

საბაკალავრო პროგრამა – ელექტრონიკა

საღეპციო კურსი – ელექტრონიკის შესავალი

პრაქტიკული მეცადინეობის კონსპექტი.

ციფრული და ანალოგური ელექტრონიკის საწყისები

სარჩევი

1. ციფრული ელექტრონიკის საწყისები

თემა 1. ინფორმაციის ერთეული და თვლის ორობითი სისტემა (1 მეცადინეობა).

თემა 2. ციფრული ელექტრონიკის ელემენტები (2 მეცადინეობა).

თემა 3. ელექტრონიკის ძირითადი ციფრული ხელსაწყოები (2 მეცადინეობა).

2. ანალოგური ელექტრონიკის საწყისები

თემა 1. ძირითადი ელექტრონული კომპონენტები (2 მეცადინეობა).

თემა 2. ოპერაციული გამაძლიერებლები (2 მეცადინეობა).

3. ელექტრონული გაზომვების საწყისები

თემა 1. ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელები (1 მეცადინეობა).

თემა 2. ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელები (1 მეცადინეობა).

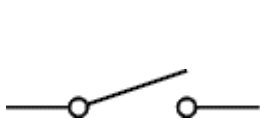
თემა 1. ინფორმაციის ერთეული და თვლის ორობითი სისტემა.

ინფორმაცია, ზოგადად, ასახავს სისტემის (გარკვეული ნიშნებით და ფუნქციონალური კავშირებით გაერთიანებულ ობიექტთა ერთობლიობის) თვისობრივ და რაოდენობრივ (რიცხოვრივ) მახასიათებლებს. ინფორმაცია - სისტემის ასახვის, ან აღწერის საშუალებაა სხვადასხვა ფიზიკური და სიმბოლური საშუალებებით.

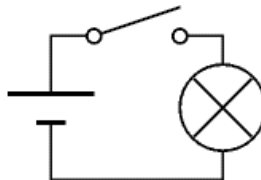
ნებისმიერი სირთულის ელექტრონულ სისტემებში, ამა თუ იმ სახით, მიმდინარეობს ინფორმაციის გადაცემა ან გარდაქმნა. 1948 წელს კლოდ შენონმა¹ ([Claude E. Shannon](#)) შემოიღო ინფორმაციის საზომი ერთეული ბიტი (**bit**). ეს უმარტივესი ცნებაა რომელიც გამოიყენება ინფორმაციის თეორიაში, კავშირგაბმულობაში, გამოთვლებში და მრავალ სხვა დარგში.

ინფორმაციის ერთეულს, ბიტს, შეუძლია მიიღოს მხოლოდ ორი რიცხვითი მნიშვნელობა: **0** ან **1**. ამ ორ მნიშვნელობაზე დაყრდნობით და სხვადასხვა დამატებითი წესების შემოღებით შეგვიძლია ავაგოთ სხვადასხვა სირთულის ინფორმაციული სისტემები (ან საინფორმაციო ბლოკები), რომლებიც ასახავენ ჩვენს გარშემო არსებულ ფიზიკურ გარემოს ინფორმაციული მოდელების სახით.

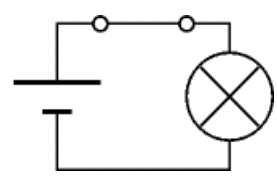
0-სა და 1-ის ანალოგებია “არა” და “დიახ”, სისტემის ან საგნის რაიმე თვისების “არარსებობა” და “არსებობა”. ელექტრონიკაში, უმარტივეს შემთხვევაში, ეს შეიძლება იყოს გამორთული (მდგომარეობა 0) და ჩართული (მდგომარეობა 1) ელექტრული ჩამრთველი, ან გამორთული და ჩართული ელექტრული წრედი დენის წყაროთი, ჩამრთველით და ნათურით.



ნახატი 1.1.ა. ელექტრული ჩამრთველი 0 მდგომარეობაში

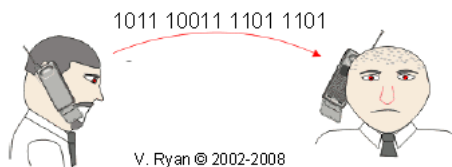


ნახატი 1.1.ბ. ელექტრული ჩამრთველი და ნათურა 0 მდგომარეობაში არიან: ორივე გამორთულია

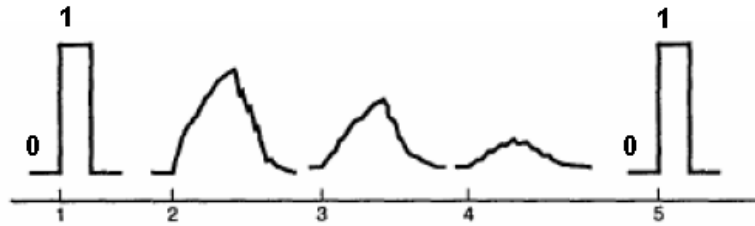


ნახატი 1.1.გ. ელექტრული ჩამრთველი და ნათურა 1 მდგომარეობაში არიან: ორივე ჩართულია

თუ ინფორმაციის წარმოდგენისგადაცემის ან დამუშავების დროს მხოლოდ ამ ორ სიმბოლოს ვიყენებთ, ინფორმაციის ელექტრონული საშუალებებით გადაცემა, მიღება, გარჩევა და დამუშავება მეტად მარტივი და საიმედოა ტექნიკური თვალსაზრისით.



¹ გამოჩენილი მეცნიერი, ინფორმაციის და კომუნიკაციის თეორიის ფუძემდებელი.



ნახატი 1.2. პირველი (1) და მეხუთე (5) სიგნალებს იდენტიფიცირება და აღწერა მარტივია და ცალსახაა: დროის გარკვეულ ინტერვალზე სიგნალი ხასიათდება დაბალი მნიშვნელობით – 0, მყისიერად აღწევს მაღალ მნიშვნელობას – 1, და შემდგომში ისევ უბრუნდება პირველად დაბალ მნიშვნელობას – 0. სიგნალები 2, 3 და 4 ვერ დახასიათდება ასე მარტივად, მოითხოვენ გარკვეული სკალის შემოღებას და ხასიათდებიან მრავალი მნიშვნელობით. საქმე იმაშია, რომ ფიზიკური სამყარო, ფიზიკური მოვლენები, მათი მოდელები, მოდელების აღმწერი ინფორმაცია - მარტივი არ არის, საჭიროა მეტი მოქნილობით მისი აღწერა.

ამ გარემოების გამო, ელექტრონიკაში მეტად ხელსაყრელია **ორობითი თვლის სისტემის** გამოყენება.

ჩვენ მიჩვეულები ვართ თვლის ათობით სისტემას, რომლის, გაგისხენოთ, თითოეული **თანრიგი** მდგომარეობის ათი მნიშვნელობით ხასიათდება – ან შეუძლია ათი მნიშვნელობა მიიღოს:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

ათობით სისტემაში გამოსახული რიცხვი, მაგალითად **1234**, წარმოადგენს სიმბოლურ (კოდირებულ) **“ინფორმაციულ ბლოკს”**, რომლის აღქმა მოითხოვს გარკვეული ინფორმაციის (კოდირების/დეკოდირების წესების) ცოდნას და ამ **სიმბოლური გრაფიკული გამოსახულების** გარკვეული თვისებების დაფიქსირებას:

- სისტემა ათობითია (მიჩვეულები ვართ ათობით სისტემას და იშვიათად თუ მოუვა თავში ვისმეს იკითხოს თუ რა სისტემაშია გამოსახული ეს რიცხვი);
- სიმბოლოებს უკავიათ ინფორმაციული შინაარსით დატვირთული ადგილმდებარეობა - **პოზიცია** (მაგალითში ვიზუალურად **ვაიგივებთ** თანმიმდევრულად განლაგებულ ოთხ სხვადასხვა სიმბოლოს; ვიცით რომ მარჯვენა მხრიდან დაწყებული, მარცხნივ მოძრაობისას მათ სხვადასხვა შინაარსი ენიჭებათ: $1234 = 1000 + 200 + 30 + 4$);
- ვიცით სიმბოლოების რაოდენობრივი მნიშვნელობა (ვიცით არითმეტიკის საფუძვლები);
- ვიცით, აგრეთვე, სხვა, შინაარსობრივად იგივე ინფორმაციის მატარებელი **გრაფიკული გამოსახულების** (ანუ **ფორმულის**) მნიშვნელობა და არსი (ვიცით რას წარმოადგენენ შეკრებისა და გამრავლების ოპერაციები), ანუ როგორ წარმოვიდგინოთ გამოსახულება შემადგენელ ნაწილებად დაშლილი სახით:

$$1234 = 1000 * 1 + 100 * 2 + 10 * 3 + 4. \quad (1.1)$$

რიცხვები **1, 10, 100** და **1000** იგივე წესით განიმარტება.

ათობითი სისტემა მეტად სასარგებლო გამოგონებაა და ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში. ეს **პოზიციური სისტემაა**, რადგან თვითოეული სიმბოლოს რაოდენობრივი მნიშვნელობა განისაზღვრება მისი პოზიციით რიცხვში (რიცხვის

გრაფიკულ/სიმბოლურ გამოსახულებაში). მარტივად რომ ვთქვათ, ერთეულთა რაოდენობის გასარკვევად ჩვენ ვაჯგუფებთ მათ ათეულებათ, ასეულებათ, ათასეულებათ და ა.შ., და ამ ტიპიური ჯგუფების რაოდენობებს გამოვსახავთ გარკვეული წესით, ანუ რიცხვის სახით. თითოეული თანრიგი ოპერირებს წინა თანრიგის შესაძლო მაქსიმალური მნიშვნელობით როგორც თვლის ერთეულით.

ფორმულა (1.1) შეესაბამება ცხრილს:

ცხრილი 1.1

თანრიგის ნომერი, პოზიციის ნომერი	...	№4	№3	№2	№1
რიცხვის ამსახველი სიმბოლო (თანრიგის კოეფიციენტი)	...	1	2	3	4
ოპერაციის შინაარსი	...	1*1000	2*100	3*10	4*1
ოპერაციის შედეგი	...	1000	200	30	4
შეკრების შედეგი	...	1234	234	34	4

დავუბრუნდეთ ბიტის ცნებას და განვიხილოთ პოზიციური სისტემა, რომელშიც თითოეული თანრიგის სიმბოლო დაშვებულია იყოს 0 ან 1. ეს **ორობითი** სისტემა იქნება, რადგან თანრიგს მხოლოდ ორი მნიშვნელობის მიღება შეუძლია. ათობითი სისტემის შემთხვევაში, მეზობელ თანრიგებში შემავალი ერთი და იგივე სიმბოლო ერთმანეთისაგან “წონით” ათ ჯერ განსხვავდება, ორობითი სისტემის შემთხვევაში კი მხოლოდ ორჯერ.

შევხედოთ როგორ შეიცვლება ცხრილი ორობითი სისტემისათვის და რას წარმოადგენს, მაგალითად, ორობითი რიცხვი 1011.

ცხრილი 1.2

თანრიგის ნომერი, პოზიციის ნომერი	...	№4	№3	№2	№1
რიცხვის ამსახველი სიმბოლო (თანრიგის კოეფიციენტი)	...	1	0	1	1
ოპერაციის შინაარსი ათობითში	...	1*8	0*4	1*2	1*1
ოპერაციის შედეგი ათობითში	...	8	0	2	1
შეკრების შედეგი ათობითში	...	11	3	3	1

თანრიგის კოეფიციენტები ღებულობენ მხოლოდ ორ მნიშვნელობას – 0, 1. ორობითი რიცხვი 1011 გადაიყვანება ათობით სისტემაში ფორმულით:

$$1011_2 = 1*8 + 0*4 + 1*2 + 1*1 = 11. \quad (1.2)$$

ფორმულის მარცხენა მხარე გამოსახულია ორობით სისტემაში, რაც აღნიშნულია ინდექსით, ხოლო მარჯვენა ათობითში და განმარტავს ორობითი რიცხვის შინაარსს. მაგალითისათვის კიდევ ერთი რიცხვი:

$$11011011_2 = 1*128 + 1*64 + 0*32 + 1*16 + 1*8 + 0*4 + 1*2 + 1*1 = 219 \quad (1.3)$$

ორობითი რიცხვების ათობითში გარდაქმნისათვის ყოველთვის მოხერხებულია ცხრილის გამოყენება. ორივე განხილული რიცხვიდათვის მათ ექნებათ შემდეგი სახე:

ცხრილი რიცხვისათვის 1011

თანრიგის გამომსახველი ფორმულა	2^3	2^2	2^1	2^0
-------------------------------	-------	-------	-------	-------

ორობითი თანრიგის ათობითი მნიშვნელობა	8	4	2	1
ორობითი რიცხვის თანრიგების მნიშვნელობები	1	0	1	1

ცხრილი რიცხვისათვის 11011011

ფორმულა	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
ათობითი მნიშვნელობა	128	64	32	16	8	4	2	1
ორობითი რიცხვის თანრიგები	1	1	0	1	1	0	1	1

ცხადია, რომ ორობით სისტემაში გამოსახული რიცხვი მეტ თანრიგს მოითხოვს და ჩვენთვის რთულად აღსაქმელია, მაგრამ ინფორმაციის გადაცემის და დამუშავების თვალსაზრისით უფრო მოხერხებულია და საიმედოა.

როგორი ფუძეც არ უნდა შეესაბამებოდეს თვლის სისტემას, საგანთა რაოდენობა - რომელსაც რიცხვი აღნიშნავს - არ იცვლება. იცვლება ამ რაოდენობის გამომხატველი კოდირებული სიმბოლური გამოსახულება. ზოგადად ეს რაოდენობა, ანუ რიცხვი გამოსახული q ფუძის მქონე სისტემაში, ათობით სისტემაში გამოისახება ფორმულით:

$$N_q = K_n q^n + K_{n-1} q^{n-1} + \dots + K_1 q^1 + K_0 q^0, \quad (1.4)$$

q - თვლის სისტემის ფუძე,

N_q - რიცხვი გამოსახული q ფუძის მქონე სისტემაში,

K_n - თანრიგის კოეფიციენტი,

n - რიცხვის თანრიგიანობა.

1.3 ცხრილში მოყვანილია რამდენიმე მაგალითი. მიაქციეთ ყურადღება, რომ ერთი და იგივე რიცხვისათვის - 31, ორობით თვლის სისტემაში დაგვჭირდა ხუთი თანრიგი, სხვა სისტემებში 2 თანრიგი. 31-მდე თვლიცას ორობითი სისტემის ყველა თანრიგი ცვლიდა თავის მდგომარეობას. რვაობით სისტემაში თვლისას უფროსმა თანრიგმა მიიღო მნიშვნელობები 0, 1, 2, 3, ხოლო უმცროსმა 4 ჯერ გაიარა ყველა მნიშვნელობა 0-დან 7-მდე, ანუ ორჯერ გამოვიყენეთ 8 გრაფიკული სიმბოლო. თექვსმეტობითში თვლილსას მხოლოდ ორი თანრიგი იყო გამოყენებული, მაგრამ ორჯერ თექვსმეტი სიმბოლოს გავლა დაგვჭირდა. ათობითი სისტემიდან გადმოღებული ციფრული სიმბოლოების “უკმარისობის” გამო ამ თვლის სისტემაში გამოიყენება ლათინური ანბანის სიმბოლოები.

ცხრილი 1.3

$q = 2$	$q = 8$	$q = 10$	$q = 16$
0	0	0	0
1	1	1	1
10	2	2	2
11	3	3	3
100	4	4	4
101	5	5	5
110	6	6	6
111	7	7	7
1000	10	8	8
1001	11	9	9
1010	12	10	A

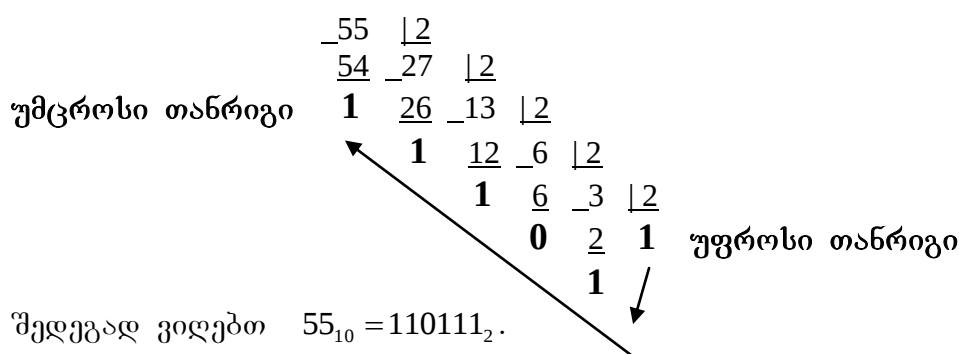
1011	13	11	B
1100	14	12	C
1101	15	13	D
1110	16	14	E
1111	17	15	F
10000	20	16	10
10001	21	17	11
10010	22	18	12
10011	23	19	13
10100	24	20	14
10101	25	21	15
10110	26	22	16
10111	27	23	17
11000	30	24	18
11001	31	25	19
11010	32	26	1A
11011	33	27	1B
11100	34	28	1C
11101	35	29	1D
11110	36	30	1E
11111	37	31	1F

ფორმულა 1.4 გამოსახული ორობითი სისტემისათვის, იღებს სახეს:

$$N_2 = K_n 2^n + K_{n-1} 2^{n-1} + \dots + K_3 * 8 + K_2 * 4 + K_1 * 2 + K_0 * 1, (1.5)$$

სადაც თანრიგის კოეფიციენტები მხოლოდ ორ მნიშვნელობას იღებენ 0 ან 1. დიცხვების გამოსახვისათვის, სხვა სისტემებთან შედარებით, თანრიგების უ რო დიდი რაოდენობა გვჭირდება, მაგრამ ინფორმაციის ცალსახად, შეცდომების გარეშე გადასაცემათ, ეს სისტემა საუკეთესოა.

ათობით სისტემაში გამოსახული რიცხვის ორობითში გადაყვანა ხდება მარტივი წესებით. მაგალითად, რიცხვი 55-თვის თანმიმდევრული გაყოფით 2-ზე განისაზღვრება თანრიგების კოეფიციენტები:



რაში მდგომარეობს ამ პროცედურის არსი? ფორმულა 1.5-დან გამომდინარე, ჩვენ თანმიმდევრულად ვადგენთ K_i კოეფიციენტების მნიშვნელობებს. პირველი ნაბიჯი წარმოვიდგენს საწყისს რიცხვს ასეთი სახით:

$$N_2 = 2 * (K_n 2^{n-1} + K_{n-1} 2^{n-2} + \dots + K_3 * 4 + K_2 * 2 + K_1) + K_0 * 1, \text{ ანუ } 55 = 2 * 27 + 1.$$

გარკვეულია ორობითი რიცხვის უმცირესი თანრიგის მნიშვნელობა K_0 . მეორე ნაბიჯი იმეორებს იგივე ოპერაციას ფრჩხილებში მოქცეულ რიცხვთან:

$$K_n 2^{n-1} + K_{n-1} 2^{n-2} + \dots + K_3 * 4 + K_2 * 2 + K_1 = 2 * (K_n 2^{n-2} + K_{n-1} 2^{n-3} + \dots + K_3 * 2 + K_2) + K_1.$$

ადებული მაგალითისათვის $27 = 2 * 13 + 1$. ამით გარკვეულია მეორე ორობითი თანრიგის, ანუ K_1 მნიშვნელობა. შემდეგი ნაბიჯები თანმიმდევრულად ადგენენ დარჩენილი თანრიგების მნიშვნელობებს. მთლიანობაში ოპერაცია ასე გამოიყურება:

ცხრილი 14

ფორმულა	რიცხვი	კოეფიციენტი
$2 * (K_5 * 16 + K_4 * 8 + K_3 * 4 + K_2 * 2 + K_1) + K_0$	$55 = 2 * 27 + 1$	$K_0 = 1$
$2 * (K_5 * 8 + K_4 * 4 + K_3 * 2 + K_2) + K_1$	$27 = 2 * 13 + 1$	$K_1 = 1$
$2 * (K_5 * 4 + K_4 * 2 + K_3) + K_2$	$13 = 2 * 6 + 1$	$K_2 = 1$
$2 * (K_5 * 2 + K_4) + K_3$	$6 = 2 * 3 + 0$	$K_3 = 0$
$2 * (K_5) + K_4$	$3 = 2 * 1 + 1$	$K_4 = 1$
K_5	$1 = 1$	$K_5 = 1$

შესაძლებელია გადაყვანის პროცედურა უფრო მარტივად ჩაიწეროს.	55	1
შინაარსი ამით არ იცვლება, იცვლება მხოლოდ ფორმა. ორზე	27	1
ზეპირად გაყოფა მარტივი ოპერაციაა, ამის გამო გავამარტივოთ	13	1
ჩაწერა – გამოვტოვოთ ორზე გაყოფის ჩაწერა და გამოკლების	6	0
ჩაწერა. ვერტიკალურად გავლებული ხაზის მარცხენა მხარეს	3	1
იწერება გაყოფის შედეგი, ხოლო მარჯვენა მხარეს ნაშთი, ანუ	1	1
სათანადო თანრიგის კოეფიციენტი.		

არსებობს კიდევ ერთი პროცედურა, რომელიც საფუძვლად უდევს სპეციალური ელექტრონული ხელსაწყოს – ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელის მუშაობის ერთერთ ალგორითმს (შედეგის მისაღწევად აუცილებელ ოპერაციათა ფიქსირებულ თანმიმდევრობას). ამ პროცედურის განსახორციელებლად საჭიროა ზეპირად გვახსოვდეს 2-ის ხარისხის მნიშვნელობა:

თანრიგი	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
რიცხვი	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1

მაგალითისათვის განვიხილოთ რიცხვი **156**₁₀. ამ რიცხვს განვიხილავთ როგორც ორობითი სისტემის თანრიგების მაქსიმალური მნიშვნელობების ჯამს. მეცხრე და მეათე თანრიგების ატობითი მნიშვნელობა აღემატება მოცემულ რიცხვს, ამიტომ ჯამში შევა მერვე თანრიგის მნიშვნელობა **128**₁₀, ანუ ეს თანრიგი გეჭირდება რიცხვის ორობით სისტემაში წარმოსადგენათ:

თანრიგი	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ათობითი	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
ორობითი			1							

თუ გამოვიყენებთ მეშვიდე თანრიგს, ჯამში უფრო დიდ რიცხვს მივიღებდ ვიდრე **156**₁₀. იგივე ეხება მეექვსე თანრიგსაც, ამიტომ პროცედურის გაგრძელებისას მივიღებთ:

თანრიგი	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
---------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ათობითი	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
ორობითი			1	0	0					

მეხუთე თანრიგის მნიშვნელობასთან შეკრება ნაკლებ რიცხვს მოგვცემს. რც მეოთხე თანრიგი იქნება საკმარისი, ამიტომ გვექნება:

თანრიგი	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ათობითი	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
ორობითი			1	0	0	1	1			

თუ ოპერაციას გავაგრძელებთ, საბოლოო ჯამში მივიღებთ:

თანრიგი	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
ათობითი	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
ორობითი			1	0	0	1	1	1	0	0

ამრიგად, $156_{10} = 10011100_2$.

ზემოთ აღინიშნა, რომ ათობითი სისტემა მეტად სასარგებლო გამოგონებაა და ფართოდ გამოიყენება. რიცხვების ისტორია ძალიან საინტერესოა². ითვლება, რომ თვლის ეს სისტემა პირველად ინდოეთში გაჩნდა, შემდგომში არაბულ სამყაროში გავრცელდა. ევროპამ ეს სისტემა გადმოიღო რომაული თვლის სისტემის სანაცვლოდ, თუმცა რომაულიც დღემდე გამოიყენება საათების ციფერბლატებში და ლიტერატურაში ან დოკუმენტაციაში თავების ან ნაწილების აღსანიშნავად.

თითოეული სისტემა - ეს ერთეულების დაჯგუფების და აღნიშვნის ორიგინალური სისტემაა. შეიძლება ითქვას, რომ თვლის სისტემების შექმნის მცდელობა იყო ადამიანის აბსტრაქტული აზროვნების და ინფორმაციის ფიქსირების და გადაცემის პირველი ცდა. რიცხვითი სისტემების გაუმჯობესების და დახვეწის პროცესი დაიწყო ადამიანის პრიმიტიულ ეკონომიკურ საქმიანობასთან ერთად, მაშინ, როდესაც არითმეტიკული ოპერაციების გამოგონების აუცილებლობა გაჩნდა.

ცხრილი 1.5

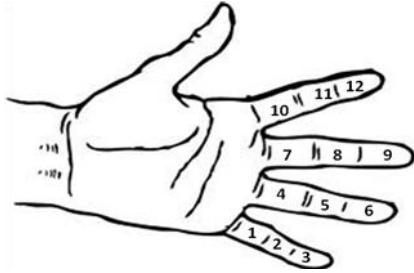
ძველი ეგვიპტე	I		∩	⊖		⌒
ძველი ბერძნული (Attic)	I	Γ	Δ		H	Ι
რომაული	I	V	X	L	C	D
ათობითი	1	5	10	50	100	500

I	II	III	IIII	IIII	T	II	III	IIII
1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	=	≡	≡	≡	⊥	⊥	⊥	⊥
10	20	30	40	50	60	70	80	90

ნახატი 1.3. ძველი ჩინური თვლის სისტემა.

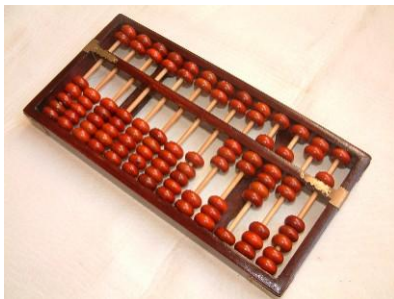
² <http://www.math.twsu.edu/history/topics/num-sys.html#babylonian>

ათობითი სისტემა, აშკარად საუკეთესო აღმოჩნდა და ფართოდ დამკვიდრდა. პირველ პრიმიტიულ სათვლელ მანქანას - საკუთარ ათ თითს, ადამიანი ყოველთვის თან ატარებდა. თუმცა ადამიანი თან ატარებდა უკეთეს „კალკულატორსაც“ და თვლის სისტემასაც. თორმეტობითი თვლის სისტემა ერთი ხელით ანგარიშის საშუალებას იძლეოდა, თან ადვილი იყო გაყოფა 2-ზე, 3-ზე, 4-ზე და 6-ზე. 1971 წლის ფინანსურ რეფორმამდე ინგლისელების 1 შილინგი 12 პენსად იყოფოდა. წარმოიდგინეთ რამდენად მოხერხებული იყო ამ სისტემით ვაჭრობა, რაც მთავარია, კალკულატორი საკმაოდ მარტივ და თვალსაჩინო კომბინაციებს ქმნიდა დამახსოვრების ოპერაციის წარმოების თვალსაზრისით.



ნახატი 1.4. თორმეტობითი თვლის სისტემა.

თვლის სისტემების სრულყოფასთან ერთად ვითარდებოდნენ სათვლელი ტექნიკური საშუალებებიც. გადაჭარბების გარეშე შეიძლება ითქვას, რომ ეს ინჟინერიის განვითარების ერთერთი გადამწყვეტი და მაგისტრალური მიმართულება იყო. დღეს იგი წარმოდგენილია თანამედროვე კომპიუტერებით, რომელთა ეფექტურობა ფანტასტიურია ამ მიმართულების ხელის და მექანიკურ საშუალებებთან შედარებით. ხვალ და ზეგ ნანოპროცესორები და სპინოპროცესორები გაჩნდებიან, რომლებიც არანაკლებ ფანტასტიურები იქნებიან თანამედროვე ტექნიკასთან შედარებით.



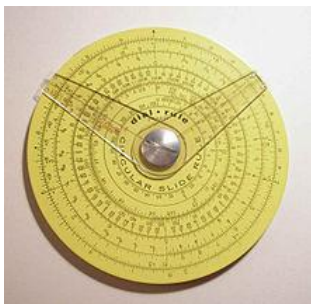
1.



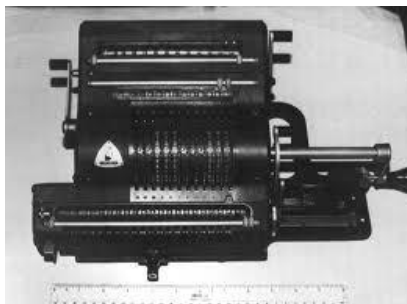
2.



3.



4.



5.



6.

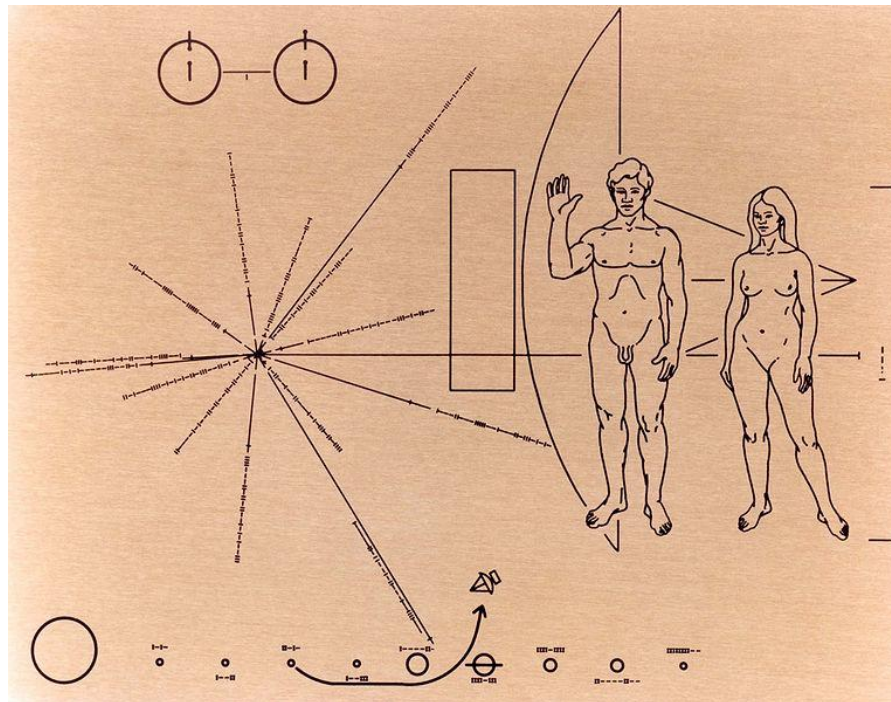


7.

ნახატი 1.5. გამოთვლითი ტექნიკის ევოლუცია: 1. - ჩინური საანგაროშო; 2. - რუსული საანგარიშო; ლოგარითმული სათვლელი სახაზავი; 4. - წრიული ლოგარითმული სათვლელი; 5. - მექანიკური კალკულატორი (არითმომეტრი); 6. - ელექტრომექანიკური კალკულატორი; 7. - ელექტრონული კალკულატორი.

აქ აღსანიშნავია, რომ მიუხედავად თვლის ფანტასტიური წარმოებადობისა, მთელი ეს ტექნიკა ისეთივე მარტივ, მაგრამ ფუნდამენტურ საწყისებზე, თვლის წესებზე არის და იქნება

აგებული, როგორც საუკუნეების და ათეული საუკუნეების წინ. პარადოქსულია, მაგრამ ყველაზე თანამედროვე ტექნიკური რეალიზაციებისათვის ყველაზე ეფექტური აღმოჩნდა ყველაზე პრიმიტიული, მაგრამ უნივერსალური, ორობითი თვლის სისტემა.



ნახატი 1.6. კოსმოსის ათვისების ისტორიაში სამმა კოსმოსურმა აპარატმა (Pioneer 10, Pioneer 11, Voyager 1; http://en.wikipedia.org/wiki/Pioneer_10 , http://en.wikipedia.org/wiki/Voyager_1) დატოვა მზის სისტემა და შეუდგა მოგზაურობას შორეულ კოსმოსში. ორივე შემთხვევაში მეცნიერებმა და აპარატების კონსტრუქტორებმა ამ ხომალდებს „გაატანეს“ ინფორმაციული გზავნილი ჩვენს შესახებ. პირველ შემთხვევაში ეს იყო მეტალის ფირფიტა, რომელზეც გამოსახულია და ორობით კოდში აღნიშნულია მზის მდებარეობა ჩვენს გალაქტიკაში. საზომ ერთეულად მიღებულია წყალბადის რადიოგამოსხივების ტალღის სიგრძე - 21 სმ. ეს ინფორმაცია, იგივე სახით, წარმოდგენილი იყო მეორე პროექტშიც. კოსმოსურ აპარატს გაატანეს ოქროს დისკო, რომლის ერთ მხარეზე გამოსახულია ინფორმაცია ჩვენს შესახებ და დისკოს მეორე მხარეზე ჩაწერილი ანალოგური ინფორმაციის „წაკითხვის ინსტრუქცია“. ეს ინფორმაცია ასახავს ჩვენს ზგერით (აკუსტიკურ) სამყაროს: აქ ჩაწერილია მისალმება მსოფლიოს ყველა ენაზე, ბუნებისა და ცხოველების ხმა, მრავალი ერის ხალხური სიმღერა და მუსიკა, ცნობილი კომპოზიტორების და შემსრულებლების მუსიკა. ეს გრამფირფიტა ანალოგური

სიგნალების მონაცემთა ბაზას წარმოადგენს. ამ მონაცემთა ბაზის ჰიპოთეტური უცხოპლანეტელი წამკითხველი შეიძლება დაიბნეს, თუ არ გააჩნია სათანადო, ჩვენის მსგავსი აკუსტიკური სენსორი (ყური) და სიგნალის გავრცელების გარემო (მაგ. რაიმე გაზოვანი ატმოსფერო).

ნებისმიერი ინფორმაციული ბლოკი ხასიათდება ინფორმაციის რაოდენობით. ინფორმაციის დიდი რაოდენობისათვის საყოველთაოდ მოღებულია 1.5 ცხრილში მოყვანილი აღნიშვნები

ცხრილი 1.5

სახელწოდება (სიმბოლო)	რიცხვი ათობითში	დიცხვი ორობითში
kilobit (kbit)	10^3	2^{10}
megabit (Mbit)	10^6	2^{20}
gigabit (Gbit)	10^9	2^{30}
terabit (Tbit)	10^{12}	2^{40}
petabit (Pbit)	10^{15}	2^{50}
exabit (Ebit)	10^{18}	2^{60}
zettabit (Zbit)	10^{21}	2^{70}
yottabit (Ybit)	10^{24}	2^{80}

40 – 30 წლის წინ ელექტრონიკა და გამოთვლითი ტექნიკა ოპერირებდა კილობიტებით და მეგაბიტებით. ამ რიგით განისაზღვრებოდა ინფორმაციის გადაცემის სიჩქარე და ინფორმაციული საშვალეების მეხსიერების მატარებლების სიდიდე. დღეს გიგაბიტების და ტერაბიტების ინფორმაციულ პერიოდში ვიმყოფებით. მაგალითად, მაღალი გარჩევითიზუალური ინფორმაციის წარმოდგენა მოითხოვს 4.5 მეგაბიტ/წამში სიჩქარით ინფორმაციის გადმოცემას. თანამედროვე სამომხმარებლო ინფორმაციული ქსელები უზრუნველყოფენ სიჩქარეებს 1 დან 100 მეგაბიტამდე წამში. ცხრილში 1.6 მოყვანილი მონაცემები გვიჩვენებენ როგორ ვითარდებოდა ინფორმაციის გადაცემის ტექნოლოგია ბოლო 50 წლის განმავლობაში და რა რიგის სიჩქარეებთან გვაქვს საქმე დღეს.

როგორც წესი, მომხმარებელთან ინფორმაცია მოდის სხვადასხვა ტიპის საინფორმაციო არხების გავლით. მძლავრი ოპტიკურ-ბოჭკოვანი მაგისტრალები უზრუნველყოფენ ინფორმაციულ ნაკადებს, კონტინენტებს, ქვეყნებსა და ქალაქებს შორის. უშუალოდ მომხმარებელთან ინფორმაცია შეიძლება მოდიოდეს ოპტიკური, საკაბელო ან სატელეფონო ხაზით. არხის ტიპის შერჩევა დამოკიდებულია მომხმარებლის მოთხოვნებზე.

ცხრილი 1.6

ტექნოლოგია	სიჩქარე (kbit/s)	წელი
მორზეს კოდი	0.056 kbit/s	1844
სატელეფონო ხაზი	0.11 kbit/s	1959
	0.3 kbit/s	1962
	1.2 kbit/s	1976
	9.6 kbit/s	1989
	14.4 kbit/s	1991
	28.8 kbit/s	1994
	33.6 kbit/s	1996
	56.0 kbit/s	1998
	56.0 kbit/s	2001
სატელეფონო არხი +მონაცემთა კომპრესია	64.0 kbit/s	1986
	144 kbit/s	2000
საკაბელო არხები	38,000 kbit/s	1997
	160,000 kbit/s	2006
ოპტიკური ბოჭკო	622,000 kbit/s	2005
	2,488,000 kbit/s	2008

ინფორმაციის რაოდენობის ერთეულად იყენებენ 8 ბიტისაგან შემდგარ ორობით რიცხვს - **ბაიტს (byte)**. ასეთი 8-თანრიგიანი ორობითი რიცხვით შესაძლებელია 256 სხვადასხვა შინაარსის მქონე სიმბოლოს კოდირება, ანუ ბაიტი ასოს, იეროგლიფის, რიცხვის ან სხვა ინფორმაციული შინაარსის მატარებელი ერთეულია. ცხრილი 1.7, მაგალითის სახით, წარმოგიდგენთ კომპიუტერულ ტექნოლოგიაში ფართოდ გავრცელებულ სტანდარტულ ASCII ანბანს (American Standard Code for Information Interchange).

ცხრილი 1.7

ASCII Code: Character to Binary

0	0011 0000	O	0100 1111	m	0110 1101
1	0011 0001	P	0101 0000	n	0110 1110
2	0011 0010	Q	0101 0001	o	0110 1111
3	0011 0011	R	0101 0010	p	0111 0000
4	0011 0100	S	0101 0011	q	0111 0001
5	0011 0101	T	0101 0100	r	0111 0010
6	0011 0110	U	0101 0101	s	0111 0011
7	0011 0111	V	0101 0110	t	0111 0100
8	0011 1000	W	0101 0111	u	0111 0101
9	0011 1001	X	0101 1000	v	0111 0110
A	0100 0001	Y	0101 1001	w	0111 0111
B	0100 0010	Z	0101 1010	x	0111 1000
C	0100 0011	a	0110 0001	y	0111 1001
D	0100 0100	b	0110 0010	z	0111 1010
E	0100 0101	c	0110 0011	.	0010 1110
F	0100 0110	d	0110 0100	,	0010 0111
G	0100 0111	e	0110 0101	:	0011 1010
H	0100 1000	f	0110 0110	;	0011 1011
I	0100 1001	g	0110 0111	?	0011 1111
J	0100 1010	h	0110 1000	!	0010 0001
K	0100 1011	i	0110 1001	'	0010 1100
L	0100 1100	j	0110 1010	"	0010 0010
M	0100 1101	k	0110 1011	(	0010 1000
N	0100 1110	l	0110 1100	)	0010 1001
				space	0010 0000

ეს ცხრილი შეგვიძლიარუქი სახით წარმოვადგინოთ. რუქის სვეტების და სტრიქონების ნომრები ქმნიან სათანადო სიმბოლოს კოდს. ორობითი კოდის ოთხი უმცროსი თანრიგი - სვეტის ნომერია (1-4 თანრიგები), ხოლო 5-8 თანრიგები - სვეტის ნომერს გამოსახავენ. რუქის პირველ ორ სტრიქონში წარმოდგენილია დამხმარე სიმბოლოები, რომლებიც გამოიყენება სიმბოლოების მართვისათვის ტექსტის ფორმატირების დროს, მაგალითად: აბზაცი, ასოებს შორის ინტერვალი, ტექსტის დასაწყისი და ბოლო, წაშლა, უარის თქმა და ა.შ. (იხილეთ <http://en.wikipedia.org/wiki/ASCII>).

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
		0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
0	0000	NUL	SON	STX	EXT	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	0001	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2	0010		!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3	0011	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	0100	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	0101	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6	0110	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	0111	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

ჩვენ უკვე მიჩვეულები ვართ ამ ერთეულით, ბაიტით, სარგებლობას, როდესაც ვმუშაობთ პერსონალურ კომპიუტერთან. დღეს ფართო მომხმარებლისათვის მისაწვდომია მეხსიერების

ტერაბაიტიანი მოცულობის მქონე მოწყობილობები. 2, 4 ან 8 გიგაბაიტის მოცულობის ფლემ-
მეხსიერება პრაქტიკულად ყველა სტუდენტს უდევს ჯიბეში ან ჩანთაში. ეს მოცულობა
შეგვიძლია სხვა ერთეულებშიც გამოვსახოთ.

ცხრილი 1.8

ორობითი თანრიგების (ბიტების) რაოდენობა და მაქსიმალური რიცხვი ან კოდირებული სიმბოლო	გავრცელებული სახელწოდება
1bit (2 რიცხვი ან სიმბოლო)	Bit, ბიტი
4 bit (16 რიცხვი ან სიმბოლო)	Nibble, ნახევარბაიტი, მარცვალი
8 bit (256 რიცხვი ან სიმბოლო)	Byte, ბაიტი
16 bit (65536 რიცხვი ან სიმბოლო)	Word, სიტყვა
32 bit (4294967296 რიცხვი ან სიმბოლო)	Double Word, ორმაგი სიტყვა
64 bit (1.844674407370955 · 10 ¹⁹ რიცხვი ან სიმბოლო)	Quad Word, ოთხმაგი სიტყვა

საგარჯიშო 1.

მოცემულია ორობითი რიცხვი B_2 , გამოთვალეთ ათობითი რიცხვები A_{10} .

A_{10}	B_2									
	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
							1	1	0	1
					1	0	1	0	1	1
	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0
		1	0	0	0	1	1	0	1	1
			1	1	1	0	0	0	0	1
	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1
			1	1	1	0	1	0	1	1
		1	0	0	1	0	1	0	1	0
	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		1	0	1	1	1	1	0	0	0
		1	1	0	1	1	0	1	1	0
	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
			1	1	1	1	0	0	0	1
		1	1	0	0	1	1	0	0	1

საგარჯიშო 2.

მოცემულია ათობითი რიცხვები A_{10} , გამოთვალეთ ორობითი რიცხვი B_2 .

A_{10}	B_2									
	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
87										
165										
715										
334										
648										
188										
777										
45										
211										
567										
982										
746										
406										
3										
812										
1025										