

**თემა 2. ციფრული ელექტრონიკის ელემენტები - ინფორმაციის გარდაქმნის და დამუშავების ზოგიერთი უმარტივესი ხელსაწყო**

ციფრული ელექტრონიკა წარმოადგენს გამოთვლითი ტექნიკის, ავტომატური მართვითი სისტემების, ელექტრონული გამზომი ხელსაწყოების შემადგენელ ნაწილს. მისი დანიშნულებაა **დისკრეტული**, ანუ **წყვეტილი (ციფრული)**, ინფორმაციის დამუშავება, შენახვა და გადაცემა.

ინფორმაცია ასახავს რეალურ გარემოს. ელექტრონული ინჟინერიის თვალსაზრისით - ეს ყველა ის მონაცემია, რომელიც შენახვის, გადაცემისა და გარდაქმნის ობიექტად წარმოგვიდგება.

რაიმე მატერიალური ფორმით დაფიქსირებულ ინფორმაციას (წერილი, წიგნი, ნებისმიერი აუდიო და ვიდეო ჩანაწერი და სხვა) შეიძლება რომ გზავნილი (message) ვუწოდოთ. ინფორმაცია გადაიცემა **სიგნალების** საშუალებით. ეს შეიძლება იყოს ნებისმიერი მოვლენა ან ობიექტი, რომლის დროში ცვლილება აისახება პირდაპირი ან **კოდირებული** ინფორმაციის სახით. მოვლენები შეიძლება იყოს ბგერა, სინათლე, წნევა, დენი და სხვა, ობიექტები – შუქნიშანი, სემაფორი და ნებისმიერი ტექნიკური საშუალება.

ნახ. 2.1

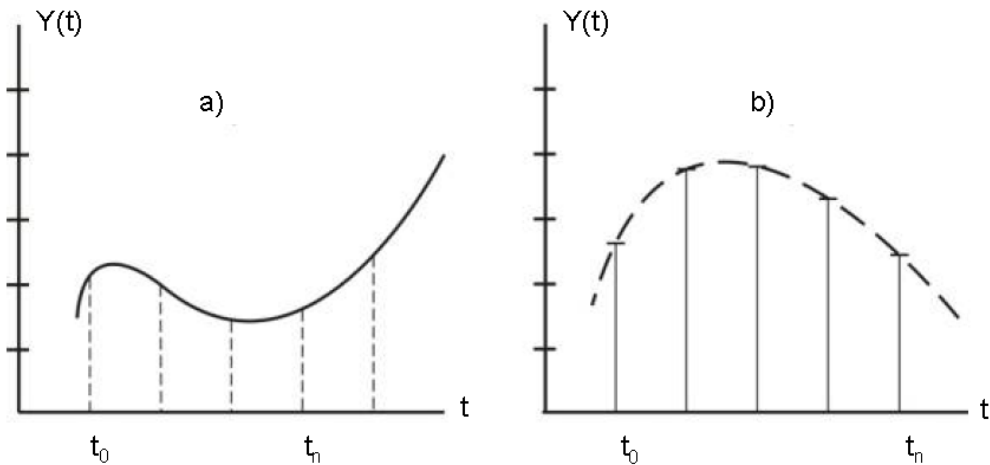


ასო N   ასო H   ასო B

საზღვაო სემაფორი – ტექსტური შეტყობინების გადაცემის საშუალებაა.

ზოგადათ, ინფორმაცია წარმოადგენს დროის ფუნქციას  $Y(t)$ .

ნახ. 2.2



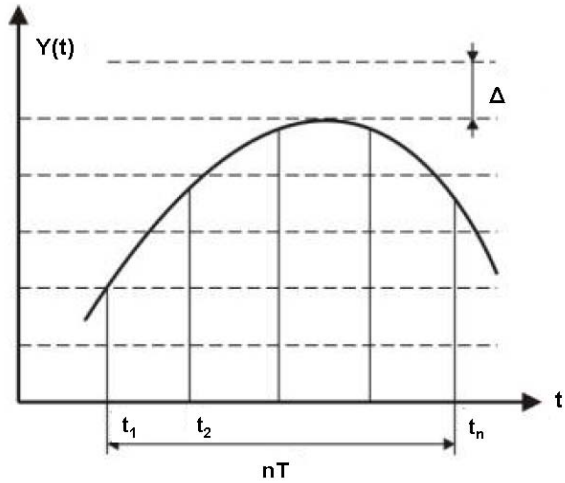
**a) უწყვეტი, ანალოგური სიგნალი.**

**b) დისკრეტული სიგნალი**

ინფორმაციული გზავნილი შესაძლებელია იყოს **უწყვეტი** ან **დისკრეტული**. უწყვეტი, ანუ **ანალოგური** სიგნალი განსაზღვრულია დროის ნებისმიერი მომენტისათვის. დისკრეტული სიგნალის მნიშვნელობები განსაზღვრულია დროის დისკრეტულ მომენტებში. დისკრეტული სიგნალის მნიშვნელობები შესაძლებელია წარმოვადგინოთ რიცხვითი მნიშვნელობებით. დისკრეტული მნიშვნელობების ციფრული ფორმით წარმოდგენას ეწოდება **კოდირება**.

კოდირების პროცედურა გულისხმობს სიგნალის არა მარტო დროის დისკრეტული მნიშვნელობებით, არამედ თვით სიგნალის მნიშვნელობების ციფრული სახით წარმოდგენასაც. ე.წ. დისკრეტიზაციის ოპერაცია ემსახურება ამ მიზანს.

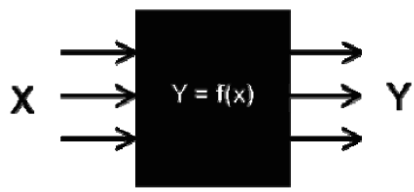
ნახ. 2.3



**დისკრეტიზაციის ოპერაცია**

სიგნალის ცვლილების დიაპაზონი იყოფა  $K$  თანაბარ ნაწილად. დაყოფის ბიჯი  $\Delta$  ( $\Delta$ -დელტა ბერძნული ასოზეგრა “დ”-ს დასახელება) საზომ ერთეულს წარმოადგენს.  $K \cdot \Delta$  სიგნალის ცვლილების დიაპაზონს წარმოადგენს. დისკრეტიზაციის შედეგად სიგნალი რიცხვთა წყვილებით. წარმოგვიდგება დროის ყოველი  $t_i$  მომენტისათვის განსაზღვრული იქნება მნიშვნელობები  $Y_i$ .

ელექტრონიკაში ხშირად იყენებენ ე.წ. “შავი ყუთის” ცნებას. ამ ცნებას გამოვიყენებთ ისეთი სქემის (ბლოკის) აღსანიშნავად, რომლის შინაგანი მოწყობილობა არ ვიცით, ან განხილვისას არ გვაინტერესებს. სამაგიეროდ კარგად ვიცით მისი ფუნქციონალური დანიშნულება – ცნობილია მისი შესავალი ელექტროდების დანიშნულება და გამოსავალ ელექტროდებზე მიღებული შედეგი. უხეშად რომ ვთქვათ, შავი ყუთის სქემა აღიწერება ფუნქციონალური დამოკიდებულებით  $y = f(x)$ , სადაც  $y$ ,  $x$  სიგნალებია ყუთის შესავალზე და გამოსავალზე.



შავი ყუთის მრავალი მაგალითის მოყვანა შეიძლება. ყოველდღიურ ცხოვრებაში ჩვენ ხშირად ვიყენებთ ნივთებს, რომელთა დანიშნულება ზუსტადაა ცნობილი, მაგრამ მათი შიდა კონსტრუქცია ჩვენთვის უცნობია, ან ინტერესს არ წარმოადგენს.

შესავალი კურსის ამ ეტაპზე მთელ რიგ მოწყობილობას ისე განვიხილავთ როგორც შავ ყუთს, რომელთა ფუნქციონალური დანიშნულება ზუსტად განსაზღვრულია.

პრაქტიკული მეცადინეობის პირველი თემის შინაარსიდან გამომდინარე, ბუნებრივია დაგიწყოთ შავი ყუთებით, ანუ ელექტრონული მოწყობილობებით,

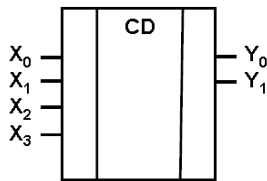
რომლებიც აკავშირებენ თვლის სისტემებს, ანუ გადაყავთ რიცხვები ერთი სისტემიდან მეორეში.

**ელექტრონული მოწყობილობა შიფრატორი:**

- **დანიშნულება** – გადაყავს ორობით სისტემაში ინფორმაცია, რომელიც ათობით სისტემაშია გამოსახული;
- **შესავალი:**  
მოწყობილობა შეიცავს რამდენიმე შესავალ ელექტროდს, თითოეულ ელექტროდს შეესაბამება ათობითი სისტემის ციფრი, ერთი ათობითი თანრიგის დაშიფრვისათვის შესავალი უნდა შეიცავდეს 10 ელექტროდს (0, 1, 2, 3, ...), შიფრირების დროს სათანადო რიცხვის ელექტროდზე მიეწოდება 1, დანარჩენ შესავალ ელექტროდებზე 0.
- **გამოსავალი:**  
გამოსავალი ელექტროდები შეესაბამებიან ორობითი სისტემის თანრიგებს, ორობითი რიცხვი გამოსავალზე შეესაბამება ათობითი რიცხვის სათანადო მნიშვნელობას შესავალზე.

ნახაზ 2.4-ზე წარმოდგენილია შიფრატორი, რომელიც გარდაქმნის რიცხვებს 0, 1, 2, 3 ორობით კოდში. ცხრილში წარმოდგენილია შესავლის ყველა შესაძლო მდგომარეობა და შიფრირების სათანადო შედეგი გამოსავალზე. თუ საჭიროა ათობითი თანრიგის ყველა მნიშვნელობის შიფრირება, მოწყობილობას ექნება 10 შესავალი ელექტროდი და ოთხი გამოსავალი.

ნახ. 2.4  
შიფრატორი



$X_3$	$X_2$	$X_1$	$X_0$	$Y_1$	$Y_0$
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	1

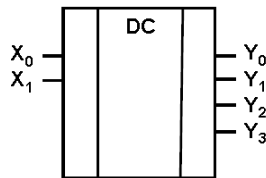
$X_9$	$X_8$	$X_7$	$X_6$	$X_5$	$X_4$	$X_3$	$X_2$	$X_1$	$X_0$	$Y_3$	$Y_2$	$Y_1$	$Y_0$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0				
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0				
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0				
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0				
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0				
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0				
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0				

**ელექტრონული მოწყობილობა დეშიფრატორი:**

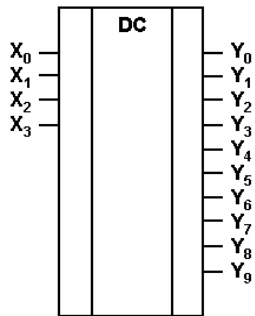
- **დანიშნულება** – გადაყავს ათობით სისტემაში ინფორმაცია, რომელიც ორობით სისტემაშია გამოსახული;
- **შესავალი:**  
მოწყობილობა შეიცავს რამდენიმე შესავალ ელექტროდს, თითოეულ ელექტროდს შეესაბამება ორობითი სისტემის თანრიგი, დეშიფრირების დროს სათანადო თანრიგების ელექტროდებზე მიეწოდება ორობითი რიცხვის შესაბამისი ინფორმაცია.
- **გამოსავალი:**  
ყოველი გამოსავალი ელექტროდი შეესაბამება ათობითი სისტემის ერთი თანრიგის რიცხვს.

ნახაზ 2.5-ზე წარმოდგენილია დეშიფრატორი, რომელიც გარდაქმნის ორობით რიცხვებს 00, 01, 10, 11 ათობით რიცხვში. ცხრილში წარმოდგენილია შესავლის ყველა შესაძლო მდგომარეობა და დეშიფრირების სათანადო შედეგი გამოსავალზე. თუ საჭიროა ოთხთანრიგიანი ორობითი რიცხვის დეშიფრირება, შესავალს ექნება 4 ელექტროდი, ხოლო გამოსავალს 16, რადგან –მაგ., ორთანრიგიანი რიცხვის მაქსიმალურ მნიშვნელობას 1111 შეესაბამება 15 ათობითში.

ნახ. 2.5  
დეშიფრატორი



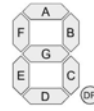
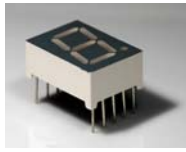
$X_1$	$X_0$	$Y_0$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1



$X_3$	$X_2$	$X_1$	$X_0$	$Y_9$	$Y_8$	$Y_7$	$Y_6$	$Y_5$	$Y_4$	$Y_3$	$Y_2$	$Y_1$	$Y_0$
				0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
				0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
				0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
				0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
				0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
				0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
				0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
				0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
				1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ზოგადად, შიფრატორები და დეშიფრატორები, ტექნიკური დანიშნულებიდან გამომდინარე, ნებისმიერ საჭირო კოდს გარდაქმნიან. მაგალითად, თუ საჭიროა ორობითი კოდის საბოლოოდ ათობით სისტემაში ვიზუალური გამოსახვა რაიმე სახის ინდიკაციის საშუალების გამოყენებით, დეშიფრატორი უნდა ქმნიდეს ისეთ კოდს, რომელიც ინდიკატორთან თანხვედნაშია.

ნახ. 2.6



1. 7-სეგმენტური ინდიკატორი

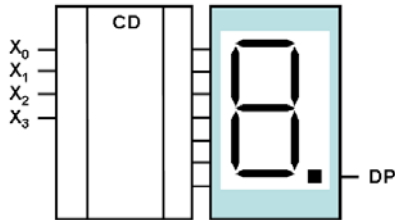
2. ინდიკატორის მიკროჩიპი

3. სეგმენტების აღნიშვნა

4. 16-სეგმენტური ინდიკატორი

მრავალ საინფორმაციო სისტემაში გამოიყენება ე.წ. შვიდსეგმენტური გრაფიკული ინდიკატორი. ინდიკატორი შედგება რვა მნათი ელემენტისაგან. ერთი თანრიგი წარმოდგენილია 7 ელემენტით, რომელთა პოზიცია განაპირობებს რიცხვს. თუ სეგმენტებს გადავნიშნავთ 1-დან 7-მდე, მაშინ სათანადო ელექტრული შიფრატორი გარდაქმნის ორობით ან ათობით კოდს “შვიდსეგმენტურში”.

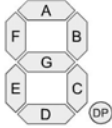
ნახ. 2.7



შიფრატორი და ინდიკატორი. DP (Decimal Point) - წერტილის ინდიკაციის ჩართვის ელექტროდი

სეგმენტებს ჩვეულებრივად აღნიშნავენ ასოებით. შევადგინოთ გარდაქმნის ცხრილი 2.1. წარმოვადგინოთ შესავალი კოდი ორობით სისტემაში. რადგან 7-სეგმენტური კოდი და ინდიკატორი იძლევიან საშუალებას გამოისახოს ასოები A, B, C, D, E, F, განვახორციელოთ ასოების კოდებიც. ინდიკატორის მიერ გამოსახული ასოები არ უნდა გვეშლებოდეს სეგმენტის აღნიშვნულ ასოებში.

ცხრილი 2.1

სიმბოლო ინდიკატორზე	7-სეგმენტური შიფრატორის შესავალი ორობითი კოდი	 სეგმენტები ინდიკატორზე								
		A	B	C	D	E	F	G	DP	
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	
1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	
2	10	1	1	0	1	1	0	1	0	
3	11	1	1	1	1	0	0	1	0	
4	100								0	
5	101								0	
6	110								0	
7	111								0	
8	1000								0	
9	1001								0	

<b>A</b>	<b>1010</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>B</b>	<b>1011</b>								<b>0</b>
<b>C</b>	<b>1100</b>								<b>0</b>
<b>D</b>	<b>1101</b>								<b>0</b>
<b>E</b>	<b>1110</b>								<b>0</b>
<b>F</b>	<b>1111</b>								<b>0</b>
<b>Decimal point</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

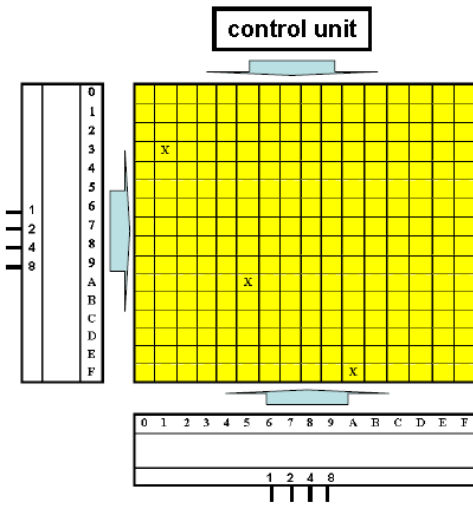
შიფრატორს და ინდიკატორს ერთად შეუძლიათ 16 სიმბოლოს გამოსახვა. ამგვარად, აღმოჩნდა, რომ 7-სეგმენტიანი ინდიკატორი თექვსმეტობითი თვლის სისტემის სიმბოლოების ასახვის საშუალებასაც იძლევა.

ზემოდ ნახატზე წარმოდგენილია აგრეთვე 16-სეგმენტიანი ინდიკატორი, რომელიც მთელ ლათინურ ალფაბეტს ასახავს. მისი დემონსტრაციის ცხრილი გაცილებით რთული იქნება. შემოდებული უნდა იყოს აგრეთვე კოდირებული ორობითი აღნიშვნა ასოებისათვის G–დან Z-მდე.

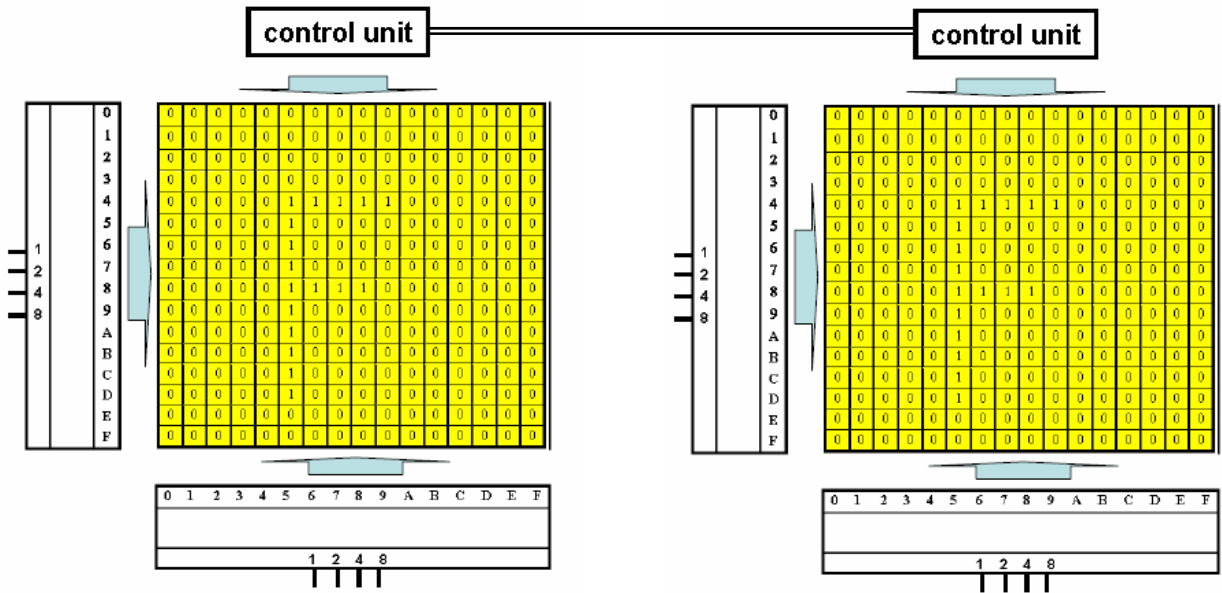
ენფორმაცია ელექტრონულ სისტემებში ყოველთვის გადაიცემა და მუშავდება ორობით სისტემაში. თექვსმეტობითი სისტემა ხშირად გამოიყენება ელექტრონიკის ტექნიკურ დოკუმენტაციაში მისამართების, ანუ ადრესაციის აღსანიშნავად. მაგალითად, მოცემულია ელექტრონული მეხსიერების მატრიცა, რომელიც შესდგება 256 უჯრედისაგან. მოხერხებულია მისი წარმოდგენა სტრიქონებად (16 სტრიქონი) და სვეტებად (16 სვეტი). თექვსმეტობითი ადრესაციის შემთხვევაში, ყოველი უჯრედის მისამართი წარმოდგენილი იქნება ორპოზიციანი კოდით (მაგალითები 13, 5A, AF). თუ შევთანხმდებით, რომ მარცხენა სიმბოლო ჰორიზონტულ პოზიციას აღნიშნავს, ხოლო მარჯვენა ვერტიკალურს, ეს კომბინაციები მეხსიერების უჯრედის მდებარეობას განსაზღვრავს. მატრიცის მართვის ბლოკის საშუალებით შეგვიძლია უჯრედში ჩავწეროთ ან უჯრედიდან წავიკითხოთ ინფორმაცია 1 ან 0 სახით.

ცხრილი 2.2

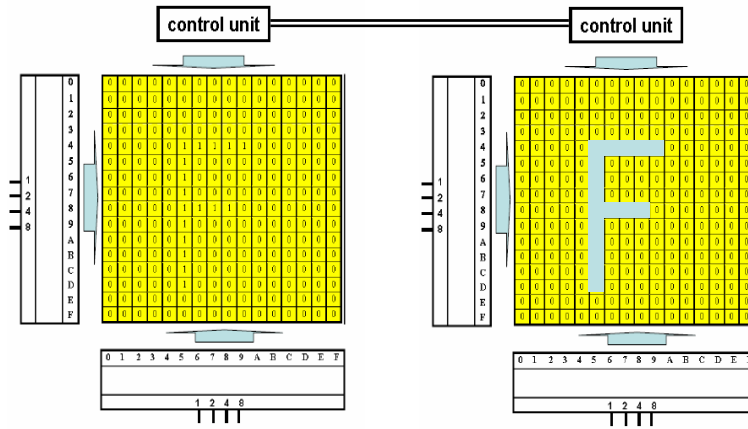
0																
1																
2																
3		X														
4																
5																
6																
7																
8																
9																
A						X										
B																
C																
D																
E																
F											X					
	0	1	2	3	4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



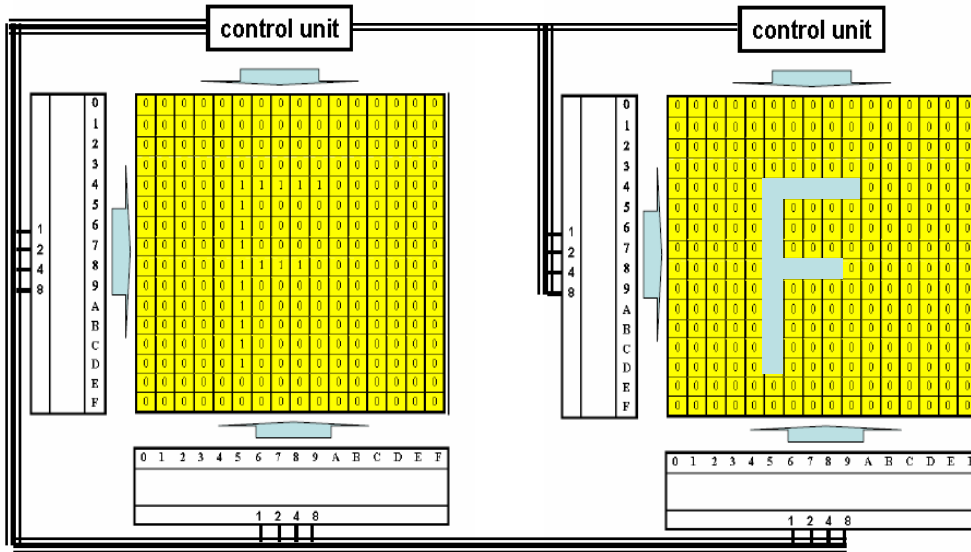
1. ორი თექვსმეტობითი დეშიფრატორი, მესხიერების მატრიცა და მართვის ბლოკი ქმნის მესხიერების მოდულს. დეშიფრატორების საშუალებით შესაძლებელია ნებისმიერი უჯრედის “გამოძახება”, და მართვის ბლოკის საშუალებით მასში ინფორმაციის ჩაწერა 0 ან 1 სახით, ხოლო შემდგომში წაკითხვა ან გადაწერა.



2. ინფორმაციის გაცვლის მიზნით შესაძლებელია ორი ან რამდენიმე მოდულის ერთმანეთთან დაკავშირება. წარმოდგენილ შემთხვევაში ინფორმაცია მატრიცაში ისეა განლაგებული, რომ ერთიანების განლაგება ქმნის ასი F-ის კონფიგურაციას. თუ მეორე მატრიცის უჯრედების მაგივრათ გვექნება რაიმე მოწყობილობები, რომლებიც ცვლიან თავის ფიზიკურ მდგომარეობას მიწოდებული ბიტის მდგომარეობის შესაბამისად (მაგალითად ინთება ან ქრება ნათურა), გვექნება გრაფიკული სიმბოლოების ასახვის საშუალება.

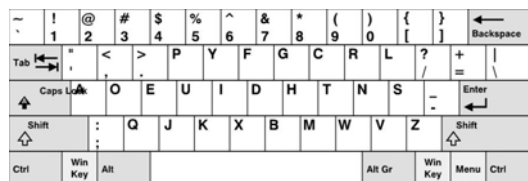


3. გრაფიკული სიმბოლოების ასახვის სისტემის ელემენტები.



4. გრაფიკული სიმბოლოების ასახვის სისტემა. ელემენტების სათანადო ელექტრული დაკავშირებით მიიღება სრული ხელსაწყო, რომელიც უნდა იმართებოდეს ერთერთი საკონტროლო ბლოკით და ინფორმაციის კოდირების და სისტემის მართვის რაიმე ტექნიკური საშუალებით.

დღეისათვის კოდირების ერთერთი ყველაზე თვალსაჩინო და ფართოთ გაერცელებული საშუალებაა - პერსონალური კომპიუტერის კლავიატურა. ადვილი მისახვედრია, რომ თითოეულ დილაკს შეესაბამება სათანადო კოდი, რომელიც აღიქმება კომპიუტერის მიერ როგორც შესავალი კოდი, და გადამუშავების შემდეგ გამოჩნდება მონიტორზე გრაფიკული სიმბოლოს სახით. ფუნქციონალური დილაკები აგრეთვე აგზავნიან კომპიუტერში სათანადო კოდს, რომელიც იწვევს გარკვეული ოპერაციის შესრულებას.



თუ გავიხსენებთ შავი ყუთის ცნებას, კომპიუტერი წარმოგვიდგება როგორც თვით შავი ყუთი, კლავიატურა - როგორც შესავალი სიგნალების გენერატორი, ხოლო მონიტორზე ასახული ინფორმაცია და ფუნქციონალური დილაკებით

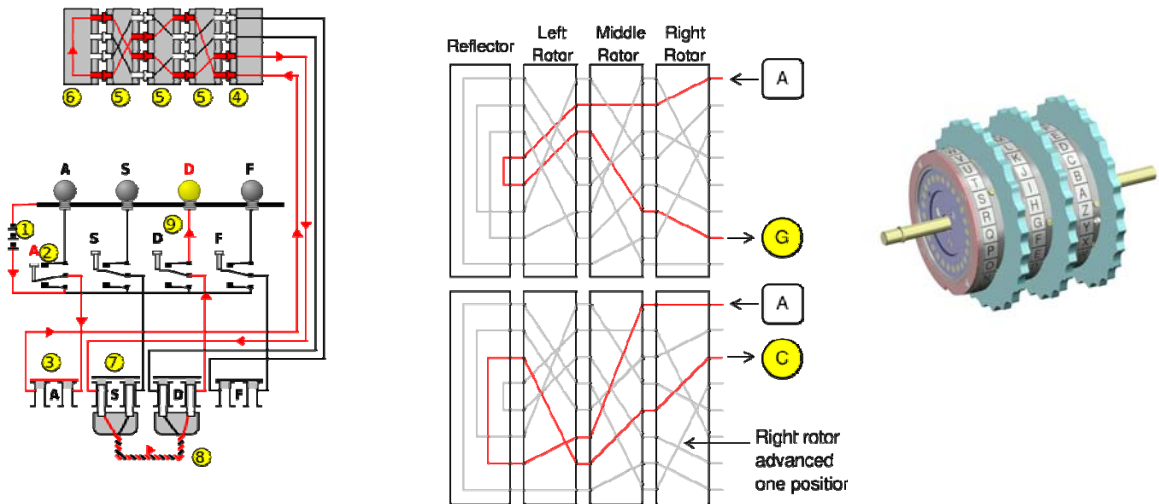


ინიცირებული ყველა ფუნქცია წარმოგვიდგება შავი ყუთის “პასუხის” სახით. კომპიუტერის მთელი ელექტრონული სისტემა, ოპერაციული სისტემა და პროგრამული ნაწილი, ეს ყველაფერი ერთად - შავი ყუთის “მიგნული” იქნება, რომელიც უზრუნველყოფს  $y = f(x)$  ფუნქციის შესრულებას.

პრაქტიკული მეცადინეობის შემდგომ თემებში ჩვენ თანმიმდევრულად “გავხსნით” და “დავშლით” კომპიუტერს - როგორც შავ ყუთს, შემადგენელ ნაწილებად.

აღსანიშნავია, რომ კოდირებული ორობითი (ან სხვანაირი) აღნიშვნების ცხრილი ასობისათვის უნდა იყოს მიღებული როგორც საინჟინრო სტანდარტი, რათა სხვადასხვა ადგილას წარმოებული საინფორმაციო სისტემები ერთმანეთთან თავსებადი იყოს. მაგრამ, სხვადასხვა შემთხვევაში ასეთი ცხრილი წარმოადგენს სიტყვიერი ინფორმაციის გასაიდუმლოების ცხრილს, რომელიც ხშირ შემთხვევაში სხვადასხვა ხერხებით სპეციალურად რთულდება ინფორმაციის დასაცავად. კლოდ შენონმა ინფორმაციის დაცვის და კოდების გახსნის საშუალებების მათემატიკური კვლევა მეორე მსოფლიო ომის დროს დაიწყო აშშ სამხედრო დეპარტამენტის დაკვეთით. მისი ფუნდამენტალური კვლევები გასაიდუმლოებული იყო და ინფორმაციის სრული თეორიის სახით, გამოქვეყნდა ათამდე პუბლიკაციაში ომის შემდგომ პერიოდში. მეორე მსოფლიო ომის დროს შექმნილი იყო შიფრირების და დეშიფრირების ელექტრომექანიკური მანქანები. ერთერთი მადგანი, ცნობილი სახელწოდებით **Enigma**, კრიფტოგრაფიის საინჟინრო ყზრუნველყოფის მთელ ეპოქას წარმოადგენს. მათემატიკური თვალსაზრისით, ინფორმაცია თანმიმდევრულად გარდაიქმნებოდა რამდენიმე ცხრილით, რომელთა შეცვლის მრავალი ვარიანტი არსებობდა. ეს “ცხრილები” მექანიკური 3 ან 4 როტორის სახით იყო განხორციელებული. როტორების ერთმანეთის მიმართ მობრუნებით და ფიქსირებით იცვლებოდა კოდირების კომბინაცია – იცვლებოდა და ფიქსირდებოდა ელექტრული წრედების მრავალი კომბინაცია, რომლის მეშვეობით ყოველი შესავალი ასო გარდაიქმნებოდა გამოსავალ კოდირებულ ასოთ.

ნახ. 2.9



1. ელექტრომექანიკური სქემა
2. ელექტრული წრედების კომბინაციები
3. საკონტაქტო როტორები