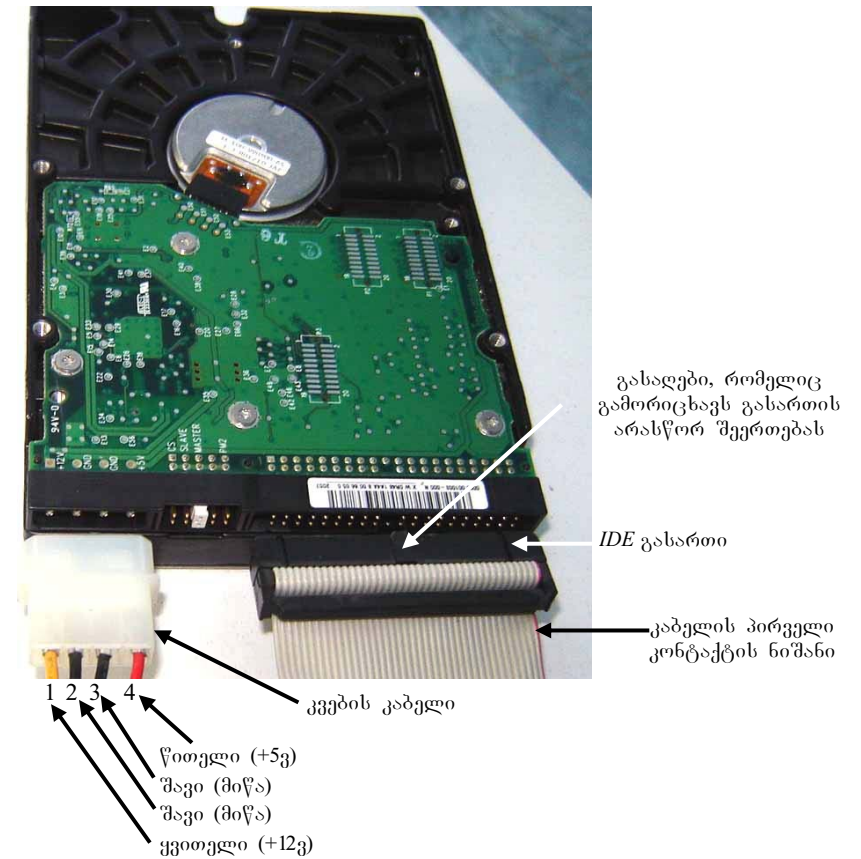
თანამედროვე პერსონალურ კომპიუტერებში უმეტესად ორი IDE ჰოსტ-ადაპტერი – IDE 1 და IDE 2 – გამოიყენება.

ATA ინტერფეისის სპეციფიკაციით შემდეგი ობიექტებია განსაზღვრული:

- ჰოსტ-ადაპტერი – ATA-ინტერფეისის სისტემურ სალტესთან აკავშირებს. ჰოსტს ზოგჯერ უწოდებენ თავად კომპიუტერსაც ATA-ინტერფეისით.
- წამყვანი მოწყობილობა (Master) – დისკური მოწყობილობა, რომელსაც ATA სპეციფიკაციის მიხედვით მოწყობილობა 0 (Device 0) ეწოდება.

- დაქვემდებარებული მოწყობილობა (Slave) – დისკური მოწყობილობა, რომელსაც ATA სპეციფიკაციის მიხედვით მოწყობილობა 1 (Device 1) ეწოდება.

ATA ინტერფეისის პარალელური 16-თანრიგა სალტეა. ჰოსტ-ადაპტერი და დისკური მოწყობილობები სპეციალური 40- ან 80-გამტარიანი კაბელი-შლეიფის საშუალებით (სურ. 9.7) უერთდება.



ნახ. 9.7. ATA ვინჩესტერის შეერთება

პარალელური *ATA* ინტერფეისის ბოლო სტანდარტია *ATA-7*. ახალი სტანდარტები აღარ მუშავდება. მომავალი უფრო პერსპექტიულ მიმდევრობით *SATA (Serial ATA)* ინტერფეისს ეკუთვნის.

ინტერფეისი *SATA (Serial ATA)*

ტრადიციული პარალელური *ATA* ინტერფეისი სიმარტივით და დაბალი სარეალიზაციო ღირებულებით გამოირჩევა, მაგრამ მისი შემდგომი განვითარება ბევრ ტექნოლოგიურ სირთულეს და ღირებულების ზრდას უკავშირდება. არსებობს რამდენიმე მიზეზი, რომელთა გამოც შეწყდა პარალელური *ATA* ინტერფეისის ახალი სტანდარტების დამუშავება და მას მიმდევრობითი *SATA* ინტერფეისი ამჯობინეს.

- პარალელური *ATA* ინტერფეისს დიდი ელექტრომაგნიტური გამოსხივება და მაღალ სიხშირეებზე მუშაობის დროს გართულებული სინქრონიზაცია ახასიათებს;
- პარალელურ *ATA* ინტერფეისში მაღალი დონის +5ვ სიგნალები გამოიყენება, რომელთა მიღებაც მაღალ სიხშირეებზე მომუშავე თანამედროვე მიკროსქემების გამოსასვლელებიდან გართულებულია;
- პარალელური *ATA* ინტერფეისის გამტარუნარიანობის გაზრდა შესაძლებელია, მაგრამ მიმდევრობით საღვთვებზე მიღებული სიჩქარეების გათვალისწინებით არაეკონომიურია;
- *SATA* ინტერფეისის კაბელში ნაკლები რაოდენობის გამტარი გამოიყენება, რაც უკეთესია კომპიუტერის ვენტილაციისათვის;

- პარალელურ *ATA* კაბელთან შედარებით გამარტივებულია *SATA* კაბელების დამზადების ტექნოლოგია, რაც ამცირებს მის ღირებულებას;
- *SATA* მიკროსქემის კონსტრუქცია ნაკლები რაოდენობის გამომყვანით და ძაბვის შემცირებული დონით გამოირჩევა.

მიუხედავად ამისა, *SATA* ინტერფეისი არ არის განკუთვნილი პარალელური *ATA* ინტერფეისის დაუყოვნებლივი შეცვლისათვის. თანამედროვე სისტემებში რეალიზებულია როგორც პარალელური *ATA*, აგრეთვე *SATA* ინტერფეისების მხარდაჭერა.

9.8 სურათზე წარმოდგენილია სისტემური პლატის ფრაგმენტი *SATA* პოსტ-ადაპტერებით.



ნახ. 9.8. *SATA* პოსტ-ადაპტერები

ამჟამად დამუშავებულია *SATA* ინტერფეისის სამი სტანდარტი. 9.2 ცხრილში წარმოდგენილია მათი ფიზიკური პარამეტრები.

ცხრილი 9.2

SATA ინტერფეისის სტანდარტები.

SATA ტიპი	სალტის სიგანე, ბიტი	სალტის სისწორე, მგპკ	ციკლების რაოდენობა ტაქტში	გამტარუნარიანობა, მბაიტი/წმ	რეალიზაციის თარიღი
SATA-150	1	1500	0,8	150	2002
SATA-300	1	3000	0,8	300	2005
SATA-600	1	6000	0,8	600	2007

SATA ინტერფეისში პარალელური სალტის ნაცვლად მიმდევრობითი სალტე გამოიყენება. დისკური მოწყობილობა კონტროლერს ვიწრო, მრგვალი და დრეკადი კაბელით უერთდება, რაც მოსახერხებელია შეერთებისთვის და კომპიუტერის ვენტილაციას აუმჯობესებს. SATA კაბელის მაქსიმალური სიგრძე შეიძლება იყოს არაუმეტეს 1 მ-სა. 9.9 სურათზე წარმოდგენილია SATA მონაცემთა კაბელი, ხოლო 9.10 სურათზე – SATA ვინჩესტერის ჩართვა.



სურ. 9.9. SATA მონაცემთა კაბელი



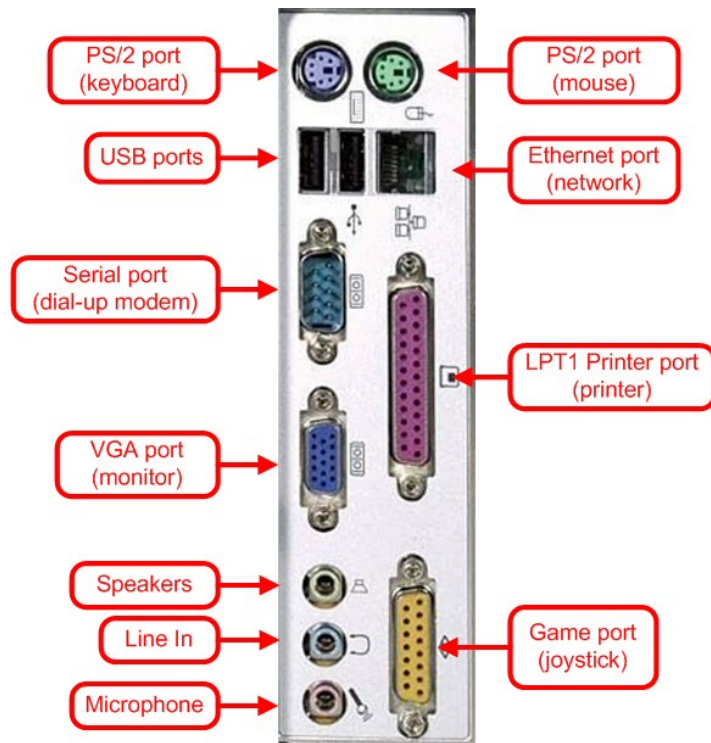
სურ. 9.10. SATA ვინჩესტერის ჩართვა

SATA მაღალსიხშირულ მიმდევრობით ინტერფეისს წარმოადგენს. კომპიუტერში, რომელშიც SATA ინტერფეისია გამოყენებული, პროგრამულ დონეზე პრინციპულად არაფერი არ იცვლება. ოპერაციული სისტემისა და ინტერფეისის ურთიერთქმედება დრაივერის დონეზე იგივეა, რაც პარალელურ ATA ინტერფეისში. პარალელურ ATA ინტერფეისთან მომუშავე BIOS, ოპერაციული სისტემები და უტილიტები ჩვეულებრივ იმუშავენ SATA ინტერფეისთან.

9.4. სტანდარული პორტები

პორტების საშუალებით (სურ. 9.11) კომპიუტერს უშუალოდ უკავშირდება პერიფერიული მოწყობილობები. კომპიუტერის სტანდარტული პორტებია:

- სტანდარტული მიმღევრობითი პორტი;
- პარალელური პორტი;
- მიმღევრობითი პორტი *USB*;
- PS/2 პორტი კლავიატურის და „მაუსის“ შეერთებისთვის;



სურ. 9.11. კომპიუტერის პორტები

სტანდარტული მიმღევრობითი პორტი

მიმღევრობითი პორტი (*Serial Port*) ფაქტობრივად ყველა მოდელის პერსონალური კომპიუტერისათვის სტანდარტულ პორტს წარმოადგენს. მიმღევრობითი პორტის ადაპტერი პერსონალური კომპიუტერის ძველ მოდელებში ცალკე პლატა-კონტროლერს წარმოადგენდა, ხოლო თანამედროვე პერსონალურ კომპიუტერებში იგი უშუალოდ სისტემურ პლატაზეა დამონტაჟებული.

მიმღევრობითი პორტის საშუალებით კომპიუტერთან შესაძლებელია მრავალი სხვადასხვა ტიპის გარე მოწყობილობის და სხვა პერსონალური კომპიუტერის დაკავშირება, თუმცა უმეტესად მას „მაუსის“ და გარე მოდემის დასაკავშირებლად იყენებენ.

მიმღევრობით პორტს სხვანაირად ასინქრონული *RS-232* (*Reference Standard number 232 Revision*) პორტი ეწოდება. თანამედროვე პერსონალური კომპიუტერების უმეტესობას მიმღევრობითი ინტერფეისის ერთი ან ორი გასართი აქვს.

მიმღევრობითი პორტის ძირითადი დანიშნულებაა პროცესორიდან გარე მოწყობილობაში გადაცემული ორობითი სიტყვების გარდაქმნა პარალელური ფორმატიდან მიმღევრობით ფორმატად ან, პირიქით, გარე მოწყობილობიდან მიმღევრობით ფორმატით მიღებული ინფორმაციის გარდასახვა პარალელურ ფორმატად პროცესორზე გადასაგზავნად.

მონაცემთა მიღება-გადაცემისთვის გამოიყენება ორი ხაზი. ერთი განკუთვნილია მონაცემთა გადაცემისთვის, ხოლო მეორე – მიღებისთვის. აქედან გამომდინარე, შესაბამისი საკომუნიკაციო პროგრამის არსებობის შემ-

თხვევაში ორ მოწყობილობას მონაცემების ერთდროულად გადაცემა შეუძლია.

მიმდევრობითი ინტერფეისის საშუალებით შესაძლებელია ორი კომპიუტერის დაკავშირებაც. რამდენადაც კავშირის პროცესში არ მონაწილეობს მონაცემთა გადაცემის სპეციალური მოწყობილობა, მაგალითად, მოდემი, ამ შემთხვევაში სპეციალური *Null-Modem* კაბელი გამოიყენება. თუმცა კავშირის ეს საშუალება კომპიუტერული ქსელის ფართო გავრცელებიდან გამომდინარე, ფაქტობრივად აღარ გამოიყენება.

მიმდევრობითი ინტერფეისის მთავარ ელემენტს წარმოადგენს მიკროსქემა *UART (Universal Asynchron Receiver Transmitter* – უნივერსალური ასინქრონული მიმღებ-გადამცემი). ცნობილია *NS (Nacional Semiconductor) 8250, 16450, 16550, 16650* (32-ბაიტისანი ბუფერით), *16750* (64-ბაიტისანი ბუფერით), *16850* (128-ბაიტისანი ბუფერით) მიკროსქემები და მათი მოდიფიკაციები. თუ მიკროსქემა სხვა ფირმის დამზადებულია, იგი ზემოთ ჩამოთვლილი რომელიმე მიკროსქემის შეთავსებადია.

მიმდევრობითი პორტის ერთ-ერთი ძირითადი მახასიათებელია მონაცემთა გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარე, რომელიც, როგორც წესი, ბოლობით იზომება. ბოდი ერთ წამში გადაცემული საინფორმაციო და მმართველი ბიტების რაოდენობას განსაზღვრავს. ხშირად გამოიყენება სხვა ერთეულიც – *bps (bit per second)*. ამ დროს მხედველობაში მიიღება ერთ წამში გადაცემული სასარგებლო (საინფორმაციო) ბიტების რაოდენობა, მმართველი ბიტების გათვალისწინების გარეშე. მაქსიმალურ სწრაფქმედებას გამოიყენებული *UART* მიკროსქემა განსაზ-

ღვრავს. ის შეიძლება შეადგენდეს 230 კბიტი/წმ (16650), 460 კბიტი/წმ (16850) ან 920 კბიტი/წმ (16950),

დაწყებული *IBM AT-486* მოდელის პერსონალური კომპიუტერიდან, ცალკეული *UART* მიკროსქემების ნაცვლად გამოიყენება მრავალფუნქციური *Super I/O* მიკროსქემა, რომელიც სხვა ელემენტებთან ერთად ორ *UART* მიმდევრობით პორტსაც შეიცავს.

BIOS-ის მხარდაჭერა უზრუნველყოფილია მხოლოდ ორი მიმდევრობითი პორტისთვის – *COM1* და *COM2*. ამიტომ *MS-DOS* სისტემაში მუშაობისას შესაძლებელია მხოლოდ ორი მიმდევრობითი პორტის გამოყენება. სისტემა *Windows* დამატებითი მიმდევრობითი პორტების (მაქსიმუმ 128) გამოყენების შესაძლებლობასაც იძლევა, თუმცა პრაქტიკულად მხოლოდ ორი გამოიყენება – *COM3* და *COM4*.

პარალელური პორტი

პარალელური პორტი ფაქტობრივად ნებისმიერი მოდელის პერსონალურ კომპიუტერში გამოიყენება. სახელწოდებიდან გამომდინარე, მიმდევრობითი ინტერფეისისაგან განსხვავებით, პარალელური პორტით ერთდროულად (პარალელურად) გადაიცემა რამდენიმე ბიტი. პარალელურად გადაცემული ბიტების რაოდენობა ინტერფეისის თანრიგიანობას განსაზღვრავს. სტანდარტული პარალელური პორტი 8-თანრიგაა.

თავდაპირველად პარალელური პორტი პერსონალურ კომპიუტერთან პრინტერის დაკავშირებისათვის გამოიყენებოდა, თუმცა შემდგომ გამოჩნდა სხვა პერიფერი-

ული მოწყობილობებიც (სკანერი, ციფრული ფოტოაპარატი, მობილური დისკვაჩანები და ა.შ), რომლებიც პარალელურ პორტს იყენებენ.

პარალელურ პორტს ამუშავებს ფირმა *Centronix*. ამიტომ კაბელს, რომლითაც პერიფერიული მოწყობილობა კომპიუტერს უკავშირდება, *Centronix* ეწოდება. თუმცა ეს სახელი არცთუ კორექტულია, რადგან 25-კონტაქტიან *Sub-D* გასართს, რომლითაც პრინტერი პარალელურ პორტს უკავშირდება, *Amphenol-stacker*-ი ეწოდება (*Amphenol* – გასართების მწარმოებელი მსხვილი ამერიკული ფირმა). მოცემული კაბელი ინფორმაციის მხოლოდ ცალმხრივი გადაცემის საშუალებას იძლევა.

ზოგიერთი მოწყობილობა (თანამედროვე პრინტერები, ZIP-დისკური მოწყობილობები და ა.შ.) კომპიუტერთან მონაცემების ორმხრივ გაცვლას საჭიროებს. ამ შემთხვევაში უფრო თანამედროვე, *Bitronix*-ის ტიპის კაბელს იყენებენ, რომელიც *Centronix*-ის ტიპის კაბელისაგან გარეგნულად არაფრით განსხვავდება. თუმცა ინფორმაციის ორმხრივი გადაცემისთვის, გარდა *Bitronix*-ის ტიპის კაბელისა, კომპიუტერში საჭიროა გაუმჯობესებული პარალელური პორტის (*EPP/ECP*) არსებობაც (სურ. 9.12).

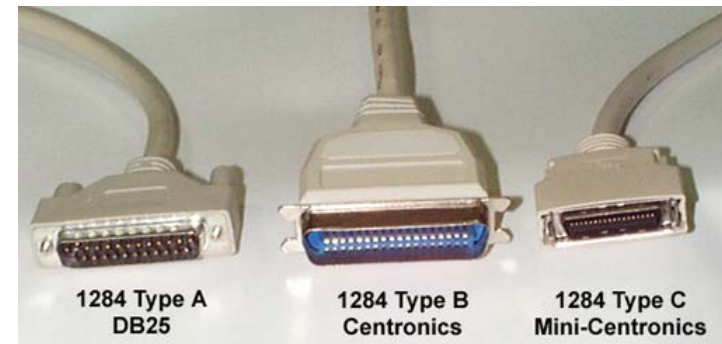
პარალელური პორტის ძირითად უარყოფითი თვისებაა დამაკავშირებელი კაბელის სიგრძის შეზღუდულობა. კაბელის სიგრძის გაზრდისთვის საჭირო ხდება სიგნალების შუალედური გამაძლიერებლის შემოტანა, რადგან წინააღმდეგ შემთხვევაში მრავალრიცხოვანი შეფერხება წარმოიქმნება.

პარალელური პორტის ფიზიკური მახასიათებლები *IEEE 1284* სტანდარტით განისაზღვრა. არსებობს სამი ტიპის – *A*, *B* და *C* გასართი.



ნახ. 9.12. პარალელური პორტის გასართები

A ტიპის გასართს წარმოადგენს 25-გამტარიანი *DB25*, ხოლო *B* ტიპის გასართს – 36-გამტარიანი *Centronix*. *C* ტიპის გასართი კონტაქტების განლაგების გაზრდილი სიმჭიდროვით გამოირჩევა. იგი *Hewlett-Packard* ფირმის ლაზერულ პრინტერებში გამოიყენება. სამივე ტიპის გასართი წარმოდგენილია 9.13 სურათზე.



სურ. 9.13. *IEEE-1284* სტანდარტით განსაზღვრული გასართები

IEEE 1284 სტანდარტით განისაზღვრება პარალელური პორტის მუშაობის ხუთი რეჟიმი – ნახევარბაიტიანი, ერთბაიტიანი, შეთავსებადი, EPP, ECP და ოთხიტიპი – სტანდარტული, ორმხრივი, EPP და ECP. 9.3 ცხრილში წარმოდგენილია მუშაობის რეჟიმების მახასიათებლები.

პარალელური პორტის მუშაობის სიჩქარეა 500-2000 კბაიტი/წმ.

მიმღევრობითი პორტი USB

1995 წელს Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft, NEC და Northern Telecom კომპანიებმა ახალი უნივერსალური მიმღევრობითი პორტის შექმნის ინიციატივა წამოაყენეს. მას USB (Universal Serial Bus) პორტი ეწოდა.

USB 1.0 სპეციფიკაცია 1996 წელს გამოქვეყნდა, თუმცა ფართოდ მხოლოდ 1998 წლიდან გავრცელდა, როდესაც გაუმჯობესებული USB 1.1 სპეციფიკაცია დამუშავდა და მოხდა მისი სრული პროგრამული მხარდაჭერა Windows 98 ოპერაციულ სისტემაში. 1996 წლიდან USB პორტი ჩაშენებულია სისტემური პლატის მიკროსქემების კრებულში (Chipset).

USB პორტი მომხმარებლის პერიფერიულ მოწყობილობებთან Plug&Play რეჟიმში მუშაობას უზრუნველყოფს. ეს ნიშნავს, რომ პერიფერიული მოწყობილობის კომპიუტერთან შეერთებისას ავტომატურად ხდება მოწყობილობის „აღმოჩენა“, შესაბამისი დრაივერის მოძებნა და დაყენება. თანამედროვე ვერსიის Windows-ები შეიცავენ USB პორტის დრაივერებს.

USB მოწყობილობის შეერთებისას და გამოერთებისას კომპიუტერის წინასწარი გამორთვა ან გადატვირთვა არ არის საჭირო. თუმცა USB დამაგროვებლის გამოყენების შემთხვევაში (მაგ. Flash-დამაგროვებელი), მონაცემების შესაძლო დაკარგვის თავიდან აცილების მიზნით, სასურველია წინასწარ შევასრულოთ ბრძანება Hardware or Safety Remove Hardware, მოვნიშნოთ მოწყობილობის სახელი და Stop ღილაკს დავაჭიროთ. როდესაც სისტემა განსაზღვრავს, რომ მოწყობილობამ დაასრულა მუშაობა, მოწყობილობა შეგვიძლია გამოვრთოთ.

უშუალოდ USB კაბელის საშუალებით დაბალი სიმძლავრის პერიფერიული მოწყობილობების კვებაც ხორციელდება. ამრიგად, მათთვის ზედმეტი ხდება საკუთარი კვების წყაროების გამოყენება.

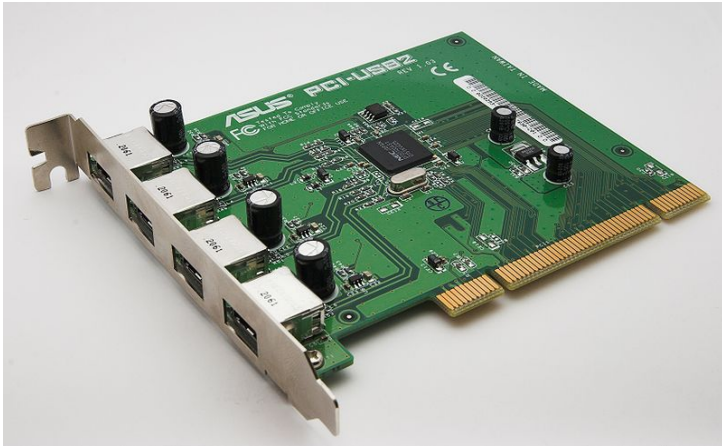
USB 1.0 სტანდარტი უზრუნველყოფს მონაცემთა გადაცემას 1,5 მბიტი/წმ სიჩქარით, ხოლო USB 1.1 სტანდარტი – 12 მბიტი/წმ სიჩქარით.

რამდენიმე მოწყობილობის შესაერთებლად USB-კონცენტრატორი გამოიყენება (სურ. 9.14).



სურ. 9.14 ტიპიური USB კონცენტრატორი

USB სტანდარტის მხარდაჭერას ყველა თანამედროვე სისტემური პლათის მიკროსქემების კრებული უზრუნველყოფს. საჭიროების შემთხვევაში შესაძლებელია PCI-USB ადაპტერის (სურ. 9.15) გამოყენებაც.



სურ. 9.15. PCI-USB ადაპტერი

USB 1.1 ინტერფეისის შემდგომ გაუმჯობესებულ მოდელს USB 2.0 ინტერფეისი წარმოადგენს, რომელიც USB 1.1 ინტერფეისთან შედარებით 40-ჯერ სწრაფია. მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე 480 მბიტი/წმ-ს აღწევს. USB 2.0 სტანდარტი USB 1.1 სტანდარტს ითავსებს. ორივე სტანდარტში ერთი და იმავე სტანდარტის კაბელები, გასართები და პროგრამული უზრუნველყოფა გამოიყენება.

USB 2.0 სტანდარტის მიხედვით მონაცემთა გადაცემის სამი რეჟიმია გათვალისწინებული:

- *Low-speed* – 0,01-1,5 მბიტი/წმ. გამოიყენება დაბალი სწრაფქმედების მქონე პერიფერიულ მოწყობილობებში (კლავიატურა, მაუსი, ჯოისტიკი);

- *Full-speed* – 0,5-12 მბიტი/წმ. გამოიყენება აუდიო და ვიდეო მოწყობილობებისთვის;
- *Hi-speed* – 25-480 მბიტი/წმ. გამოიყენება ვიდეო და მონაცემების შენახვის მოწყობილობებისთვის.

2008 წელს შეიქმნა USB 3.0 სტანდარტი (სურ. 9.16). ინფორმაციის გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარეა 4,8 გბიტი/წმ, რაც USB 2.0 სტანდარტით განსაზღვრულ მაქსიმალურ – 480 მბიტი/წმ – სიჩქარეს მნიშვნელოვნად აღემატება.



ნახ. 9.16. USB 3.0 ლოგოტიპი

USB 3.0 სტანდარტის კაბელები და გასართები ითავსებენ USB 2.0 სტანდარტს.

PS/2 პორტი

PS/2 პორტების საშუალებით კომპიუტერს უერთდება კლავიატურა და მაუსი.

კლავიატურის სისტემურ პლათასთან შესაერთებლად გამოიყენება სპეციალური კაბელი, რომლის სიგრძე 1 მ-ს არ აღემატება. კაბელის ბოლოში დამონტაჟებულია DIN (*Deutsche Industrie Norm* – გერმანიის სამრეწველო სტან-

დარტი) გასართი, რომელიც კომპიუტერის PS/2 პორტს უერთდება.

უნდა აღინიშნოს, რომ თანამედროვე პერსონალურ კომპიუტერთან „მაუსის“ შესაერთებლად 6-კონტაქტიანი DIN გასართი გამოიყენება. ამრიგად, შესაძლებელია „მაუსის“ შეცდომით შეერთება კლავიატურის PS/2 გასართთან და პირიქით. ამ შემთხვევაში არც კლავიატურა და არც „მაუსი“ არ იმუშავებს, რადგან გასართების კონსტრუქციის იდენტურობის მიუხედავად, გადაცემული მონაცემების სტრუქტურა განსხვავებულია.

შეერთების დროს შეცდომის თავიდან ასაცილებლად მიღებულია შემდეგი სტანდარტი: კლავიატურის PS/2 პორტი არის იასამნისფერი, ხილო მაუსის PS/2 პორტი – მწვანე.

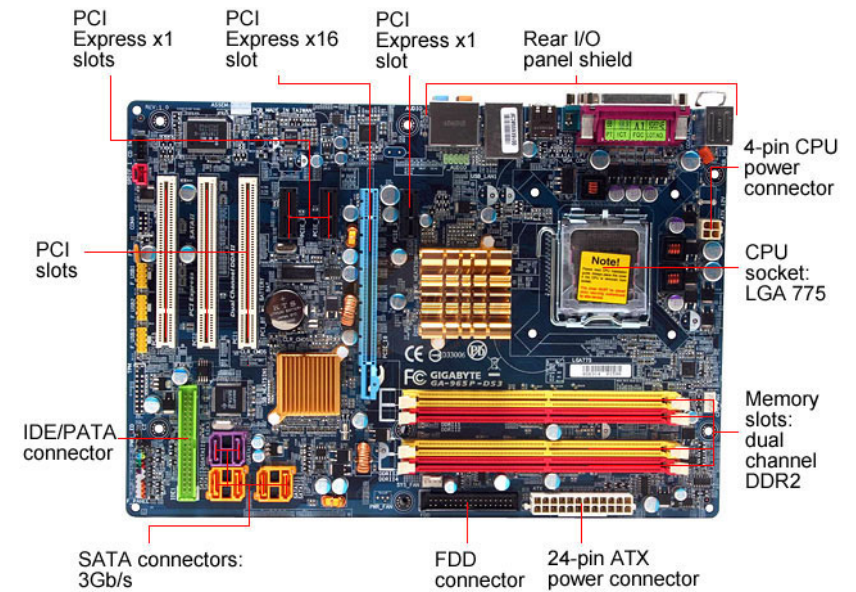
9.17 სურათზე წარმოდგენილია კლავიატურისა და „მაუსის“ გასართები.



სურ. 9.17. კლავიატურის (იასამნისფერი) და მაუსის (მწვანე) გასართები

X თავი სისტემური პლატა

სისტემური პლატა (*system board*) კომპიუტერის მთავარ კომპონენტს წარმოადგენს (სურ. 10.1). ზოგჯერ მას დედა პლატასაც (*mother board*) უწოდებენ. სისტემური პლატა მართავს კომპიუტერის შიგა კავშირებს და ურთიერთქმედებს გარე (პერიფერიულ) მოწყობილობებთან.



სურ. 10.1. სისტემური პლატა Gigabyte

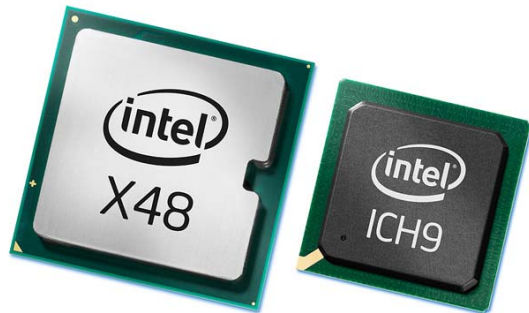
კომპიუტერის მთავარ ელემენტია პროცესორი – CPU (*Central Processing Unit*), რომელიც ასრულებს გამოთვლით ოპერაციებს, არეგულირებს, მართავს და აკონტროლებს მუშა პროცესს. სისტემურ პლატაზე პროცესორი

თავსდება სპეციალურად მისთვის გამოყოფილ დასაყენებელ ბუდეში (Socket).

კომპიუტერის მუშაობის დროს პროგრამები და მონაცემები ოპერატიულ მეხსიერებაში ინახება. კომპიუტერში გამოიყენება ძირითადი ოპერატიული მეხსიერება და Cache მეხსიერება, რომელიც პროცესორის კრისტალშია ჩაშენებული და პროცესორის სიხშირეზე მუშაობს.

პირველ კომპიუტერებში ყოველი (ან რამდენიმე) მიკროსქემა სხვადასხვა ფუნქციას ასრულებდა. 1986 წელს Chips and Technologies-მა გამოუშვა სისტემური პლატების მიკროსქემათა კრებული (ჩიპსეტი) 82C206. ის წარმოადგენდა რამდენიმე მიკროსქემის კრებულს, რომელიც AT-თავსებად სისტემაში სისტემური პლატის ყველა ფუნქციას ასრულებდა.

ჩიპსეტი არის დიდი ინტეგრალური სქემების (მიკროსქემების) კრებული, რომელთაგანაც თითოეული მიკროსქემა ერთდროულად რამდენიმე ფუნქციას ასრულებს (სურ. 10.2). სისტემური პლატის ჩიპსეტი ცენტრალური პროცესორის, მეხსიერებისა და სხვა მოწყობილობების დამაკავშირებელი კომპონენტის როლს ასრულებს.



სურ. 10.2. Intel-ის ჩიპსეტი

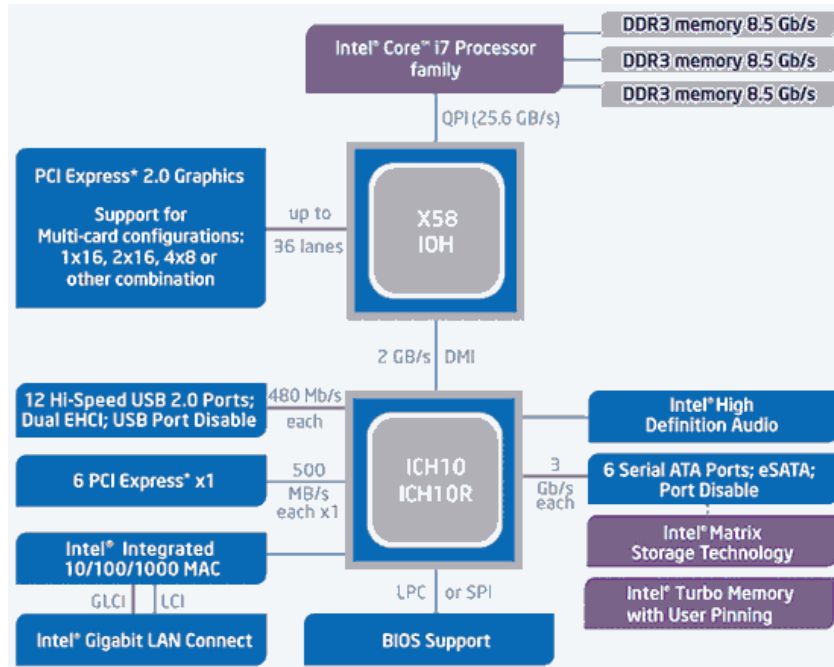
კომპიუტერული სისტემის კონფიგურაციას და მის წარმადობას მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ის ფაქტორი, თუ რომელი ჩიპსეტის ბაზაზეა რეალიზებული სისტემური პლატა. ჩიპსეტის გამოცვლა ფაქტობრივად სისტემური პლატის გამოცვლას ნიშნავს. ჩიპსეტის შეზღუდვები ზღუდავს კომპიუტერული სისტემის სხვა კომპონენტების გაძლიერების შესაძლებლობასაც.

10.3 სურათზე წარმოდგენილია ორჩიპიანი Core სისტემური პლატის არქიტექტურა.

უახლეს Core პროცესორებს ჩაშენებული აქვთ მეხსიერების კონტროლერი ანუ თვითონ პროცესორი მართავს მეხსიერებას. ჩიპი IOH (Input/Output Hub) პროცესორს QPI (QuickPath Interconnect) სალტის საშუალებით უკავშირდება. QPI-ის გამტარუნარიანობა 25,6 გეგაბიტი/წმ-ს შეადგენს.

IOH მიკროსქემა პროცესორს PCI Express სალტესთან აკავშირებს, რომელშიც ვიდეოპლატა ყენდება.

IOH უკავშირდება ჩიპსეტის მეორე მიკროსქემასაც – ICH (Input/Output Controller Hub)-ს. დაკავშირება ხდება DMI (Direct Media Interface) სალტის საშუალებით. სალტის გამტარუნარიანობა შეადგენს 2 გეგაბიტი/წმ-ს. ICH ჩიპი პროცესორს და IOH ჩიპს აკავშირებს პერიფერიულ მოწყობილობებთან. BIOS-ს იგი LPC (Low Pin Count) ან SPI (Serial Peripheral Interface) სალტის საშუალებით უკავშირდება.



სურ. 10.3. ორჩიპიანი Core 2 სისტემური პლატის არქიტექტურა

ICH-ი უკავშირდება შედარებით ნელ PCI Express 1x სადტეს, დისკური მოწყობილობების ინტერფეისებს (ATA და SATA), USB-ს, აუდიო და ქსელის კონტროლერებს.

XI თავი ბარე დამამახსოვრებელი მოწყობილობები

პერსონალური კომპიუტერის გარე დამამახსოვრებელი მოწყობილობების უმეტესობა სხვადასხვა ტიპის დისკური მოწყობილობებია, რომლებშიც ინფორმაცია მაგნიტურ და ოპტიკურ მატარებლებზე იწერება.

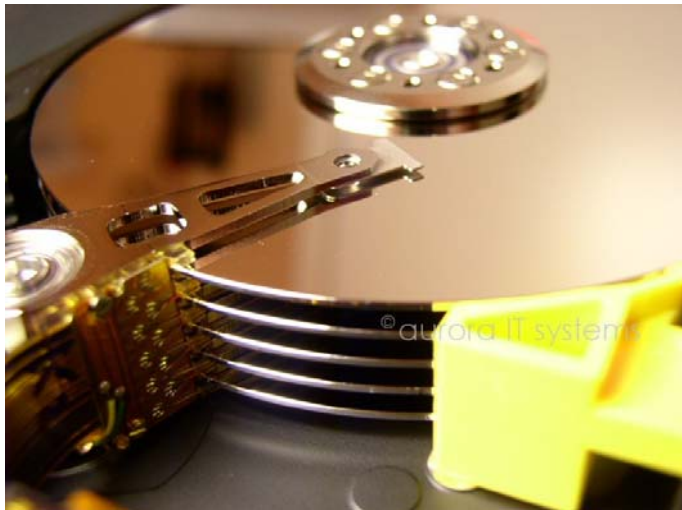
11.1. ვინჩესტერი

ვინჩესტერი ანუ ხისტი დისკური მოწყობილობა (Hard Disk Drive – HDD) პერსონალურ კომპიუტერში ინფორმაციის ძირითადი მატარებელია. ვინჩესტერი (სურ. 11.1) გამოირჩევა დიდი ტევადობით, მაღალი სწრაფქმედებით და საიმედოობით. პროგრამების და მონაცემების უმეტესობა ვინჩესტერში იწერება.



სურ. 11.1. ვინჩესტერი

ვინჩესტერი რამდენიმე დისკს შეიცავს (სურ. 11.2). თითოეული დისკი დაყოფილია ბილიკებად და სექტორებად (სურ. 11.3). თითოეული სექტორის საინფორმაციო მოცულობა 512 ბაიტია. ინფორმაცია დისკის ორივე მხარეს იწერება. ერთმანეთის ქვევით განლაგებული ბილიკები ცილინდრებად ერთიანდება.

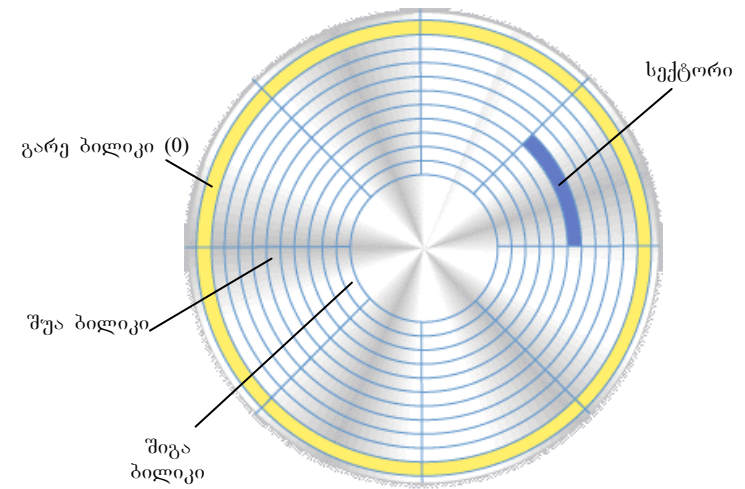


სურ. 11.2 მაგნიტური დისკების ბლოკი

თითოეული დისკური ზედაპირისთვის გათვალისწინებულია შესაბამისი ჩაწერა/წაკითხვის თავაკი. ყველა თავაკი ერთ საერთო დგარზეა დამონტაჟებული და ერთდროულად (სინქრონულად) გადაადგილდება. ამიტომ, ვინჩესტერის ლოგიკური სტრუქტურის აღწერისას, ჩვეულებრივ განისაზღვრება ცილინდრები (და არა ბილიკები).

ვინჩესტერი უმეტესად ხისტადაა დაყენებული პერსონალური კომპიუტერის კორპუსში, თუმცა მოხსნადი დამგროვებლებიც გამოიყენება.

ვინჩესტერის დისკები, დრეკადი დისკებისგან განსხვავებით, ალუმინის ან არაკრისტალური მინისგან დამზადებული ფირფიტებია. მათი გადაღვნა შეუძლებელია. ამიტომ ვინჩესტერს ზოგჯერ ხისტ დისკურ მოწყობილობას – *HDD (Hard Disk Drive)* ან ხისტ დისკებზე დამგროვებელსაც უწოდებენ.



ნახ. 11.3. ვინჩესტერის დისკის ბილიკები და სექტორები

ვინჩესტერის ძირითადი პარამეტრებია:

- ტევადობა;
- სწრაფქმედება.

დისკების დაფორმატება

დისკების დაფორმატების ორი დონე არსებობს:

- ფიზიკური ანუ დაბალი დონის დაფორმატება;

- ლოგიკური ანუ მაღალი დონის დაფორმატება.
დრეკადი დისკებისათვის დაფორმატების ორივე დონე ერთდროულად, ოპერაციული სისტემის საშუალებით სრულდება.
- ვინჩესტერისთვის ფიზიკური და ლოგიკური დაფორმატება ცალ-ცალკე სრულდება და მესამე ეტაპიც გამოიყენება, რომელიც ფიზიკურ და ლოგიკურ დაფორმატებას შორის სრულდება – დისკის განყოფილებებად დაყოფა.

დაბალი დონის დაფორმატება

დაბალი დონის დაფორმატების დროს დისკი სექტორებად იყოფა. აგრეთვე ფორმირდება ინტერვალები სექტორებსა და ბილიკებს შორის. მონაცემთა ველები ფიქტიური ჩანაწერებით ან მონაცემთა სპეციალური ტესტური კრებულებით ივსება. დაბალი დონის დაფორმატებას ფირმა-დამამზადებელი ასრულებს.

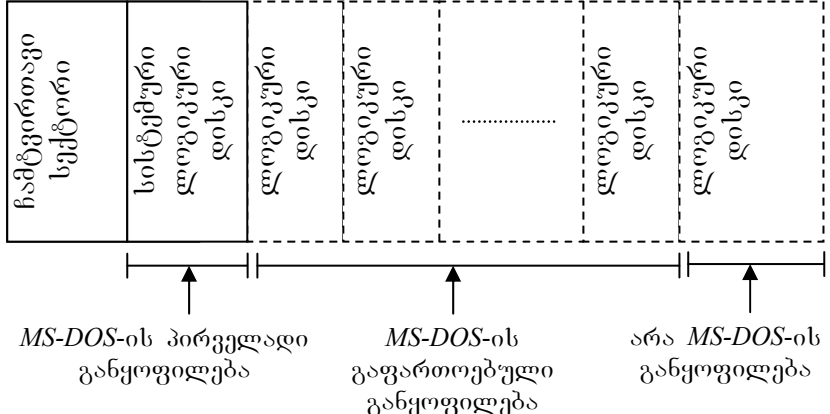
დისკის დაყოფა განყოფილებებად

დისკის განყოფილებებად დაყოფის დროს პირველ სექტორში იწერება სპეციალური პროგრამა, რომელიც საჭიროა ოპერაციული სისტემის ჩასატვირთავად და დაყოფის ცხრილი (*Partition Table, PT*), რომელშიც იწერება ინფორმაცია განყოფილებების შესახებ. ამ სექტორს ეწოდება მთავარი ჩამტვირთავი სექტორი, ხოლო ჩანაწერს – მთავარი ჩამტვირთავი ჩანაწერი (*Master Boot Record, MBR*).

განასხვავებენ სამი ტიპის განყოფილებას:

- *MS-DOS*-ის პირველადი განყოფილება;

- *MS-DOS*-ის გაფართოებული განყოფილება;
 - არა-*MS-DOS*-ის განყოფილება.
- ვინჩესტერზე შესაძლებელია *MS-DOS*-ის ერთი პირველადი განყოფილების, *MS-DOS*-ის ერთი გაფართოებული განყოფილების და რამდენიმე არა-*MS-DOS*-ის განყოფილების ფორმირება (სურ. 11.4).



სურ. 11.4. ვინჩესტერის ლოგიკური სტრუქტურა

MS-DOS-ში და *Windows*-ში სამუშაოდ აუცილებელია *MS-DOS*-ის პირველადი განყოფილების არსებობა. მასში იქმნება ლოგიკური C: დისკი.

MS-DOS-ის გაფართოებული განყოფილება შეიძლება ერთ ან მეტ ლოგიკურ დისკად დაიყოს, რომლებსაც სხვადასხვა სახელს არქმევენ. თუმცა *MS-DOS*-ის გაფართოებული განყოფილების ფორმირება არ არის აუცილებელი. ამ შემთხვევაში ვინჩესტერი წარმოდგენილი იქნება ერთი ლოგიკური C: დისკით.

დაფორმატების დროს უნდა გავითვალისწინოთ შემდეგი:

- ისევე როგორც განყოფილებებად დაყოფისას, დაფორმატების დროსაც ვინჩესტერზე ჩაწერილი მონაცემები წაიშლება;
- არსებობს სპეციალური პროგრამული უტილიტები (მაგალითად, *Restore*), რომლებიც დაფორმატების დროს წაშლილი ფაილების აღდგენის საშუალებას იძლევიან. თუმცა არც ერთი მათგანი არ იძლევა აღდგენის 100%-იან გარანტიას.

ამიტომ ვინჩესტერის დაფორმატებამდე საჭიროა მონაცემების სარეზერვო კოპირება.

11.2. კომპაქტ-დისკური მოწყობილობა

კომპაქტ-დისკური (*CD*) მოწყობილობა (სურ. 11.5) წარმოადგენს დამგროვებელს მოხსნადი მატარებლებით (დისკებით), რომლებზედაც ინფორმაციის ჩაწერა/წაკითხვა ოპტიკური ტექნოლოგიის საფუძველზე ხდება.

ინფორმაციის შესანახ ოპტიკურ მოწყობილობაში მონაცემთა ჩაწერა და წაკითხვა ხდება მბრუნავ კომპაქტ-დისკზე ლაზერის სხივის და არა მაგნიტური ველის საშუალებით.

ოპტიკური ტექნოლოგიის სტანდარტები ორ ძირითად ჯგუფად იყოფა:

- *CD (CD-ROM, CD-R, CD-RW)*;
- *DVD (DVD-ROM, DVD-R, DVD-RW)*.

Sony და *Philips* კომპანიებმა 1980 წელს მუსიკალური კომპაქტ-დისკების პირველი სტანდარტი – *CD-DA (Digital Audio)* – წარმოადგინეს, რომლის ფორმატსაც *Red Book* ეწოდა. მოცემული სპეციფიკაციით განისაზღვრა ხმის ჩაწერა-დამუშავების სტანდარტები და დისკის დიამეტრი – 120 მმ, რომელიც ამჟამადც სტანდარტულია ყველა კომპაქტ-დისკისთვის.



სურ. 11.5. კომპაქტ-დისკური მოწყობილობა

Sony და *Philips* კომპანიებმა გააგრძელეს თანამშრომლობა და 1984 წელს პირველი *CD-ROM* (სპეციფიკაცია *Yellow Book*) წარმოადგინეს. სტანდარტი ისეთ კომპაქტ-დისკებთან მუშაობას ითვალისწინებს, რომლებზედაც კომპიუტერულ სისტემებში გამოყენებული მონაცე-

მეზია ჩაწერილი. კომპაქტ-დისკიდან შესაძლებელია მხოლოდ მონაცემების წაკითხვა.

CD-ROM დამგროვებელი CD-DA დამგროვებლისგან მხოლოდ ელექტრონული სქემით განსხვავდება, რომელიც შეცდომების აღმოჩენის და კორექციის დამატებით შესაძლებლობებს უზრუნველყოფს.

როგორც CD-DA (Compact Disk Digital Audio), ასევე CD-ROM (Compact Disk Read-Only Memory) განკუთვნილია მხოლოდ დისკების წასაკითხად. დისკებზე ჩასაწერად გამოიყენება მოწყობილობა CD-RW (Rewritable).

კომპაქტ-დისკის მოცულობაა 650 მბაიტი (74 წუთი), ან 700 მბ (80 წუთი).

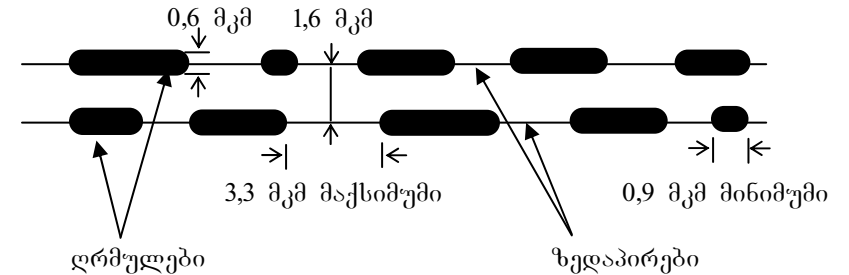
კომპაქტ-დისკების ტიპები

CD-ROM

კომპაქტ-დისკი პოლიკარბონატული ფირფიტაა. მისი დიამეტრია 120 მმ, ხოლო სისქე – 1,2 მმ. დისკის შუაში არის 15 მმ დიამეტრის ღიობი. კომპაქტ-დისკების მასობრივი კომერციული წარმოება ხდება არა ლაზერით ამოწვით, არამედ დაპრესვის მეთოდით. თუ კომპაქტ-დისკს წაკითხვის მხრიდან (ქვევიდან) შევხედავთ, ის ბრუნავს საათის ისრის საპირისპირო მიმართულებით. ინფორმაცია იწერება სპირალურ ბილიკზე, რომელიც შედგება ამაღლებული (pits) და ბრტყელი (lands) მონაკვეთებისგან (სურ. 11.6).

ლაზერული სხივი, რომელიც კომპაქტ-დისკიდან მონაცემების წაკითხვისათვის გამოიყენება, თავისუფლად გადის გამჭვირვალე პოლიკარბონატში, ამიტომ დისკის

ზედაპირი ამრეკლი ლითონის (ჩვეულებრივ ალუმინის) ფენით იფარება. ალუმინის ფენა, თავის მხრივ, აკრილის ლაკის თხელი დამცავი ფენით იფარება, რომელზედაც გამოსახულება დაიტანება.



სურ. 11.6. კომპაქტ-დისკის ბილიკის მაფორმირებელი ღრმულებისა და ზედაპირების გეომეტრია

ინფორმაციის წაკითხვა კომპაქტ-დისკიდან ლითონური ზედაპირიდან არეკლილი დაბალი სიმძლავრის ლაზერული სხივის რხევების რეგისტრაციის პროცესს წარმოადგენს. დისკის ზედაპირიდან ლაზერის სხივი აირეკლება, ხოლო დისკის ღრმულიდან ლაზერული სხივის არეკვლა არ ხდება. არეკლილი სიგნალის ყოველ ცვლილებას, რომელიც ღრმულის საზღვრის გადაკვეთითაა განპირობებული, დამგროვებლის მიკროპროცესორი გარდაქმნის ბიტად, რომლის მნიშვნელობაა „1“, ხოლო ველს, რომელიც არ შეიცავს გადასვლებს – ბიტად, რომლის მნიშვნელობაა „0“. ორობითი თანრიგების მიღებული კრებული CD-ROM დისკის შემთხვევაში მონაცემებად, ხოლო CD-DA დისკის შემთხვევაში – ხმოვან სიგნალებად გარდაიქმნება.

CD-R ტექნოლოგია

CD-R დისკს აქვს ორგანული საღებავის ფენა, რომელიც ოქროს ამრეკლი ფენით იფარება.

ჩაწერის დროს, CD-R დისკური მოწყობილობების იმპულსურ რეჟიმში მომუშავე ლაზერის სიმძლავრე დაახლოებით 10-ჯერ იზრდება და ორგანული საღებავის ფენას 250-300°C-მდე აცხელებს. ასეთ ტემპერატურაზე ორგანული საღებავის ფენა იწვეება და ფაქტობრივად გაუმჭვირვალე ხდება.

შემდგომში, დისკის წაკითხვის დროს, ლაზერული სხივი შესაბამის მონაკვეთებში ვეღარ აღწევს ოქროს ამრეკლ ფენამდე და აღარ აირეკლება. ამ დროს იგივე ეფექტი მიიღება, როგორც დაშტამპულ CD-ROM დისკებში არეკლილი ლაზერული სხივის ჩახშობისას.

ამრიგად, წაკითხვის დროს, ლაზერი არარსებულ ღრმულებს კითხულობს, რომელთა როლსაც დაბალი არეკვლისუნარიანობის მქონე ამომწვარი მონაკვეთები ასრულებენ. ეს მონაკვეთები ჩნდება ორგანული საღებავის გახურებისას, ამიტომ CD-R დისკზე ჩაწერას ზოგჯერ ამოწვასაც უწოდებენ.

ორგანული საღებავის ფენის ამოწვა ცვლის მის ოპტიკურ თვისებებს, რაც მხოლოდ ერთხელ შეიძლება შესრულდეს. ამიტომ CD-R დისკს ერთჯერადი ჩაწერის მატარებელსაც უწოდებენ.

CD-RW ტექნოლოგია

CD-RW დამგროვებელი ითავსებს CD-R დამგროვებლის ფუნქციებსაც ანუ ასრულებს CD-R დისკის წაკითხვის და ერთჯერადი ჩაწერის ოპერაციებს. თუმცა

CD-RW დამგროვებელი CD-R დისკზე ჩაწერილი ინფორმაციის წაშლის და სხვა მონაცემების ჩაწერის საშუალებასაც იძლევა ამიტომ CD-RW დამგროვებლებმა კომპიუტერული ბაზრიდან ფაქტობრივად გამოდევნეს CD-R დამგროვებლები.

CD-RW მატარებელი CD-R მატარებლისგან სამი ძირითადი თვისებით განსხვავდება. ესენია:

- შესაძლებელია არსებული მონაცემების წაშლა და ახალი ინფორმაციის ჩაწერა;
- უფრო ძვირადღირებულია;
- აქვს ჩაწერის უფრო დაბალი სიჩქარე;

CD-R დისკისგან განსხვავებით, CD-RW დისკის ჩამწერი ფენა პოლიკრისტალური სტრუქტურისაა, რაც მისი ოპტიკური თვისებების მრავალჯერადი შეცვლის შესაძლებლობას იძლევა.

მონაცემების გადაცემის სიჩქარე

მონაცემების გადაცემის სიჩქარე CD-ROM-ის უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელია და ყოველთვის მიეთითება დამაგროვებლის მოდელთან ერთად. მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე უშუალოდაა დაკავშირებული დისკის ბრუნვის სიჩქარესთან.

პირველი CD-ROM-ები, ისევე როგორც აუდიო კომპაქტ-დისკების ფირსაკრავები, მონაცემებს 150 კბაიტი/წმ სიჩქარით გადასცემდნენ. CD-ROM-ების შემდეგი თაობების მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე ამ რიცხვის (150 კბაიტი/წმ) ჯერადია. მაგალითად, CD-ROM 50x აღნიშნავს, რომ გადაცემის მაქსიმალური სიჩქარეა 7500 კბაიტი/წმ.

11.1 ცხრილში წარმოდგენილია CD-ROM-ის მონაცემთა გადაცემის სიჩქარის დამოკიდებულება ჯერადობაზე.

ცხრილი 11.1

მონაცემთა გადაცემის სიჩქარის დამოკიდებულება მუშაობის სიჩქარეზე

CD-ROM ამძრავის მუშაობის სიჩქარის ჯერადობა	მონაცემთა გადაცემის სიჩქარე, კბაიტი/წმ
1x	150
2x	300
8x	1200
16x	2400
24x	3600
32x	4800
36x	5400
40x	6000
50x	7500
60x	9000

DVD-ტექნოლოგია

DVD-დისკი CD-დისკისგან გარეგნულად არ განსხვავდება. CD-დისკის მსგავსად, მისი დიამეტრიც 120 მმ-ია, პოლიკარბონატის საფუძველზე მზადდება, ღრმულებს და ზედაპირებს შეიცავს, რომლებიც ლაზერული დიოდით ნათდება და ფოტოდეტექტორის საშუალებით იკითხება. მაგრამ მათ შორის განსხვავებებიც არსებობს. ეს განსხვავებები ასეთია:

- DVD-დისკს ჩვეულებრივ CD-დისკთან შედარებით ნაკლები ზომის ღრმულები (0,4 მიკრონი 0,8 მიკრონის ნაცვლად) აქვს;
- ჩვეულებრივ CD-დისკთან შედარებით DVD-დისკის სპირალი უფრო მჭიდროა (0,74 მიკრონი 1,06 მიკრონის ნაცვლად);
- DVD-ტექნოლოგიაში გამოყენებული წითელი ლაზერის ტალღის სიგრძე 0,65 მიკრონია 0,78 მიკრონის ნაცვლად;

ზემოთხამოთვლილმა ტექნოლოგიურმა სიახლეებმა დისკის მოცულობის 7-მაგი ზრდა (4,7 გბ-მდე) განაპირობა. წამკითხავი DVD-1x მოწყობილობა 1,4 მბ/წმ სიჩქარით მუშაობს (ჩვეულებრივი კომპაქტ-დისკური მოწყობილობის წაკითხვის სიჩქარე 150 კბ/წმ-ია).

4,7 გბაიტი მოცულობის DVD-დისკზე შესაძლებელია 133 წუთის ხანგრძლივობის, მაღალი გადაწყვეტის (720x480) მქონე ვიდეოჩანაწერის განთავსება. უმეტეს შემთხვევაში ეს საკმარისია (პოლიფუდში გადაღებული ფილმების 92% ხანგრძლივობით 133 წუთზე ნაკლებია). თუმცა ზოგიერთ შემთხვევაში (მაგ. მულტიმედიაური თამაშებისთვის, ერთ დისკზე რამდენიმე ფილმის ჩაწერისას, საცნობარო გამოცემებისთვის და ა.შ) შეიძლება საჭირო გახდეს უფრო დიდი მოცულობის მატარებლების გამოყენება. ამის გამო DVD-დისკების ოთხი ფორმატი შეიქმნა:

- ერთმხრივი ერთფენიანი დისკები (4,7 გბ);
- ერთმხრივი ორფენიანი დისკები (8,5 გბ);
- ორმხრივი ერთფენიანი დისკები (9,4 გბ);
- ორმხრივი ორფენიანი დისკები (17 გბ).

ისმის კითხვა, რა საჭიროა ამდენი ფორმატი? პასუხი მარტივია: *Philips* და *Sony* კომპანიებმა ჩათვალეს, რომ მომხმარებლებისთვის მოუხერხებელი იქნებოდა დისკების გადაბრუნება და შეიმუშავეს ერთმხრივი დისკები ორი ფენით, ხოლო *Toshiba*-მ და *Time Warner*-მა გადაწყვიტეს, რომ ასეთი დისკები ვერ იმუშავებდნენ და გამოუშვეს ორმხრივი ერთფენიანი დისკები.

XII თავი კომპიუტერის ბარე მოწყობილობები

გარე ანუ პერიფერიული მოწყობილობების დანიშნულებაა კომპიუტერისთვის პროგრამებისა და მონაცემების მიწოდება და კომპიუტერის მუშაობის შედეგების აღმნიშვნისთვის მისაღები ფორმით გამოტანა ან სხვა კომპიუტერზე გადაცემა.

კომპიუტერის ცენტრალურ ნაწილთან ერთად პერიფერიული მოწყობილობებიც მნიშვნელოვანწილად განაპირობებენ პერსონალური კომპიუტერის შესაძლებლობებს და გამოყენების სფეროს.

12.1. კლავიატურა და მაუსი

დღეისათვის კლავიატურა ინფორმაციის შემტანი ძირითადი მოწყობილობაა პერსონალურ კომპიუტერში. ეს მდგომარეობა არ შეიცვლება, სანამ არ შეიქმნება ადამიანის ხმის ამომცნობი იაფი და საიმედო სისტემები.

სტანდარტული კომპიუტერული კლავიატურა, რომელსაც აგრეთვე *PC/AT* ან უბრალოდ *AT* ეწოდება, 101 ან 102 კლავიშისგან შედგება.

თანამედროვე კლავიატურებში გამოიყენება რამდენიმე ტიპის კლავიში. კლავიატურების უმეტესობაში გამოყენებულია მექანიკური გადამრთველები, რომლებშიც კლავიშზე დაჭერისას შეიროვება ელექტრული კონტაქტები. ზოგიერთ უფრო მაღალი კლასის კლავიატურაში უკონტაქტო ტევადური გადამწოდები გამოიყენება.

კლავიშზე დაჭერისას სრულდება წყვეტის პროცედურა და გაიშვება ოპერაციულ სისტემაში შემაჯავლი წყვეტის ქვეპროგრამა. მიიღება დაჭერილი კლავიშის ნომერი (1-დან 102-მდე). პროგრამულად აგრეთვე დამუშავდება *Shift, Ctrl* და *Alt* კლავიშების დაჭერა სხვა კლავიშებთან ერთად და სპეციალური კლავიშების კომბინაციები, მაგალითად, *Ctrl-Alt-Delete*.

„მაუსი“, კლავიატურასთან ერთად, პერსონალურ კომპიუტერში ინფორმაციის შემტან ძირითად მოწყობილობას წარმოადგენს. „მაუსის“ გამოყენება აუცილებელია გრაფიკულ გარსებთან ეფექტური მუშაობისათვის. ობიექტის ამორჩევა, მასზე ერთჯერადი ან ორჯერადი დაჭერა „მაუსით“ ბევრად უფრო მოსახერხებელია, ვიდრე შესაბამისი ბრძანებების კლავიატურით შესრულება.

„მაუსი“ კომპიუტერის პორტს შეიძლება უკავშირდებოდეს კაბელის ან დამატებითი მოწყობილობის საშუალებით, რომელიც იღებს რადიო ან ინფრაწითელ სიგნალებს.

მოქმედების პრინციპის მიხედვით არსებობს:

- ოპტიკურ-მექანიკური „მაუსი“;
- ოპტიკური მაუსი.

„მაუსის“ უმთავრესი მახასიათებელი მისი გარჩევისუნარიანობაა, რომელიც მის ხარისხს განაპირობებს. გარჩევისუნარიანობაა *dpi*-ობით (*dpi - dot per inch* – წერტილების რაოდენობა დიუიმზე) იზომება. „მაუსის“ ელექტრონული სქემა იმპულსების რაოდენობად აითვლის იმ მანძილს, რომლითაც გადაადგილდება „მაუსი“. მაგალითად, თუ „მაუსს“ გააჩნია 1500 *dpi* გარჩევისუნარიანობა, მარჯვნივ 1 დიუიმით გადაადგილებისას მიკროკონტრო-

ლერი იღებს ინფორმაციას მისი 1500 ერთეულით მარჯვნივ გადაადგილების შესახებ. „მაუსის“ დრაივერი გამოითვლის ამ მონაცემს, გაასაშუალოებს მას მონიტორის გარჩევისუნარიანობის მიხედვით და მოახდენს „მაუსის“ კურსორის პოზიციონირებას ეკრანზე. ამ დროს მნიშვნელობა არა აქვს „მაუსის“ გადაადგილების სიჩქარეს.

12.2. სკანერი და ციფრული კამერა

სკანერი

სკანერი არის მოწყობილობა, რომლის საშუალებითაც კომპიუტერში შეიტანება გრაფიკული ინფორმაცია – სურათები, ფოტოგრაფიები, სლაიდები, ტექსტი და ა. შ.

სკანერების კლასიფიცირება ხდება რამდენიმე კრიტერიუმის მიხედვით, რომლებიც შემდეგნაირად შეიძლება ჩამოყალიბდეს:

- გამოსახულების ფორმირების ხერხი
 - წრფივი;
 - მატრიცული.
- კინემატიკური მექანიზმი
 - ხელის (სურ. 12.1);
 - სამაგიდო (სურ. 12.2);
- დასასკანირებელი გამოსახულების ტიპი
 - შავ-თეთრი (ორდონიანი);
 - ნახევარტონური (შავი-თეთრი-ნაცრისფერი);
 - ფერადი.



სურ. 12.1. ხელის სკანერი LS-6220



სურ. 12.2. სკანერი Epson Perfection 4990 Photo Scanner

მონაცემების წაკითხვის ტექნოლოგია თანამედროვე სკანერში ეფუძნება ორი ტიპის ფოტომგრძობიარე გადამწოდის გამოყენებას. ესენია: ხელსაწყოები მუხტური

კავშირით (ხმპ) და ფოტოელექტრონული გამამრავლებლები (ფმპ).

ნებისმიერი სკანერის განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელი (აღმ). მის დანიშნულებაა ხმპ-იდან, ან ფმპ-იდან მიწოდებული ძაბვის უწყვეტად ცვლადი მნიშვნელობების ციფრულ კოდებად გარდაქმნა, რომლებიც შეესაბამება გარკვეულ ფერებს ან ნაცრისფერის გრადაციებს.

დასკანირებული გამოსახულების ხარისხი პირდაპირ კავშირშია სკანერში გამოყენებული აწმ-ს თანრიგთან. შავ-თეთრ (ორდონიან) სკანერებში ანალოგურ გარდამქმნას ასრულებს კომპარატორი, რომელიც მიღებულ ძაბვას საყრდენ ძაბვას ადარებს.

ციფრული კამერა

ციფრული კამერების (ნახ. 12.3) ძირითადი მახასიათებლებია:

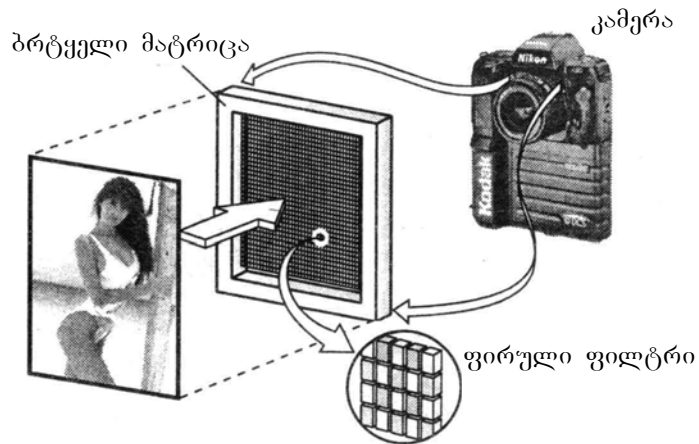
- როგორც ცალკეული კადრების, ისე კადრების თანმიმდევრობის ჩაწერის შესაძლებლობა;
- SCSI, FireWire, ან USB ინტერფეისების მხარდაჭერა;
- მოხსნადი ვინჩესტერი ან სხვა ტიპის დამგროვებელი;
- ფერების 24- ან 36-ბიტის წარმოდგენა;
- თხევადკრისტალური ეკრანი;
- პრინტერთან უშუალო შეერთების შესაძლებლობა.

12.3. პრინტერები



სურ. 12.3. Kodak-ის ფირმის ფოტოკამერა და პრინტერი

ციფრულ ფოტო და ვიდეოკამერებში გამოსახულების ფორმირების მატრიცული მეთოდი გამოიყენება (სურ. 12.4)



სურ. 12.4. გამოსახულების ფორმირება ციფრულ კამერაში

ადამიანის მოღვაწეობის ყველა სფეროში კომპიუტერული ტექნოლოგიების ფართო შეღწევამ განაპირობა სხვადასხვა ტიპის საბეჭდი მოწყობილობების გავრცელება, რომლებიც უნდა აკმაყოფილებდნენ ბეჭდვის სისწრაფის, ხარისხის, საიმედოობის და ექსპლუატაციის სიმარტივისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს.

ტრადიციულად, პრინტერის პერსონალურ კომპიუტერთან დასაკავშირებლად, პარალელური პორტი გამოიყენებოდა. ზოგიერთი ძველი მოდელის პრინტერი სტანდარტულ მიმდევრობით პორტსაც უერთდებოდა, თუმცა ეს მნიშვნელოვნად ანელებდა ბეჭდვის პროცესს, განსაკუთრებით გრაფიკულ რეჟიმში ბეჭდვის დროს.

თანამედროვე პრინტერების უმეტესობა კომპიუტერს USB პორტის საშუალებით უკავშირდება.

ნემსური (მატრიცული) პრინტერი

ნემსური პრინტერი (*Dot-matrix-printer*) (სურ. 12.5) დიდი ხნის განმავლობაში იყო კომპიუტერის სტანდარტული საბეჭდი მოწყობილობა. ნემსური პრინტერის დადებითი თვისებებია ფაქტობრივად ნებისმიერ ქაღალდზე ბეჭდვის შესაძლებლობა და ბეჭდვის დაბალი ღირებულება, ხოლო უარყოფითი თვისებებია ბეჭდვის შედარებით დაბალი ხარისხი და და დაბალი სიჩქარე.

ნემსური პრინტერის მოქმედების პრინციპი ძალიან მარტივია. გამოსახულება ფორმირდება ნემსებით, რომლებიც მოთავსებულია პრინტერის თავაკში. ქაღალდის მიწოდება ხდება ლილვის საშუალებით, ხოლო ქაღალდსა

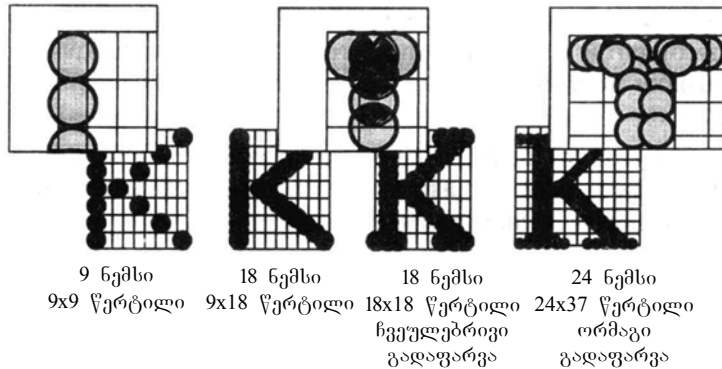
და პრინტერის თავაკს შორის მოთავსებულია შესადები ლენტი. ლენტზე ნემსის დარტყმისას ქაღალდზე რჩება შეღებილი კვალი.



სურ. 12.5. 24-ნემსიანი პრინტერი OKI Microline 6300 FB

თავაკი გადაადგილება ჰორიზონტალური მიმართულებით და იმართება ბიჯური ძრავით.

სურ. 12.6-ზე წარმოდგენილია „K“ სიმბოლოს მატრიცა თავაკში ნემსების სხვადასხვა რაოდენობის შემთხვევაში.



სურ. 12.6. „K“ სიმბოლოს მატრიცა თავაკში ნემსების სხვადასხვა რაოდენობის შემთხვევაში

ჭავჭავი პრინტერები

ჭავჭავი პრინტერის პირველი ფორმა-დამამზადებელია *Hewlett-Packard*. ჭავჭავი პრინტერის მუშაობის პრინციპი გარკვეულწილად გვაგონებს ნემსური პრინტერის მუშაობის პრინციპს. განსხვავება ის არის, რომ პრინტერის თავაკში ნემსების ნაცვლად გამოიყენება წვრილი საქშენები. პრინტერის თავაკში დაყენებულია თხევადი საღებავის რეზერვუარი. საღებავი, საქშენების გავლით, მიკრონაწილაკების სახით გადაიტანება ფურცელზე. საქშენების რაოდენობა დამოკიდებულია პრინტერის მოდელზე. მაგ. *HP Deskjet 2060* პრინტერის (სურ. 12.7) თავაკს აქვს 300 საქშენი შავი საღებავისთვის და 2060 საქშენი – ფერადი საღებავებისთვის.



სურ. 12.7. ჭავჭავი პრინტერი *HP Deskjet Ink Advantage 2060 AIO*

ფერადი ბეჭდვა ნემსური პრინტერებით არ იძლევა სასურველ ხარისხს, ხოლო ლაზერული და თერმული

პრინტერები საკმაოდ ძვირადღირებულია. სხვადასხვა ფერის საღებავების გამოყენება საკმაოდ იაფფასიანი და მისაღები ხარისხის ალტერნატივაა, რამაც ჭავლური პრინტერების ფართო გავრცელება განაპირობა.

ფერადი გამოსახულება სამი ძირითადი ფერის (Cyan-Magenta-Yellow) ზედებით მიიღება. თეორიულად სამივე ფერის მაქსიმალური გამოყენებით უნდა მიიღებოდეს შავი ფერი, თუმცა რეალურად მიიღება ყავისფერი, ან ნაცრისფერი. გარდა ამისა, მაქსიმალურია საღებავების დანახარჯი. ამიტომ ძირითადი, მეოთხე ფერის სახით, ამატებენ შავ საღებავს (black). ამრიგად, ფერად ჭავლურ პრინტერებში გამოიყენება ფერადი მოდელი CMYK (Cyan-Magenta-Yellow- black).

ლაზერული პრინტერები

ლაზერული პრინტერის (სურ. 12.8) უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია მბრუნავი დოლი, რომლის საშუალებითაც ხდება გამოსახულების ფურცელზე გადატანა. დოლი წარმოადგენს მეტალის ცილინდრს, რომელიც დაფარულია შუქგამტარი ნახევარგამტარის აფსკით.

მიკროკონტროლერის მიერ მართული ლაზერი ახდენს სინათლის ვიწრო სხივის გენერაციას, რომელიც დოლზე მიწოდებისას, შეხების წერტილში ცვლის მის ელექტრულ მუხტს. ამრიგად, დოლზე იქმნება გამოსახულების შენიღბული ელექტრული კოპიო.

მუშაობის შემდეგ საფეხურზე დოლ-დეველოპერზე დაიტანება ტონერი – საღებავი მტვერი, რომელსაც მიიზიდავს დოლი ექსპოზიციის წერტილებში და აფორმირებს გამოსახულებას.



სურ. 12.8. შავ-თეთრი ლაზერული პრინტერი HP Laserjet P3015

ფურცელი მიეწოდება მიმწოდი ღარიდან, ლილვაკების სისტემის საშუალებით. ფურცელი წინასწარ იმუხტება სტატიკური მუხტით და დოლთან შეხებისას იზიდავს ტონერის ნაწილაკებს.

ტონერის ფიქსაციისთვის ფურცელი ისევ იმუხტება, ტარდება ორ გორგოლაქს შორის და ცხელდება 180°C-მდე. დაბეჭდვის შემდეგ დოლი განიმუხტება, გასუფთავდება მიწებებული ნაწილაკებისგან და მზადაა შემდეგი ბეჭდვისთვის.

ფერად ლაზერულ პრინტერებში (სურ. 12.9), თანმიმდევრობით თითოეული ფერისთვის (Cyan, Magenta, Yellow, black), გამოსახულება ფორმირდება შუქმგრძობიარე ფერად ლენტზე. დაბეჭდვა ხდება ფურცლის ოთხჯერადი გავლით, რაც, ბუნებრივია, ამცირებს ბეჭდვის სიჩქარეს. ფერად ლაზერულ პრინტერებს გააჩნიათ ოთხი ტონერი (Cyan, Magenta, Yellow, black) და 2-4 გამკლავების წყარო.

ფერად ლაზერულ პრინტერს აქვს საკუთარი პროცესორი, მესხიერება და ვინჩესტერი. ვინჩესტერში იწერება შრიფტები და სხვადასხვა პროგრამები, რომლებიც მართავენ პრინტერის მუშაობას, აკონტროლებენ მის მდგომარეობას და ახდენენ პრინტერის მუშაობის ოპტიმიზაციას.



სურ. 12.9. ფერადი ლაზერული პრინტერი
HP LaserJet Pro CM 1415

ფერადი ლაზერული პრინტერები დიდი გაბარიტებით, ბეჭდვის ტექნოლოგიური პროცესის სირთულით და მაღალი ღირებულებით გამოირჩევიან.

XIII თაში კომპიუტერული ქსელები

დამაკავშირებელი საზებით ერთმანეთთან შეერთებული კომპიუტერები, პრინტერები და სხვა მოწყობილობები კომპიუტერულ ქსელს აფორმირებენ. ქსელის საშუალებით შესაძლებელია მოწყობილობების, მონაცემების და პროგრამების ერთობლივი გამოყენება.

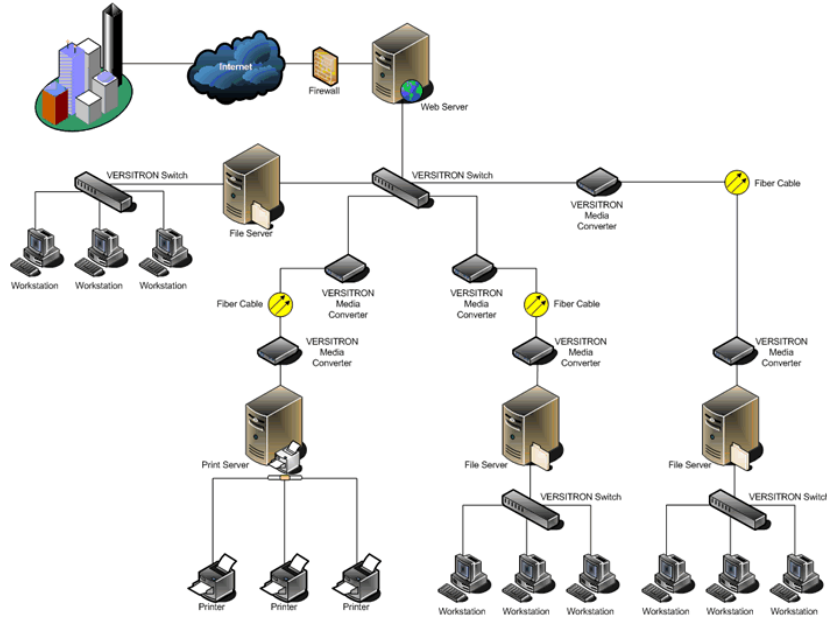
13.1. ქსელის ტიპები

- არსებობს ორი ძირითადი ტიპის ქსელი:
- ლოკალური ქსელი (LAN - Local Area Network) – ქსელი, რომელიც ერთმანეთთან ახლოს განთავსებულ კომპიუტერებს აერთიანებს (სურ. 13.1).



სურ. 13.1. ლოკალური ქსელი

- გლობალური ქსელი (*WAN - Wide Area Network*) – ქსელი, რომელიც სატელეფონო ხაზების ან სხვა რომელიმე შორი კავშირის არხების საშუალებით ფართო გეოგრაფიულ სივრცეში განთავსებულ კომპიუტერებს აერთიანებს (სურ. 13.2).

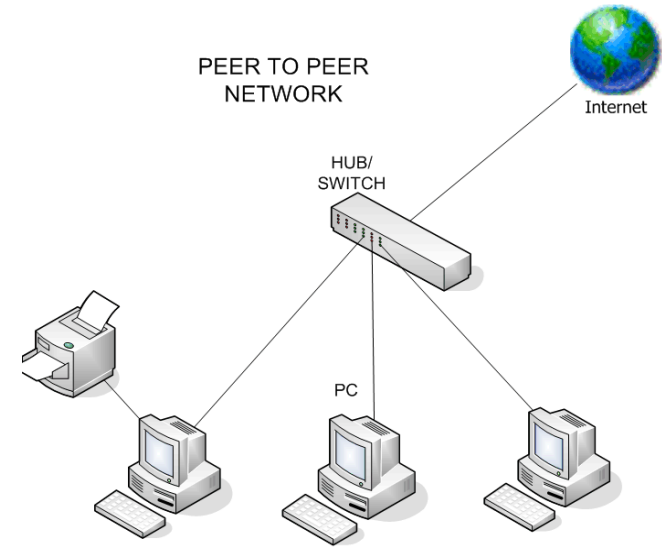


ნახ. 13.2. გლობალური ქსელი

განასხვავებენ ქსელის მუშაობის ორ ძირითად მოდელს: ერთრანგოვანი მოდელი (თანაბარი თანაბართან) (სურ. 13.3) და მოდელი კლიენტი/სერვერი (*Client/Server Network*) (სურ. 13.4).

ერთრანგოვან ქსელში ყველა კომპიუტერს თანაბარი სტატუსი – ერთი და იგივე რანგი აქვს. ამგვარ გარემოში თითოეულ კომპიუტერს შეუძლია საერთო სარ-

გებლობისთვის გამოყოს საკუთარი რესურსი, მაგალითად, პრინტერის პორტი, საქაღალდე. გამოყოფილი რესურსი შეიძლება ხელმისაწვდომი იყოს ქსელში გაერთიანებული ყველა კომპიუტერისთვის. ეკონომიურობის გამო ერთგვაროვანი ქსელი ფართოდ არის გავრცელებული მცირე ოფისებში.



სურ. 13.3. ერთგვაროვანი ქსელი

კლიენტი/სერვერის ტიპის ქსელში ყველა ძირითადი რესურსი განთავსებულია ერთ კომპიუტერზე, რომელსაც სერვერი ეწოდება. სერვერის დანიშნულებაა ქსელის კლიენტებიდან შემოსული მოთხოვნების მომსახურება. კლიენტი/სერვერის ტიპის ქსელები ბევრად უფრო დაცულია, მოხერხებულია ადმინისტრირების თვალსაზრისით და მძლავრია, ვიდრე ერთრანგოვანი ქსელი.

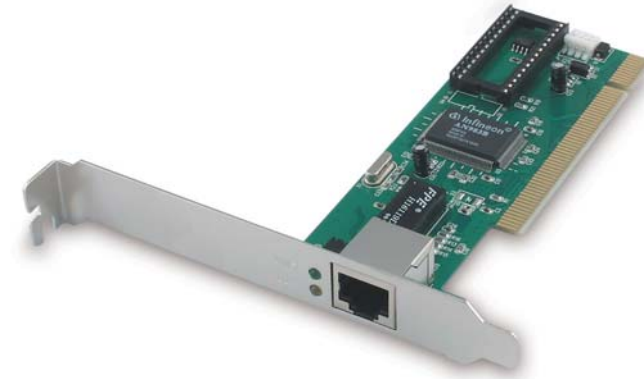


სურ. 13.4. ქსელი კლიენტი/სერვერი

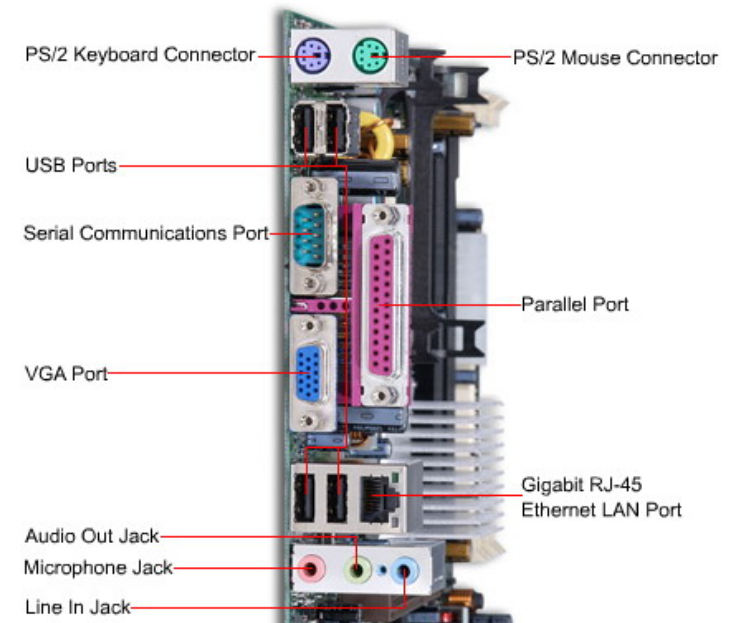
13.2. ქსელის კომპონენტები

კომპიუტერული ქსელის კომპონენტებია:

- *NIC (Network Interface card)* – ქსელის ინტერფეისის კარტა. ეს არის მოწყობილობა-კონტროლერი, რომელიც ფიზიკურად აერთებს კომპიუტერს ქსელთან და უზრუნველყოფს მის ურთიერთქმედებას ქსელის სხვა კომპიუტერებთან და მოწყობილობებთან. *NIC* შეიძლება წარმოადგენდეს პლატა-ადაპტერს (სურ. 13.5), ან ჩაშენებული იყოს კომპიუტერის სისტემურ პლატაში (სურ. 13.6).



სურ. 13.5. ქსელის პლატა-ადაპტერი



სურ. 13.6. ქსელის ჩაშენებული კონტროლერი (*Gigabit RJ-45 Ethernet LAN Port*)

- *Cables* – კაბელები. გამტარები, რომლებითაც აერთებენ ქსელის მოწყობილობებს.
- *Network Operating Software* – ქსელური სისტემური პროგრამული უზრუნველყოფა. ესაა პროგრამული უზრუნველყოფა, რომლის დანიშნულებაა ქსელის სხვადასხვა სერვისების უზრუნველყოფა.

XIV თავი ინტერნეტი

ინტერნეტი XX საუკუნის 70-ან წლებში დამუშავებული ტექნოლოგიების საფუძველზე აღმოცენდა. იგი მსოფლიო მასშტაბის კომპიუტერულ ქსელია, რომელიც სხვადასხვა საკომუნიკაციო არხებით დაკავშირებულ შედარებით მცირემასშტაბიან ქსელებს აერთიანებს.

ფუნქციურად ინტერნეტი გლობალური საკომუნიკაციო და საინფორმაციო სივრცეა, რომელიც ადამიანის სხვადასხვა სახის საინფორმაციო მომსახურებას უზრუნველყოფს. ინტერნეტის საშუალებით შეგვიძლია სწრაფად დავაყაროთ კონტაქტი მეგობრებთან, ნათესავებთან და კოლეგებთან, მივიღოთ მონაწილეობა სხვადასხვა კონფერენციებსა და ფორუმებში, ვისარგებლოთ მონაცემთა ბაზებით და ბიბლიოთეკებით, მივიღოთ უახლესი ინფორმაცია პოლიტიკური, კულტურული და სპორტული მოვლენების შესახებ.

ინტერნეტი ერთ საერთო ენაზე „მოლაპარაკე“ კომპიუტერთა გლობალურ ქსელია. მთლიანად სისტემას არავინ არ ფლობს და არ მართავს, მაგრამ ინტერნეტში მუშაობა ისე ხდება, თითქოს იგი ერთ დიდ მთლიან სისტემას წარმოადგენდეს.

ინტერნეტზე მსჯელობისას წინა პლანზე მისი ფუნქციონირების ორი მხარე გამოდის – ტექნიკური და ჰუმანიტარული. ტექნიკური თვალსაზრისით ინტერნეტი ერთმანეთთან დაკავშირებული საკუთარი უნიკალური მისამართების მქონე კომპიუტერების (ჰოსტების) ფართო ქსელია. ჰუმანიტარული თვალსაზრისით ინტერნეტი კულ-

ტურის ახალი განზომილებაა. იგი ცოდნისა და ინფორმაციის შენახვისა და გავრცელების ხერხს წარმოადგენს.

კომპიუტერის ინტერნეტთან დაკავშირებისთვის იგი უნდა გახდეს ინტერნეტში ჩართული რომელიმე ქსელის ნაწილი. ასეთ სერვისს ორგანიზაციებისთვის და ინდივიდუალური მომხმარებლებისათვის სპეციალური კომპანიები – ინტერნეტ-მომსახურების პროვაიდერები უზრუნველყოფენ.

პროვაიდერთან დაკავშირება შესაძლებელია სხვადასხვა არხებით: ჩვეულებრივი სატელეფონო ხაზით (*Dial-up, DSL*), გამოყოფილი ხაზით, უკაბელო კავშირით, სატელიტური კავშირით და სხვ. თითოეული ტიპის არხი განსაზღვრავს ინტერნეტთან კავშირის სიჩქარეს და ხარისხს.

ინტერნეტთან კავშირის სიჩქარე იზომება წამში გადაცემული ბიტების რაოდენობით (*bps*). არსებობს სხვადასხვა სიდიდის ერთეულები *Kbps* – წამში ათასი ბიტი, *Mbps* – წამში მილიონი ბიტი, *Gbps* – წამში მილიარდი ბიტი.

მოწყობილობას, რომელიც სატელეფონო ხაზების საშუალებით უზრუნველყოფს კომპიუტერის კავშირს სხვა კომპიუტერთან, მოდემი ეწოდება. მოდემი კომპიუტერიდან გამომავალ ციფრულ სიგნალებს სატელეფონო ხაზისთვის დამახასიათებელ ანალოგურ სიგნალებად გარდაქმნის და პირიქით, სატელეფონო ხაზიდან შემავალ ანალოგურ სიგნალებს – კომპიუტერისთვის გასაგებ ციფრულ სიგნალებად.

როგორც აღვნიშნეთ, ინტერნეტი ერთმანეთთან დაკავშირებულ არაერთგვაროვან ქსელებს აერთიანებს. თითოეული ქსელი შეიძლება სხვადასხვა ტიპის კომპიუტე-

რებს შეიცავდეს. სისტემების ურთიერთქმედების უზრუნველყოფისათვის საჭიროა საერთო „ენა“, რომლის მოვალეობასაც ინფორმაციის გაცვლის განაწესი – პროტოკოლი (*Protocol*) – ასრულებს.

განასხვავებენ ორი ტიპის განაწესს – საბაზოს და გამოყენებითს. საბაზო განაწესი უზრუნველყოფს ინფორმაციის ფიზიკურ გადაადგილებას ქსელში. ეს განაწესია *TCP/IP (Transport Control Protocol/Internet Protocol)*. მისი საშუალებით ხდება ინფორმაციის სწრაფი და საიმედო გადაცემა. გასაგზავნი შეტყობინებები მცირე ზომის პაკეტებად იყოფა, რომლებიც ინომრება, სპეციალური მისამართებით აღიჭურვება და იგზავნება.

პაკეტის ზომის სიმცირე ქსელში მის სწრაფად გადაადგილებას განაპირობებს და არ იწვევს არხის დიდი ხნით დაკავებას. მცირე დროის შემდეგ პაკეტები თავს იყრის მისამართში მითითებულ მიმღებ კომპიუტერში და იქვე გაერთიანდება.

გამოყენებითი განაწესები პასუხს აგებენ სპეციალური მომსახურების უზრუნველყოფაზე. მაგალითად, *HTTP* განაწესი პასუხს აგებს ჰიპერტექსტური ვებ-გვერდების გადაცემაზე, *FTP* განაწესი – პროგრამებისა და მონაცემების – ფაილების გადაცემაზე.

14.1. ინტერნეტის მისამართების სისტემა. რესურსის უნიფიცირებული მისამართი

ინტერნეტში ჩართულ თითოეულ კომპიუტერს უნიკალური მისამართი (*IP address*) ენიჭება. *IP* მისამართი წერტილებით გამოყოფილი ოთხი რიცხვისგან შედგება. თითოეული რიცხვის დიაპაზონია 0-255. მაგალითად: 217.72.130.138. ვინაიდან *IP* მისამართის ზომა არის 4 ბაიტი ანუ 32 ბიტი, შესაძლებელია გვქონდეს $2^{32} = 4294967296$ რაოდენობის განსხვავებული *IP* მისამართების სივრცე. გარდა *IP* მისამართისა, კომპიუტერის ინტერნეტის ქსელში ჩასართავად მას უნდა მიენიჭოს სხვა *TCP/IP* პარამეტრები. კერძოდ *Subnet mask*, *Default gateway*, *DNS server*.

Subnet mask (ქსელის ნიღაბი) განსაზღვრავს, თუ რა ზომისაა ლოკალური ქსელი, რომელშიც ჩართულია მოცემული კომპიუტერი.

Default gateway – გასასვლელი მიუთითებს იმ კომპიუტერის ან ქსელური მოწყობილობის *IP* მისამართს, რომლის გავლითაც მოცემული ლოკალური ქსელის კომპიუტერები სხვა ქსელის კომპიუტერებს უკავშირდება. ერთ ლოკალურ ქსელში ჩართული კომპიუტერების ერთმანეთთან დაკავშირება უშუალოდ, *Default gateway*-ს გარეშე ხდება.

DNS server – სერვერის *IP* მისამართი, რომელიც კომპიუტერის დომენური სახელის მის *IP* მისამართში გადაყვანას უზრუნველყოფს.

კომპიუტერის *IP* მისამართები შეიძლება იყოს სტატიკური ან დინამიური. სტატიკური *IP* მისამართი კომპიუტერს უშუალოდ მომხმარებლის მიერ ენიჭება და

სანამ მომხმარებელი მას არ შეცვლის, იგი უცვლელია. დინამიური *IP* მისამართი კომპიუტერს *DHCP* (*Dynamic Host Configuration Protocol*) სერვერის მიერ ენიჭება, ანუ კომპიუტერის *IP* მისამართი მისი ქსელში ჩართვის შემთხვევაში შეიძლება იყოს განსხვავებული. *DHCP* სერვერის მეშვეობით კომპიუტერს ენიჭება ასევე *TCP/IP* პროტოკოლის სხვა პარამეტრებიც: *Subnet mask*, *Default gateway* და *DNS server*.

ვინაიდან *IP* მისამართების რაოდენობა მკაცრად შეზღუდულია, თავისუფალი *IP* მისამართების რაოდენობა დროთა განმავლობაში სულ უფრო მცირდება. ამიტომ გამოიყენება კომპიუტერის როგორც რეალური, ასევე არარეალური *IP* მისამართები. რეალური *IP* მისამართი უნიფიცირებულია ანუ არ მეორდება. არარეალური *IP* მისამართები კი მხოლოდ გარკვეული ლოკალური ქსელის მასშტაბით მოქმედებენ, ქსელის გარეთ კი ეს მისამართები უჩინარია. ინტერნეტში მათ იგივე *IP* მისამართი აქვთ, რაც მათ ინტერნეტში გასასვლელს – *Default gateway*-ს. არარეალური მისამართების ერთ რეალურ მისამართად გადაყვანას *NAT* (*network address translation*) ტექნოლოგია უზრუნველყოფს, რომელიც იმ ქსელურ მოწყობილობაზეა გაშვებული, რომელიც *Default gateway*-ს ფუნქციას ასრულებს.

ადამიანისათვის რიცხვებით ჩაწერილი მისამართების დამახსოვრება საკმაოდ რთული და მოუხერხებელია. მომხმარებელთა მუშაობის გამარტივების მიზნით 1983 წელს შეიქმნა დომენურ სახელთა სისტემა (*DNS - Domain Name System*), რომლის მიხედვითაც თითოეულ მისამართს შეესაბამება ერთი ან რამდენიმე ტექსტური

სახელი და პირიქით. საკვანძო კომპიუტერთან დასაკავშირებლად შეგვიძლია გამოვიყენოთ როგორც IP მისამართი, ისე დომენური სახელი. DNS ავტომატურად და მომხმარებლისგან ფარულად საიტის სახელს IP-მისამართად გარდაქმნის. დომენური სახელების სინტაქსი შემდეგნაირად გამოიყურება:

<მე-3 დონის დომენი>. <მე-2 დონის დომენი 2>.

<1-ლი დონის დომენი>.

მაგ. www<3 დონის დომენი>google<2 დონის დომენი>.

ge<1 დონის დომენი>.

დომენურ სახელში 1-ელი დონის დომენი ადრესატის ქვეყნის ან საქმიანობის სფეროს განსაზღვრავს. თავდაპირველად პირველი დონის ექვსი დომენი არსებობდა:

- .com – კომერციული ორგანიზაციები;
- .edu – სასწავლო და სამეცნიერო ორგანიზაციები;
- .gov – სახელმწიფო ორგანიზაციები;
- .mil – სამხედრო ორგანიზაციები;
- .net – ქსელური ორგანიზაციები;
- .org – სხვადასხვა არაკომერციული, უმეტესად საგანმანათლებლო ორგანიზაციებია.

ინტერნეტის აშშ-ს გარეთ გაფართოებასთან ერთად გამოჩნდა პირველი დონის ნაციონალური დომენები (*uk, fr, it, ru, ge* და ა.შ.).

თავდაპირველად დომენური სახელების რეგისტრაციას ერთადერთი ორგანიზაცია – *InterNIC* ახორციელებდა. 1998 წლიდან რეგისტრაციის უფლება სხვა კომპანიებსაც მიეცათ. საქართველოში ამას ახორციელებს საქართველოს ინტერნეტგანვითარების ფონდი.

მე-2 დონის დომენი განსაზღვრავს რომელიმე ქსელის ან ორგანიზაციის გეოგრაფიულ სახელწოდებას.

World Wide Web (WWW) წარმოადგენს მართვის მარტივ გრაფიკულ ინტერფეისს ინტერნეტის დოკუმენტების დასათვალიერებლად. ეს დოკუმენტები და მათი ურთიერთგადასვლის კავშირები ქმნის საინფორმაციო ქსელს.

Web შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ დიდი ბიბლიოთეკის სახით, *Web* კვანძები – როგორც წიგნები, ხოლო *Web* გვერდები – ამ წიგნების გვერდები. გვერდები შეიძლება შეიცავდეს მრავალფეროვან ტექსტურ, აუდიო, ვიდეო ინფორმაციას. ეს გვერდები შეიძლება მოთავსდეს მსოფლიოს ნებისმიერი ქვეყნის კომპიუტერში.

გვერდიდან გვერდზე გადასვლა ხდება ე.წ. *Hyperlink*-ების (მიმართვების) საშუალებით. მიმართვა ხაზგასმულ სიტყვას ან სურათს წარმოადგენს, რომელიც *web*-ის მისამართს შეიცავს (ცნობილია, როგორც *URL – Universal Resource Locator* მისამართი). მიმართვის ამორჩევისას სრულდება გადასვლა კონკრეტული კვანძის განსაზღვრულ გვერდზე. მიმართვის გარჩევა რთული არ არის.

ინტერნეტში არსებულ ნებისმიერ დოკუმენტს უნიკალური მისამართი აქვს, რომელიც ცალსახად განსაზღვრავს მის ადგილმდებარეობას გლობალურ ქსელში. ამ მისამართს რესურსის უნიფიცირებული მისამართი (*URL*) ეწოდება. იგი სამი ნაწილისგან შედგება, რომელიც ინტერნეტში შესაბამისი დოკუმენტის პოვნას უზრუნველყოფს. მაგალითად:

URL: http://www.avoe.ge/movies/

სადაც:

[http://](http://www.avoe.ge) არის განაწესის სახელი, რომელიც ვებ-სერვერიდან შესაბამისი ვებ-გვერდის მომხმარებლის კომპიუტერზე გადაცემას უზრუნველყოფს.

www.avoe.ge – სერვერის დომენური სახელი.

[/movies/](#) – არის სერვერის იმ დირექტორიის სახელი, რომელიც საჭირო ვებ-გვერდს შეიცავს.

14.2. ინტერნეტის ძირითადი სერვისები

World Wide Web (WWW – მსოფლიო აბლაბუდა) ინტერნეტის ყველაზე პოპულარულ სერვისს წარმოადგენს. *WWW* სერვისი ჰიპერტექსტურ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებულ ინფორმაციის შენახვისა და გადაცემის საშუალებას წარმოადგენს. ჰიპერტექსტური დოკუმენტი შეიძლება შეიცავდეს ტექსტს, გრაფიკას, ანიმაციას, ხმას, ვიდეო ფრაგმენტს და ჰიპერბმულებს (*Hyperlink*).

ჰიპერბმულების საშუალებით ვებ-გვერდთან დაკავშირებულია სხვა რესურსები. ჰიპერბმულების გააქტიურება და მასთან დაკავშირებული რესურსის გამოტანა ხდება ბმულზე მაუსის დაწკაპუნებით.

WWW მომსახურებას ინტერნეტში ჩართული ათასობით ვებ-სერვერი უზრუნველყოფს. ვებ-სერვერზე განთავსებულია ვებ-საიტები. ვებ-საიტი ერთმანეთთან ჰიპერბმულებით დაკავშირებულ ვებ-გვერდების კრებულს წარმოადგენს.

ვებ-გვერდების შესაქმნელად სპეციალური ენა – *HTML (Hypertext Markup Language)* – გამოიყენება.

ვებ-საიტზე არსებული ინფორმაციის დასათვალიერებლად სპეციალური პროგრამები – ვებ-ბროუზერები – გამოიყენება, რომლებიც მომხმარებლის კომპიუტერზე დაინსტალირებული.

ჩვეულებრივ, *WWW* სერვისის გამოყენებისას, მომხმარებელი რომელიმე ვებ-საიტზე მისთვის საინტერესო ვებ-გვერდს პოულობს. ვებ-გვერდის დათვალიერებისას იგი შეიძლება დაინტერესდეს ჰიპერბმულით წარმოდგენილი რომელიმე ობიექტით. ბმულზე დაწკაპუნებით ბროუზერის ფანჯარაში მასთან დაკავშირებული ვებ-გვერდი იხსნება, რომელიც იგივე ან სხვა, ათასობით კილომეტრით დაშორებულ ვებ-სერვერზეა განთავსებული. ანალოგიურად, მიღებული დოკუმენტიდან შესაძლებელია სრულიად სხვაგან გადანაცვლება და ა.შ., დაუსრულებლად „ხეტიალი“ საინფორმაციო სივრცეში.

ელექტრონული ფოსტა ინტერნეტის ერთ-ერთი ყველაზე მასობრივი სერვისია. მისი საშუალებით შესაძლებელია შეტყობინებების ანუ ელექტრონული წერილების გაგზავნა მითითებულ მისამართზე და მიღება ელექტრონულ საფოსტო ყუთში. ელექტრონულ წერილში შესაძლებელია ტექსტური, გრაფიკული ან სხვა ტიპის ფაილების მოთავსება და გაგზავნა. სერვისის პოპულარობა განპირობებულია როგორც გამოყენების სიმარტივით, ასევე მისი სიიაფით და მოხერხებულობით. ელექტრონულ წერილს, ჩვეულებრივი წერილის მსგავსად, თან ახლავს წერილის გამგზავნისა და წერილის მიმღების მისამართები. ელექტრონული ფოსტის მისამართს აქვს შემდეგი ფორმატი:

მომხმარებლის სახელი@სერვერის სახელი

მომხმარებლის სახელი განისაზღვრება ელექტრონული ფოსტის მისამართის მფლობელის მიერ და მისი საფოსტო ყუთის სახელს წარმოადგენს.

სერვერის სახელი განსაზღვრავს საფოსტო ყუთის ადგილმდებარეობას ანუ იმ სერვერის დომენის სახელს, რომელზედაც განთავსებულია საფოსტო ყუთი.

ლიტერატურა

1. Scott Mueller. Upgrading and Repairing PCs. 20th Edition. Published by Que. 2012.
2. A. Tanenbaum. Structured Computer Organization. Fifth Edition. 2007.
3. Peter Norton. Introduction To Computers 6th edition. 2008.
4. Мюллер Скотт. Модернизация и ремонт ПК. 18-е издание. Пер. с англ. – М.: издательский дом "Вильямс" 2009. - 1512 с.: ил.
5. William Stallings. Computer Organization & Architecture. Designing for Performance. Seventh Edition. 2006.
6. Vincent Heuring, Harry Jordan. Computer Systems Design and Architecture. 2nd Edition. 2003.
7. ა. ბენაშვილი. პერსონალური კომპიუტერის არქიტექტურა. თბ. „საქართველოს უნივერსიტეტი“. მე-2 გამოცემა. I ნაწილი. 2011 – 313 გვ.
8. ა. ბენაშვილი. პერსონალური კომპიუტერის არქიტექტურა. თბ. „საზოგადოებრივ მეცნიერებათა უნივერსიტეტი“. 2007 - 433 გვ.
9. ბენაშვილი ა. პერიფერიული მოწყობილობების ინტერფეისები. ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2006 – 125 გვ.: ილ.