

ელექტრონული გაზომვების საწყისები

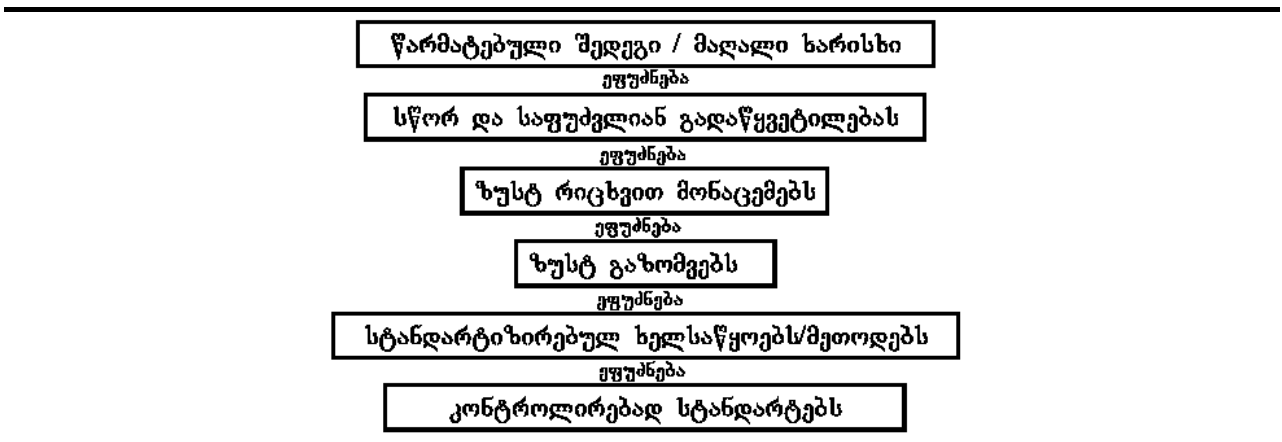
თემა 1. ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელები

ადამიანის საქმიანობის წარმატებული შედეგი, ან მაღალი ხარისხით შესრულებული სამუშაო ყოველთვის ეფუძნება ცოდნას. თაობიდან თაობაში ცოდნის გადაცემის მაგალითები ცხოველურ სამყაროშიც აღინიშნება, ადამიანი კი, მას შემდეგ, რაც Homo sapiens-ი, ანუ “ადამიანი გონიერი” გახდა, ცოდნას შეგნებულად აგროვებს, ამუშავებს და ანვითარებს. პრაქტიკულ საქმიანობაში, ან გარემომცველი სამყაროს შემეცნებისას, ადამიანი ახდენდა და ახდენს მისი შემადგენელი ობიექტების ან მოვლენების შესწავლასა და აღწერას. რაც უფრო სრულყოფილად, უფრო მაღალი ხარისხით ვსწავლობთ და ვადგენთ მათთვის დამახასიათებელ სხვადასხვა კანონზომიერებას, მით უფრო ღრმად ვიგებთ მათ ბუნებას და ცალსახად ვაგებთ შესაბამის მოდელს, ანუ გამარტივებულ, მაგრამ კანონზომიერების ზუსტად ამსახველ ანალოგს. მოდელის არსებობა - მიღებული ცოდნის წარმატებულად გამოყენების საწინდარია.

იმისათვის რომ შედეგიანი ვიყოთ პრაქტიკულ საქმიანობაში, ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში ჩვენი ქმედება ცოდნაზე აგებულ სწორ და საფუძვლიან გადაწყვეტილებებს უნდა ემყარებოდეს. ეს ცოდნა კი, თავის მხრივ, ეფუძნება ობიექტისა და მოვლენების დამახასიათებელი პარამეტრების რაოდენობრივ, ანუ რიცხვით მონაცემებს. მრავალი ჩვენი დასკვნის მართებულობა დამოკიდებულია რაოდენობრივი - რიცხვითი მონაცემების სიზუსტეზე.

ზუსტი რიცხვითი მონაცემების მისაღებად აუცილებელია გაზომვების შესაბამისი სიზუსტით ჩატარება. დასახული ამოცანის მიხედვით საჭიროა სხვადასხვა სიზუსტის გაზომვების ჩატარება და, შესაბამისად, სხვადასხვა გაზომვის სიზუსტის მქონე გამზომი ხელსაწყოების შერჩევა, შექმნა და ურთიერთშედარება. დღეისათვის შემუშავებულია სხვადასხვა ეტალონებისა და სტანდარტების სისტემა, რომელიც, ამა თუ იმ სახით, მოიცავს ყველა საზომ ხელსაწყოს. მეცნიერების და საინჟინრო საქმიანობის ერთერთ დარგი – მეტროლოგია, ემსახურება გაზომვების ერთ სისტემაში მოყვანას, სისტემის მდგრადობას და სიდიდეების ეტალონების შენახვასა და ფუნქციონირების უზრუნველყოფას. ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია ჩამოთვლილი მოსაზრებების მეტად სასარგებლო ზოგადი სქემა, რომელიც უზრუნველყოფს საქმიანობის წარმატებულ შედეგსა და ხარისხს.

ნახ. 1.



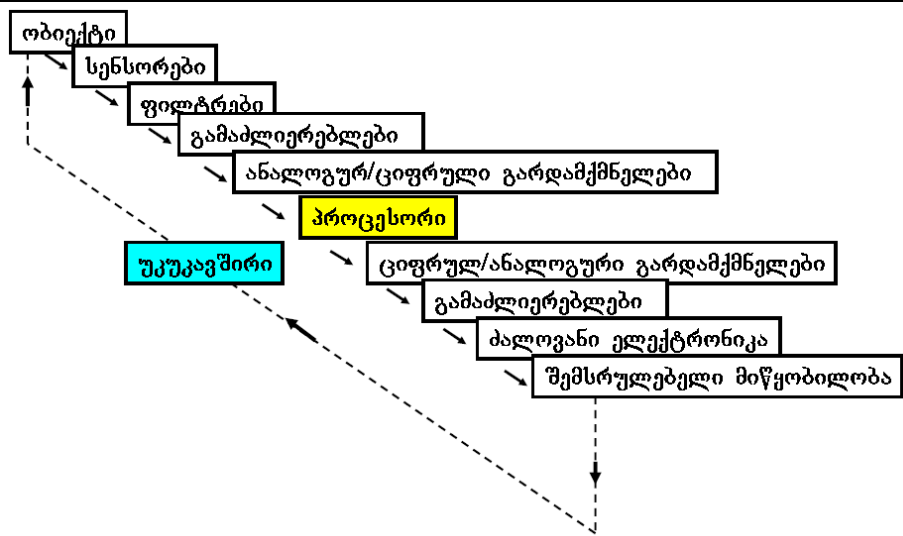
თანამედროვე ელექტრონული გაზომვების შემთხვევაში, რაოდენობრივი, ანუ რიცხვითი წარმოდგენა ფიზიკური ობიექტის შესახებ გარკვეული თანმიმდევრობით ყალიბდება. ფიზიკური მოვლენების მიმართ მგრძობიარე მთელი რიგი ხელსაწყოების – სენსორების გამოყენებით, ფიზიკური მოვლენის

დამახასიათებელი სიდიდე გარდაიქმნება ელექტრულ დენად ან სხვა ელექტრული ბუნების მქონე ეფექტად. ობიექტის თვისების დამახასიათებელი ეს ელექტრული ანალოგი თანმიმდევრულად “მუშავდება” რიცხვითი მნიშვნელობის მისაღებად. ნახ. 2-ზე წარმოდგენილია ეს თანმიმდევრობა.

სენსორის მიერ გამომუშავებული ელექტრული სიდიდე, როგორც წესი, პირველად დამუშავებას მოითხოვს – ეს არის ე.წ. ხარვეზებისაგან გაწმენდა და გაძლიერება. ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნელი წარმოადგენს იმ ხელსაწყოს, რომელიც ფიზიკური სიდიდის ელექტრულ ანალოგს გარდაქმნის და რიცხვის სახით წარმოადგენს. მიღებული რიცხვები შესაძლებელია პროცესორში დამუშავდეს, დაგროვდეს, ჩაირთოს სხვადასხვა მონაცემთა ნაკადში და გახდეს მოდელის ნაწილი ან საექსპერტო შეფასების ობიექტი. თანამედროვე ტექნოლოგიურ დონეზე შესრულებული ეს ხელსაწყო შეიძლება იყოს მიკროკონტროლერი ან სხვადასხვა ტიპის ან სიმძლავრის გამოთვლითი მანქანა – კომპიუტერი. ამ თანმიმდევრობის განხორციელების შედეგად, რიცხვითი სიდიდით გამოსახული ფიზიკური სიდიდე (სიდიდეები) ხდება ე.წ. კომპიუტერული მეცნიერების ობიექტი და შესაძლებელია დამუშავდეს მეცნიერების ამ დარგის ყველა მიღწევის გამოყენებით.

ხშირ შემთხვევაში მიღებული სიდიდე გამოიყენება პირველად ობიექტზე კონტროლის ან რაიმე სახის ზემოქმედების განსახორციელებლად, მაგალითად მართვა, რეგულირება, რაიმე პროცესის ჩართვა და სხვა. ამ შემთხვევაში ინფორმაცია პროცესორიდან გადაიცემა ე.წ. ციფრულ-ანალოგურ გარდაქმნელს, რომელიც პროცესორის პროგრამის შესაბამისად ქმნის რიცხვითი სიდიდის ელექტრულ ანალოგს, საჭიროების შემთხვევაში აძლიერებს მას და გადასცემს ძალოვანი ელექტრონიკის რაიმე ხელსაწყოს (ძრავა, ელექტრომაგნიტი, ტრანზისტორი და სხვა), ეს უკანასკნელი კი რაიმე ტიპის შემსრულებელი მოწყობილობის მეშვეობით ახორციელებს ობიექტზე ზემოქმედებას. ამ თანმიმდევრობით იკვრება ე.წ. უკუკავშირის მარყუჟი.

ნახ. 2



ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნელი (აღვ)

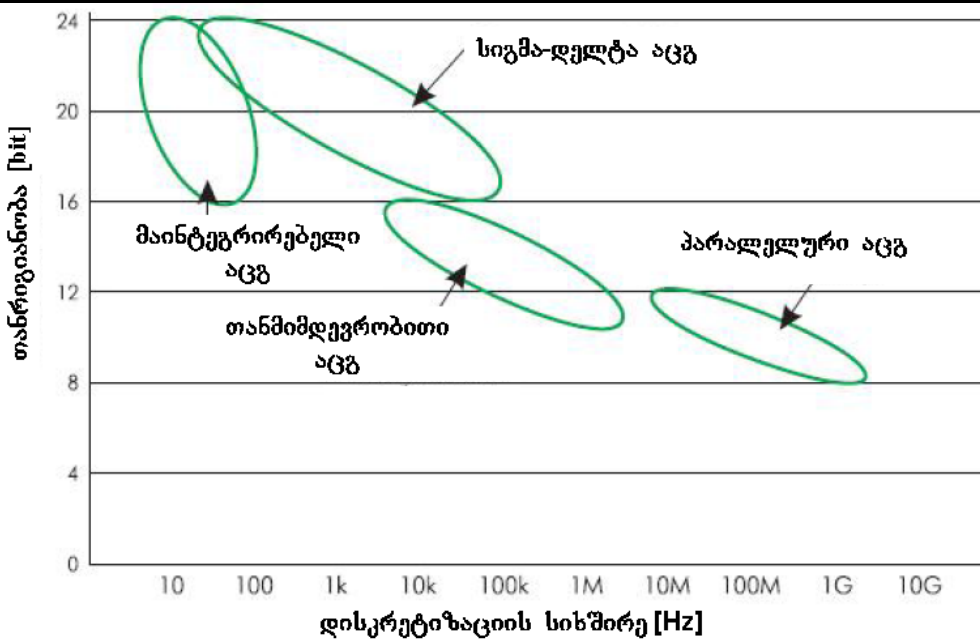
ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნელი (აღვ) – განხილული ციკლის და გამზომი აპარატურის უმნიშვნელოვანესი კომპონენტია. აცვ გარდაქმნის ძაბვის ანალოგურ სიგნალს ციფრულ კოდში, რომელსაც შემდგომში მიკროპროცესორი და პროგრამული უზრუნველყოფა ამუშავებს.

არსებობს მრავალი სახის ტექნიკური მახასიათებლების მქონე აცგ. სხვადასხვა ხელსაწყოები მოითხოვენ სხვადასხვა ტიპის აცგ-ს გამოყენებას. მაგალითად: ციფრულ ოსცილოგრაფებში მოითხოვება მონაცემთა დისკრეტიზაციის (ანათვლთა ადების) მაღალი სიხშირე, მაგრამ არაა სავალდებულო მონაცემთა მაღალი გარჩევა (დიდი სიზუსტე). ოსცილოგრაფების გამოყენებით ხდება მაღალი სიხშირის მქონე რხევითი მოვლენების ან სწრაფად ცვალებადი მოვლენების შესწავლა. ციფრულ მულტიმეტრებში (ფართო მოხმარების უნივერსალურ გამზომ ხელსაწყოებში, რომლებიც ზომავენ ძაბვას, დენს, წინააღობას და ელექტრული წრედების და კომპონენტების პარამეტრებს), კი პირიქით, საჭიროა მაღალი გარჩევა, ანუ მაღალი სიზუსტე, და არაა სავალდებულო ანათვლთა ადების დიდი სიჩქარე. ზოგადი დანიშნულების მონაცემთა დამუშავების სისტემებში გამოიყენება საშუალო გარჩევისა და საშუალო დისკრეტიზაციის სიხშირის მქონე აცგ-ები, ძირითადად ე.წ. თანმიმდევრული მიახლოების აცგ-ები. ყველაზე მაღალი დისკრეტიზაციის სიხშირე აქვთ პარალელურ აცგ-ებს, ყველაზე მაღალი გარჩევა – ე.წ. მაინტეგრირებელ აცგ-ებს.

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია აცგ-ს ძირითადი ტიპების შესაძლებლობები გარჩევის უნარისა და დისკრეტიზაციის სიხშირის მიხედვით. შემოხაზულია მათი პარამეტრების არეები. სიხშირის საზომი ერთეული ჰერცი (Hz) ამ შემთხვევაში აღნიშნავა ანათვლების ადების სიხშირეს – 1 წამში აღებული ანათვლების რაოდენობას.

დავალება განსაზღვრეთ ხელსაწყოების თანრიგობა ათობით სისტემაში და შეადგინეთ ნახ. 3-ის შესაბამისი ცხრილი.

ნახ. 3



ჩვენ გავეცნობით სამი ძირითადი ტიპის აცგ-ს - პარალელურ აცგ-ს, თანმიმდევრული მიახლოების აცგ-სა და მაინტეგრირებელ აცგ-ს, მათი მუშაობისა და აგებულების პრინციპებს.

პარალელური ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელები

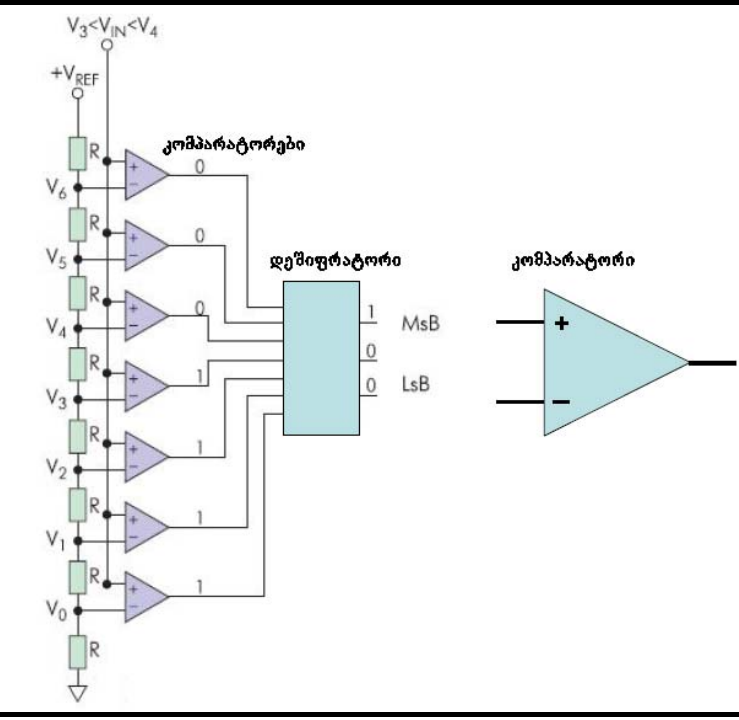
მაღალსიხშირიანი ოსცილოგრაფები და ზოგიერთი მაღალსიხშირიანი გამზომი ხელსაწყოები იყენებენ პარალელურ აცგ-ებს მათი დისკრეტიზაციის მაღალი სიხშირის გამო, რომელმაც შეიძლება მიაღწიოს 5G ($5 \cdot 10^9$) ანათვალს წამში

სტანდარტულ ხელსაწყოებში და 20G ანათვალს წამში ორიგინალურ ხელსაწყოებში.

სახოგადოდ პარალელურ აცვებს აქვთ 8 თანრიგიანი გარჩევის უნარი (ხელსაწყოს გაზომვის მთელი დიაპაზონი იყოფა $2^8=256$ ნაწილად), თუმცა შეიძლება შეგვხვდეს 10 თანრიგიანი მოდიფიკაციაც (დიაპაზონი იყოფა $2^{10}=1024$ ნაწილად).

მე-4 სურათზე მოცემულია 3 თანრიგიანი პარალელური აცვ-ს გამარტივებული ბლოკ-სქემა (უფრო მაღალთანრიგიანი აცვ-ს მუშაობის პრონციპი ანალოგიურია). აქ გამოყენებულია კომპარატორთა თანმიმდევრობა. ყოველი კომპარატორი ერთმანეთს ადარებს შემოსულ ძაბვას და მისთვის დამახასიათებელ ინდივიდუალურ საბაზო ძაბვას, რომელსაც ქმნის ნახაზზე წარმოდგენილი პრეციზიული რეზისტორული (დიდი სიზუსტით შერჩეული წინაღობებისაგან შემდგარი) გამყოფი. საბაზო ძაბვის საწყისი მნიშვნელობაა $V_{REF}/8$ (V_{REF} გასაზომი დიაპაზონის უდიდესი მნიშვნელობაა). გამყოფი იზრდება ყოველ მომდევნო თანრიგის შესაბამის კომპარატორზე ბიჯით $V_{REF}/8$, ამიტომ 3 თანრიგიან აცვ-ში არის 7 კომპარატორი. (8 თანრიგიან აცვ-ში არის $2^3-1=255$ კომპარატორი). შესავალი ძაბვის გაზრდისას კომპარატორები თანმიმდევრულად იძლევიან გამოსავალზე ლოგიკურ ერთიანებს კომპარატორების თანრიგის ზრდის მიხედვით, პირველი ერთიანი გამოვა უმცირესს თანრიგზე, შემდეგ კი ძაბვის ზრდის მიხედვით თანმიმდევრულად შეივსება ერთიანებით ზედა თანრიგები.

ნახ. 4



ა) კომპარატორი წარმოადგენს ელექტრონულ ხელსაწყოს, რომელსაც გააჩნია ორი წყაროს ელექტრული ძაბვის მნიშვნელობების შედარების ფუნქცია. თუ "+" ელექტროდზე მიწოდებული ძაბვა მეტია "-" ელექტროდზე მიწოდებული ძაბვისა - კომპარატორის გამოსავალზე ჩნდება 1. თუ, პირიქით, ნაკლებია - გამოსავალზე ჩნდება 0.
 ბ) ომის კანონის თანახმად, ტოლ წინაღობათა მწკერივზე ძაბვა V_{REF} თანაბრად ნაწილდება - თითოეულ წინაღობაზე მოდის $V_{REF}/8$, რადგან გვაქვს 8 წინაღობა. V_0-V_6 წერტილებში ძაბვის მნიშვნელობა იქნება - $1*V_{REF}/8, 2*V_{REF}/8, 3*V_{REF}/8, 4*V_{REF}/8, 5*V_{REF}/8, 6*V_{REF}/8$ და $7*V_{REF}/8$.

ნახაზზე მოცემული დეშიფრატორი განსხვავდება ადრე განხილული დეშიფრატორებისაგან. მისი შესავალი კოდი არ ასახავს რიცხვებს თელის რაიმე სისტემის შესაბამისად. მისი დეშიფრირების წესი მოცემულია ცხრილში. სათანადო ათობით რიცხვს შეესაბამება შესავალ კოდში არსებული ერთიანების რაოდენობა. ნახაზზე მოყვანილ მაგალითზე განხილულია შემთხვევა, როდესაც ჩაირთო 4 კომპარატორი. დეშიფრატორის გამოსავლის უმცროსი თანრიგი აღნიშნულია LsB, ხოლო უფროსი MsB.

ძაბვის შესაბამისი ათობითი რიცხვი	დეციფრატორის შესავალი კოდი	დეციფრატორის გამოსავალი კოდი
0	0000000	000
1	0000001	001
2	0000011	010
3	0000111	011
4	0001111	100
5	0011111	101
6	0111111	110
7	1111111	111

პარალელური აცვები ჩქარი მოწყობილობებია, მაგრამ მათ აქვთ სუსტი მხარეებიც. მათში მრავალი კომპარატორის გამოყენების გამო, მუშაობისას ისინი დენის წყარისაგან მოიხმარენ დიდ სიმძლავრეს და ამიტომაც მათი გამოყენება არაა რეკომენდირებული ისეთ ხელსაწყოებში რომლების მუშაობენ მცირე ტევადობის ავტონომიური ელექტრული წყაროებიდან, მაგალითად, ბატარეებიდან.

თანმიმდევრული მიახლოების ანალოგურ-ციფრული გარდაქმნელები

როდესაც მოითხოვება 12-16 თანრიგიანი (შედარებით მაღალი) გარჩევა და არაა საჭირო ანათვალთა აღების დიდი სიჩქარე და ამასთან გამსაზღვრელი ფაქტორებია ხელსაწყოს დაბალი ღირებულება და ეკონომიური ენერგომოხმარება, ჩვეულებრივ იყენებენ ე.წ. თანმიმდევრული მიახლოების აცვებს. ამ ტიპის აცვები ყველაზე ხშირად გამოიყენებიან სხვადასხვანაირ გამზომ თუ ინფორმაციის დამმუშავებელ სისტემებში. დღესდღეობით თანმიმდევრული მიახლოების აცვები საშუალებას იძლევიან გაზომონ დაძაბულობა 16 თანრიგიანი სიზუსტითა და დისკრეტიზაციის სიხშირით 100 K-დან 1M-მდე ანათვალის წამში, ანუ მუშაობენ სიხშირებით 100kHz და 1MHz .

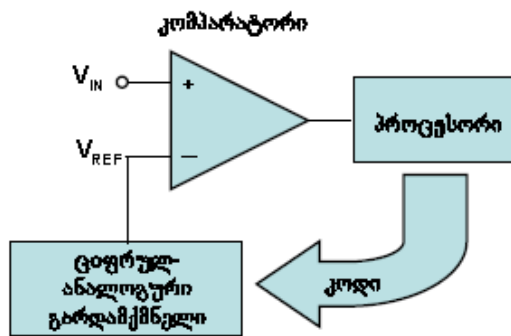
ამ მეთოდზე დაფუძნებული გარდაქმნა სიმძიმეების აწონვის პროცედურის მსგავსია, ამიტომ მეთოდს ხშირად უწოდებენ თანრიგის მიხედვით გაწონასწორების მეთოდს. გავეცნოთ მეთოდის არსს. ჯერ წარმოვიდგინოთ, რომ გვაქვს ელექტრული მოწყობილობა, რომელიც გარდაქმნის რიცხვით ინფორმაციას ელექტრულ ძაბვაში. ჯერჯერობით ეს შავი ყუთია, რომლის შესავალზე მიეწოდება რიცხვითი კოდი, ხოლო გამოსავალზე იქმნება ამ კოდის მნიშვნელოვან პროპორციული ძაბვა. ამ მოწყობილობას დაარქვას ციფრულ-ანალოგური გარდაქმნელი - ცაგ.

მე-5 ნახატზე წარმოდგენილია თანმიმდევრული მიახლოების აცვ-ს გამარტივებული ბლოკ-სქემა. ამ ტიპის აცვ-ს ძირითადი ნაწილებია თანმიმდევრული მიახლოების სპეციალური პროცესორი (მას ხშირად თანმიმდევრული მიახლოების რეგისტრს უწოდებენ), კომპარატორი და ციფრულ-ანალოგური გარდაქმნელი. გარდაქმნის ციკლის დასაწყისში ამ პროცესორის ყოველ გამოსავალზე მოცემულია ლოგიკური 0-ები, უმაღლესი თანრიგის გარდა. ამის გამო ციფრულ-ანალოგური გარდაქმნელის გამოსასვლელზე გამოვა სიგნალი რომელიც აცვ-ს შესასვლელი დიაპაზონის ნახევრის ტოლია (ორობით სისტემაში ტანრიგის მომარება ორჯერ ზრდის რიცხვის მნიშვნელობას). კომპარატორის გამოსასვლელი გადაირთვება იმ მდგომარეობაში, რომელიც შეესაბამება გასაზომი სიგნალისა და ცაგ-ის გამოსასვლელის სხვაობას.

მაგალითად: 8 თანრიგიანი თანმიმდევრული მიახლოების აცვ-სთვის პროცესორის გამოსავალზე გვექნება ორობითი 10000000 (მთელი დიაპაზონი შეესაბამება

ორობით რიცხვს 1111111). თუ კომპარატორზე შემავალი გასაზომი დაძაბულობა ნაკლებია აცგ-ს შემავალი დიაპაზონის ნახევარზე, მაშინ კომპარატორის გამოსასვლელზე გვექნება ლოგიკური 0, რაც აძლევს ბრძანებას თანმიმდევრული მიახლოების პროცესორს გადართოს თავისი გამოსავალი 01000000 მდგომარეობაში, რაც თავის მხრივ შეცვლის ცაგ-ის გამოსასვლელს დაბვას, რომელიც შედის კომპარატორში. ამასთან თუ კომპარატორის გამოსასვლელზე ისევ მივიღებდით 0-ს (ე.ი. ცაგ-დან შესული დაბვა ისევ მეტი იქნებოდა გასაზომ დაბვაზე) თანმიმდევრული პროცესორის გამოსავალზე მივიღებდით 00100000. მაგრამ ამ შემთხვევაში კომპარატორში ცაგ-დან შესული დაბვის მნიშვნელობა ნაკლებია გასაზომი დაბვის მნიშვნელობაზე (იხ. ნახატი 6) და კომპარატორის გამოსასვლელზე მივიღებთ 1-ს, რაც მიუთითებს თანმიმდევრული მიახლოების პროცესორს არ შეცვალოს შესაბამის თანრიგში ერთიანი და მიაწოდოს მომდევნო თანრიგზეც ერთიანი “აწონვის” პროცედურის გასაგრძელებლად. აღწერილი ალგორითმი (პროცედურა) გაგრძელდება იქამდე სანამ არ მივაღებთ ბოლო (უმცროს) თანრიგამდე. ამგვარად, თანმიმდევრული მიახლოების აცგ-ს ესაჭიროება გარდაქმნის ერთი ტაქტი (შედარების და კოდის შეცვლის ერთი ციკლი) ყოველი თანრიგისთვის, ე.ი. ყოველი თანრიგის მნიშვნელობის გასარკვევად, ე.ი. N ტაქტი N თანრიგიანი გარდამქმნელისათვის.

ნახ. 5



გარდამქმნელის ბლოკ-სქემა

მიუხედავად ამისა, თანმიმდევრული მიახლოებების აცგ-ს მუშაობას აქვს თავისებურება რომელიც დაკავშირებული ცაგ-ში მიმდინარე გარდამავალ პროცესებთან. თეორიულად, დაბვის მნიშვნელობა ცაგ-ის გამოსავალზე ყოველი N შიდა ტაქტის განმავლობაში უნდა დამყარდეს (შესრულდეს) ერთნაირ დროის შუალედში. მაგრამ რეალურად, დროის ეს შუალედი პირველი ტაქტებისთვის გაცილებით უფრო მეტია ვიდრე ბოლო ტაქტებისთვის. ამიტომ 16 თანრიგიანი თანმიმდევრული მიახლოების აცგ-ს გარდაქმნის დრო 2-ჯერ უფრო მეტად აღემატება 8 თანრიგიანი აცგ-ს გარდაქმნის დროს.

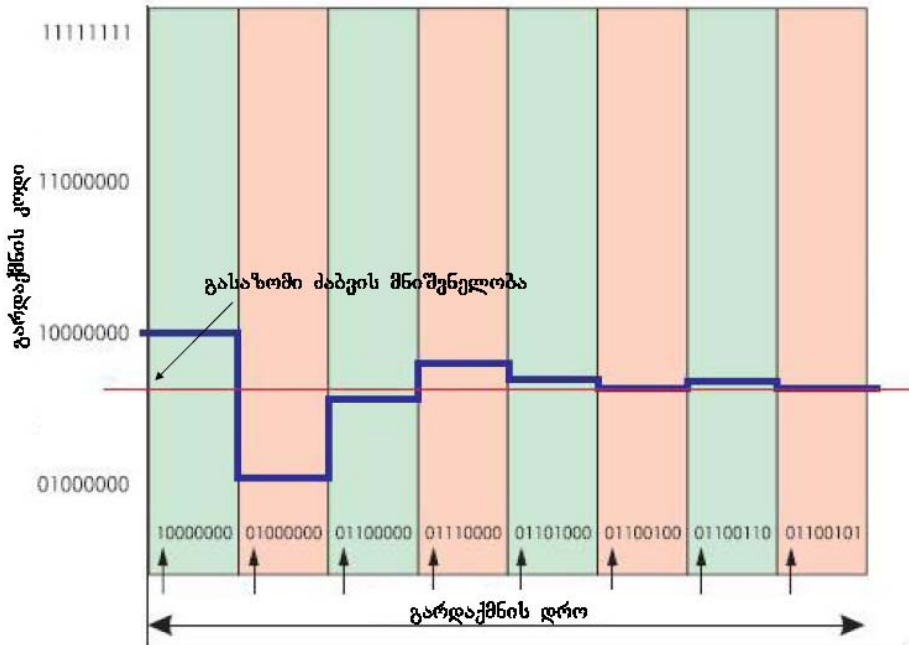
ნახ. 6-ზე წარმოდგენილია გარდამქმნელის მუშაობის ციკლის ამსახველი ინფორმაცია – ცაგ-ის გამოსავალი დაბვის მნიშვნელობა და სათანადო კოდი, რომელიც თანმიმდევრულად ზუსტდება პროცედურის განმავლობაში.

მაინტეგრირებელი ანალოგურ-ციფრული გარდამქმნელი

ნახ. 5-ზე მოყვანილი სქემა შეგვიძლია გამოვიყენოთ კიდევ ერთი ტიპის აცგ-ის შესაქმნელად. წარმოვიდგინოთ, რომ პროცესორი მუშაობს შემდეგი პროგრამით: იწყებს მუშაობას კოდის 00000000 მნიშვნელობიდან და თანმიმდევრულად ცვლის კოდს ერთი ბიტით 11111111 მდე. აშკარაა, რომ კოდის საწყის მდგომარეობაში ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელი გამოსავალზე გვაქვს 0 და დაბვა

თანმიმდევრულად მატულობს მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე. იმ მომენტიდან დაწყებული, როდესაც კომპარატორის შესავალ ელექტროდებზე ორივე ძაბვა ერთმანეთს გაუტოლდება, შემდეგი ბიტის გამოჩენა გამოიწვევს კომპარატორის გადართვას. კოდის ეს მნიშვნელობა შეესაბამება გასაზომ ძაბვას. ამ მომენტში პროცესორი შეაჩერებს კოდის ცვლილებას და მიღებული კოდი შესაძლებელია დამახსოვრდეს ან გადაეცეს სხვა ბლოკს დასამუშავებლად.

ნახ. 6



გარდაქმნილის მიშაობის პრინციპის ამსახველი დიაგრამა

ასეთი სქემა ძალიან ფართოდ იყო გავრცელებული მიკროელექტრონიკის განვითარების საწყის ეტაპზე. ასეთი სქემა ძალიან ნელა მუშაობს სხვებთან შედარებით. მას არავითარი უპირატესობა არ გააჩნია თანმიმდევრულ მიახლოებასთან შედარებით. თუ “არსად გვეჩქარება”, უკეთესია გამოვიყენოთ სხვა სქემა, რომელსაც ერთი უპირატესობა გააჩნია.

ციფრულ მულტიმეტრებში, როგორც წესი, გამოიყენება ორტაქტიანი მაინტეგრირებელი აცვ-ები, რადგან ასეთ გამზომ ხელსაწყოებში აუცილებელია როგორც მაღალი გარჩევა ასევე ელექტრული შეფერხებების ჩახშობის მაღალი უნარი.

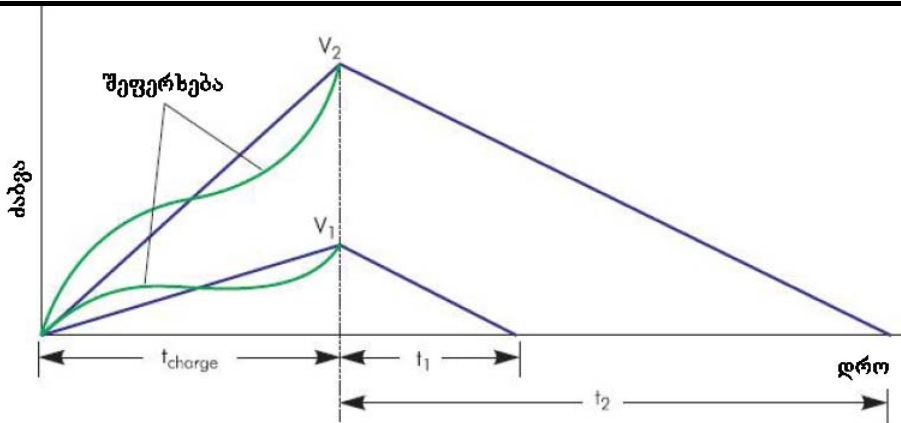
ნახ. 7-ზე ნაჩვენებია ორტაქტიანი მაინტეგრირებელი აცვ-ს მუშაობის პრინციპი. შემომავალი ძაბვა მუხტავს კონდენსატორს ფიქსირებული დროის განმავლობაში, რომელიც ჩვეულებრივ მკვებავი ქსელის (50 ან 60 ჰერცი) სიხშირის ერთ პერიოდის ტოლია. ამ დროის განმავლობაში შემავალი სიგნალის ინტეგრირებით ეფექტურად იხშობა მაღალსიხშიროვანი შეფერხებები, ამავდროულად გამოირიცხება გარდაქმნის სიზუსტეზე კვების ქსელის ძაბვის ზეგავლენაც. ეს მიიღწევა იმითი, რომ სინუსოიდალური სიგნალის მისი რხევის ერთ პერიოდის ჯერად დროის შუალედში მიღებული ჯამი ნულის ტოლია.

დამუხტვის დროის დასრულებისას აცვ განმუხტავს კონდენსატორს ფიქსირებული სიჩქარით, ხოლო მისი შიდა მთვლელი ითვლის ტაქტური იმპულსების რაოდენობას კონდენსატორის განმუხტვის დროის განმავლობაში, ანუ განმუხტვის დროს. ამგვარად, განმუხტვის დიდი დრო, შესაბამისად მთვლელის მიერ ათვლილი

ტექტური იმპულსების მეტი რაოდენობა, შეესაბამება გასაზომი ძაბვის მეტ მნიშვნელობას და პირიქით.

ორტაქტიანი მაინტეგრირებელი აცვ-ს აქვს შედარებით მარტივი სტრუქტურა, მაღალი სიზუსტე და დიდი გარჩევის უნარი. ასეთი აცვ-ების ძირითადი ნაკლოვანებაა – გარდამქმნის დიდი დრო, რომელიც განპირობებულია ინტეგრირების პერიოდის მიხედვით მკვებავი ქსელის პერიოდთან. მაგალითად: 50 ჰერციანი მოწყობილობისთვის ორტაქტიანი მაინტეგრირებელი აცვ-ს დისკრეტიზაციის სიხშირე არ აღემატება 25 ანათვალს წამში. ცხადია, ასეთ აცვ-ებს შეუძლიათ იმუშაონ უფრო დიდი დისკრეტიზაციის სიხშირითაც, მაგრამ ამ უკანასკნელის გაზრდისას მცირდება მისი მედეგობა შეფერხებების მიმართ.

ნახ. 7



გარდამქმნელის მუშაობის პრინციპის ამსახველი დიაგრამა

სიგმა-დელტა გარდამქმნელების გარჩევა მოითხოვს დამატებითი ინფორმაციის ცოდნას და არ განიხილება შესავალ კურსში.