

ელექტრონული გაზომვების საწყისები

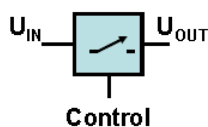
თემა 2. ციფრულ-ანალოგური გარდაქმნელები

ამ ელექტრონული ხელსაწყოთა სახელწოდება პირდაპირ მიუთითებს მის დანიშნულებას – ციფრული სახით წარმოდგენილი ინფორმაციის გარდაქმნა ანალოგურში. იგულისხმება ხელსაწყოთა გამოსავალზე ისეთი ელექტრული ძაბვის შექმნა, რომლის ცვლილება ყოველთვის შესაბამისი ციფრული კოდის რიცხვითი მნიშვნელობის პროპორციული იქნება.

ასეთი ელექტრული ხელსაწყოთა კონსტრუქციის განსახილველად საჭიროა რამდენიმე ახალი ელექტრული მოწყობილობის გაცნობა. ეს ხელსაწყოებია ელექტრონული გასაღები და ოპერაციული გამაძლიერებელი.

ელექტრონული გასაღები წარმოადგენს ელექტრული ჩამრთველის ანალოგს. მის შესავალზე მიწოდებული ანალოგური სიგნალი შეგვიძლია გამოვიყენოთ გამოსავალზე – ჩავრთოთ გასაღები, ან ავკრძალოთ სიგნალის ამ ხელსაწყოში გასვლა – გამოვრთოთ გასაღები. გასაღების სიმბოლური აღნიშვნა წარმოდგენილია ნახ. 1-ზე.

ნახ. 1

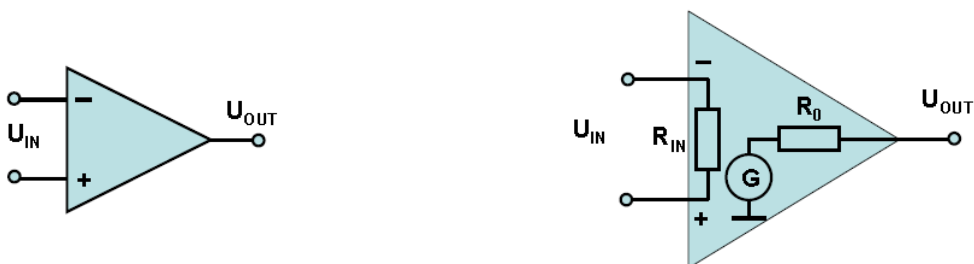


ამ განმარტებიდან გამომდინარე, გარდა ანალოგური სიგნალის გადასაცემად განკუთვნილი ელექტრონებისა, გასაღებს გააჩნია მართვის ელექტროდი. როგორც წესი, გასაღები იმართება ლოგიკური სიგნალით, რომელიც იღებს მნიშვნელობას 0 ან 1. 0-ის შემთხვევაში გასაღები გამორთულია, ხოლო 1-ის შემთხვევაში ჩართულია და სიგნალი გადაეცემა წრედის შემდგომ ელემენტებს.

ელექტრონული გასაღების მრავალი კონსტრუქცია არსებობს. ჩვენ ამჟამად განვიხილეთ მისი უმარტივესი სახე.

ოპერაციული გამაძლიერებელი ერთერთი ყველაზე გავრცელებული ანალოგური ხელსაწყოა, რომელიც მრავალი სხვადასხვა დანიშნულებით გამოიყენება. წინა მეცადინეობაზე განხილული კომპარატორი – ოპერაციული გამაძლიერებლის ბაზაზე აგებული ხელსაწყოა, და ხშირად გრაფიკულად ისეთივე სახით გამოიხატება – ნახ. 2ა.

ნახ. 2



ა) ოპერაციული გამაძლიერებლის სქემატური გამოსახულება

ბ) ოპერაციული გამაძლიერებლის ექვივალენტური სქემა. შემაჯავლი მცირე დენი მართავს დენის ძლიერ გენერატორს. ეს კავშირი სქემაზე არ არის აღნიშნული.

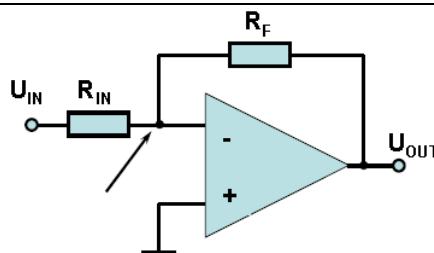
ოპერაციულ გამაძლიერებელს გააჩნია ორი შესავალი და ერთი გამოსავალი. ერთი შესავალი **ინვერტირებულია** - მასზე მიწოდებული სიგნალი გამოსავალზე იცვლის ნიშანს (დადებითი ხდება უარყოფითი და პირიქით), ხოლო მეორე შესავალი **არაინვერტირებულია** - მასზე მიწოდებული სიგნალი გადაეცემა გამოსავალზე ნიშნის ცვლილების გარეშე. თუ ორივე შესავალზე ერთნაირი სიგნალი მიეწოდება, ამ თვისების გამო, გამოსავალზე გვექნება 0 – ოპერაციული გამაძლიერებელი ანალოგური გამოკლების ოპერაციას ასრულებს. ორი შესავალი იძლევა რთული სქემების ორგანიზაციის საშუალებას. ქვემოთ განვიხილავთ მხოლოდ ერთ ტიპურ სქემას. ოპერაციული გამაძლიერებლის მეორე თვისება იმაში მდგომარეობს რომ მას გააჩნია ძალიან დიდი, იდეალურ შემთხვევაში უსასრულოდ დიდი გაძლიერების კოეფიციენტი, ე.ი. უმცირეს სიგნალებს აძლიერებს გამაძლიერებლის გამოსავლის დიაპაზონის უდიდეს მნიშვნელობამდე (არა უსასრულობამდე). რა თქმა უნდა გამაძლიერებელს ესაჭიროება ელექტრული კვება, რომლის ხარჯზე ხორციელდება გაძლიერება.

ნახ. 2ბ-ზე გამოსახულია ოპერაციული გამაძლიერებლის ექვივალენტური სქემა. მის ორ შესავალს შორის არსებული წინაღობა იდეალურ შემთხვევაში უსასრულოდ დიდი უნდა იყოს. ეს იმას ნიშნავს, რომ გამაძლიერებელი უსასრულოდ მცირე დენს უნდა მოითხოვდეს მის შესავალზე ჩართული რაიმე დენის წყაროსაგან ან სენსორისაგან.

იდეალური გამაძლიერებელი შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც დენის გენერატორი (G), რომელიც გამოიმუშავებს შესავალი დენის პროპორციულ დენს, მაგრამ მრავალ და მრავალ ჯერ გაძლიერებულს, ანუ მას გააჩნია უსასრულოდ დიდი გაძლიერების კოეფიციენტი. ამ გენერატორის შიდა წინაღობა ძალიან მცირე უნდა იყოს, იდეალურ შემთხვევაში ნულს უტოლდებოდეს.

ასეთ რეჟიმში მომუშავე ოპერაციული გამაძლიერებელი, ანუ იდეალური გამაძლიერებელი, გამოდგება მხოლოდ როგორც კომპარატორი. რეალური მცირე სიგნალების დასანუშავებლად და გასაძლიერებლად საჭიროა გაძლიერების სასრული მნიშვნელობა. ეს მიიღწევა ე.წ. უარყოფითი უკუკავშირის ორგანიზაციით. ასეთი უკუკავშირის მქონე ჩართვის სქემა მოყვანილია ნახ. 3-ზე.

ნახ. 3



უკუკავშირის წრედი (feedback) აწვდის გამოსავალ სიგნალს შესავალზე უკუკავშირის წინაღობის (R_F) გამოყენებით. ასეთი ჩართვის დროს გამაძლიერებლის გაძლიერება განპირობებულია სქემაში გამოყენებული შესავალი წინაღობის (R_{IN}) და უკუკავშირის წინაღობის თანაფარდობით. გაძლიერების კოეფიციენტი გამოითვლება ფორმულით:

$$K = R_F / R_{IN}$$

ამ სქემაში ნიშანშეცვლილი გამოსავალი სიგნალი მიეწოდება გამაძლიერებლის შესავალზე და სქემა წონასწორობაში მოდის, როდესაც ორივე სიგნალის

სხვაობა 0-ის ტოლი ხდება. ეს ხდება წერტილში, რომელიც ნახაზზე აღნიშნულია ისრით. აქ შესავალ დენს აკლდება უკუკავშირის დენი:

$$I_{IN} - I_F = 0.$$

არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ უკუკავშირი ორგანიზებულია ინვერტირებული შესავლის გამოყენებით, ე.ი. გამოსავალი სიგნალი გამოდის გამოსავალზე საწინააღმდეგო ნიშნით. ომის კანონის შესაბამისად, $I_{IN} = U_{IN} / R_{IN}$ და

$$I_F = U_F / R_F = U_{OUT} / R_F, \text{ აქედან გამოდინარე,}$$

$$I_{IN} - I_F = U_{IN} / R_{IN} - U_F / R_F = 0, \text{ საიდანაც გამოდინარეობს}$$

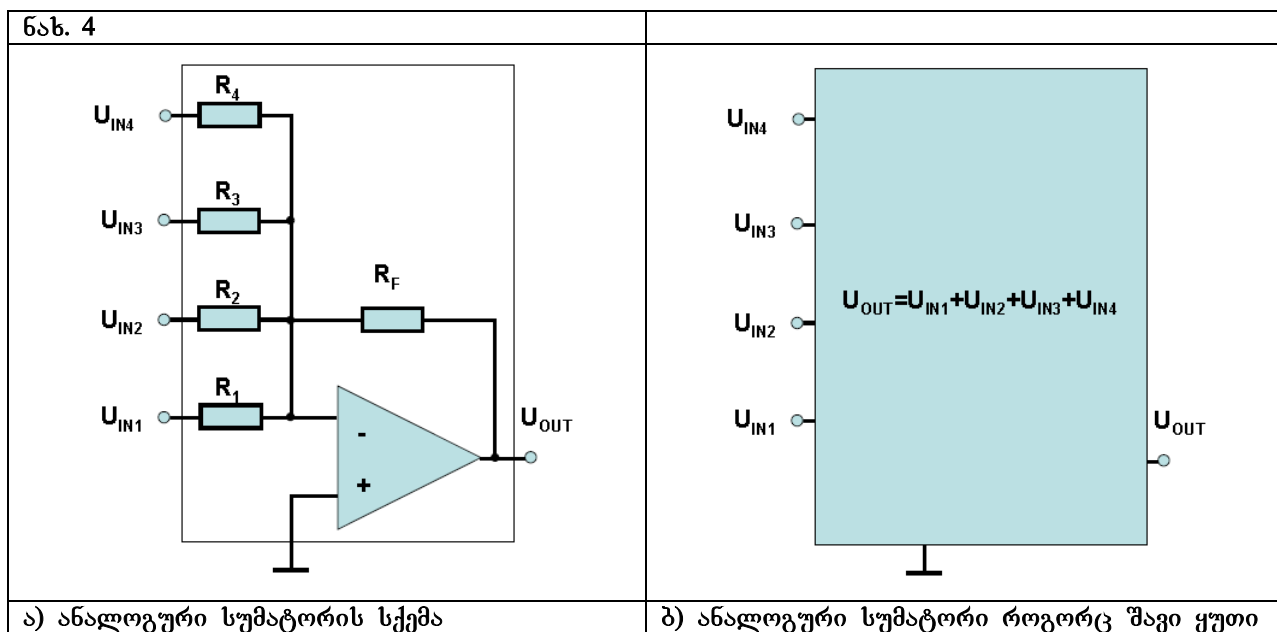
$$K = U_{OUT} / U_{in} = R_F / R_{IN}.$$

იგივე კანონზომიერება სამართლიანია ნახ. 4-ზე წარმოდგენილი სქემისათვის. უკუკავშირის წრედი აბალანსებს ყველა შესავალი სიგნალის ჯამს და ყველა შესავლისათვის სათითაოდ სამართლიანია იგივე ფორმულა. თუ შესასავალი წინააღობები ერთმანეთის ტოლია – უკუკავშირი დააბალანსებს ოთხჯერ გაზრდილ დენს და ამისათვის გამოსავალი ძაბვა ოთხჯერ უფრო დიდი უნდა იყოს. აქედან უფრო ცხადად ჩანს, რომ ასეთი სქემა შესავალი სიგნალების აჯამების ოპერაციას ასრულებს. განხილული მაგალითი ოთხ შესავალს იხილავს. მათი რაოდენობა არაფრით არ არის შემოსაზღვრული, და შეიძლება მეტი იყოს. თუ ყველა წინააღობა ერთმანეთის ტოლია, მაშინ

$$U_{OUT} = U_{IN1} + U_{IN2} + U_{IN3} + U_{IN4}.$$

თუ წინააღობები განსხვავდება, მაშინ

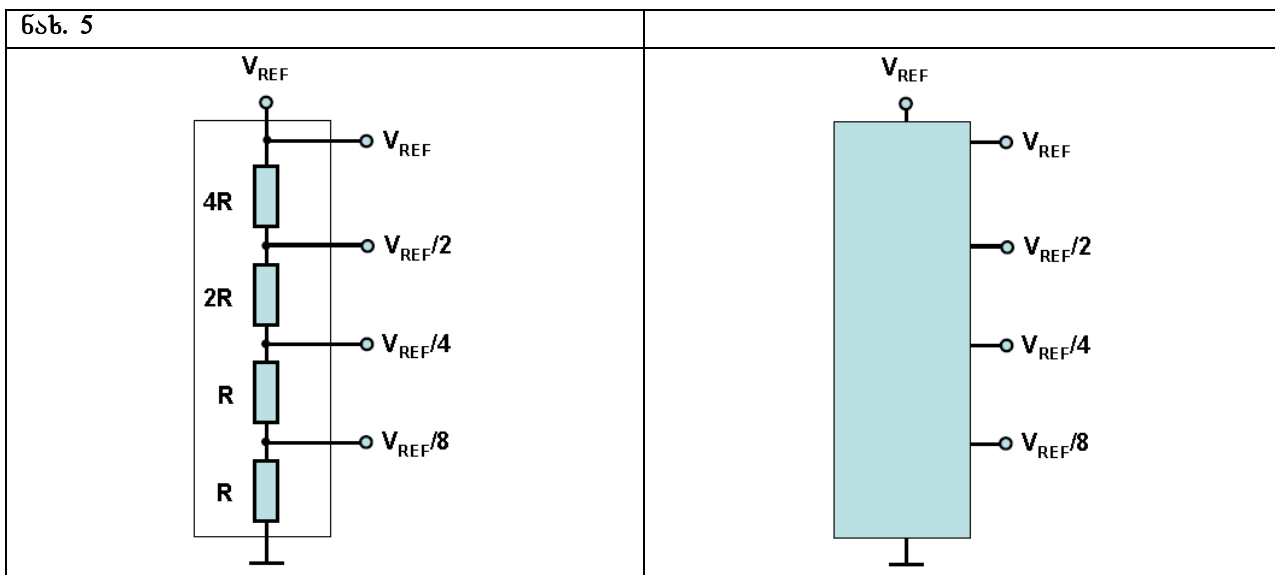
$$U_{OUT} = K_1 U_{IN1} + K_2 U_{IN2} + K_3 U_{IN3} + K_4 U_{IN4}$$



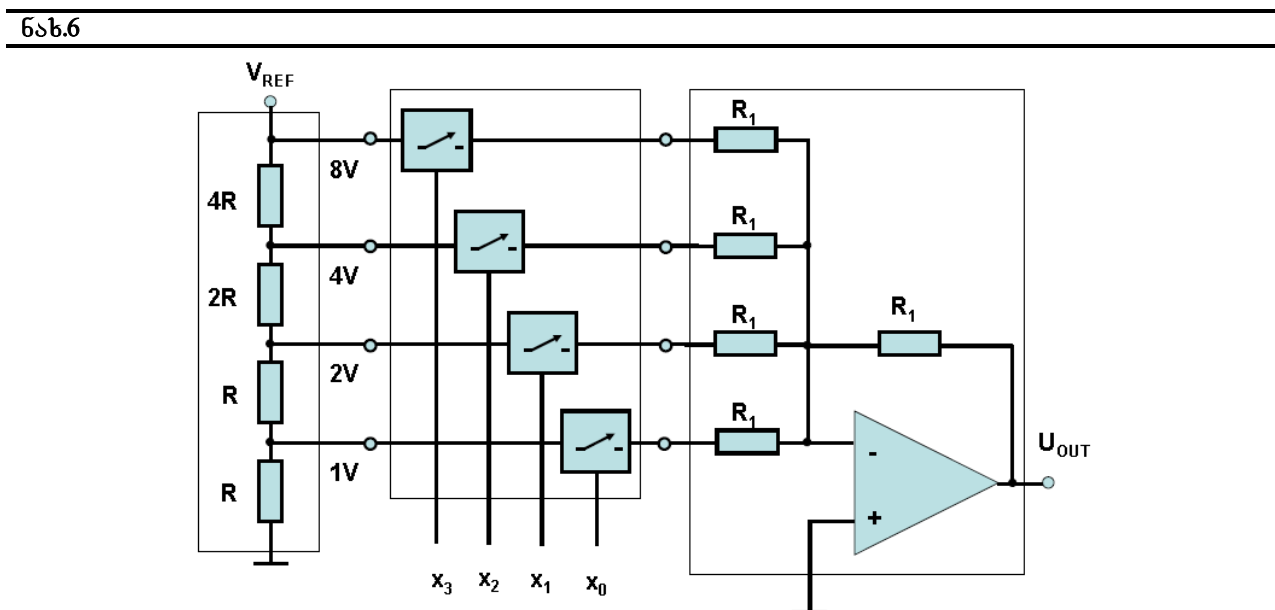
დეტალიზაციის გარეშე, ასეთი სქემა შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ანალოგური სიგნალების დამაჯამებელი მოწყობილობა – ანალოგური სუმატორი.

ნახ. 5-ზე წარმოდგენილია კიდევ ერთი საჭირო კვანძი ციფრულ ანალოგური გარდამქმნელის ასაგებად. ეს არის რეზისტიული გამყოფი, მაგრამ არა თანაბარი როგორც პარალელური ანალოგურ ციფრული გარდამქმნელის

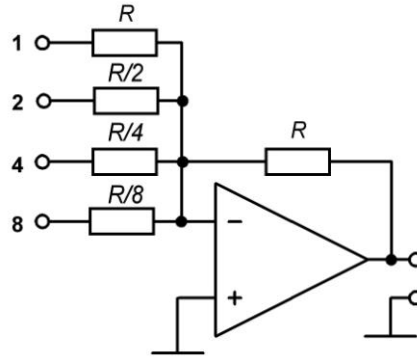
შემთხვევაში, არამედ განაწილებული ორობითი კოდის თანრიგების ზრდის შესაბამისად. თუ, მაგალითად, გამოყოფზე მიწოდებული ძაბვა 8 ვოლტის ტოლია, გამოყოფზე მივიღებთ ძაბვების თანმიმდევრობას 1 ვოლტი, 2 ვოლტი, 4 ვოლტი და 8 ვოლტი. ეს სქემაც შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც შავიუთი, რომელსაც ვაწვდით ძაბვას, და ვიღებთ მის ნახევარს, მეოთხედს და ასე შემდეგ - ორობითი კოდის წონების ძაბვის პროპორციულ მნიშვნელობებს.



ამ კვანძების განხილვის შენდევ არანაირ სიძნელეს არ წარმოადგენს ნახ. 6-ზე მოყვანილი სქემის არსში გარკვევა. სქემა შეიცავს ყველა განხილულ ელემენტს და იმართება ორობითი კოდით, რომლის შესაბამისად ირთვებიან გასაღებები და კოდის შესაბამისი ძაბვების მნიშვნელობა აიჯამება ოპერაციული გამაძლიერებლით. ეს ნახაზი ასახავს გარდამქმნელის მუშაობის პრინციპს. ელემენტების რაოდენობის გაზრდით შესაძლებელია გარდამქმნელის თანრიგიანობის გაზრდა.



რეალური გარდამქმნელები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან თანრიგების რაოდენობით, სწრაფქმედებით და გამოსავალი სიმძლავრით, რომელიც დამოკიდებულია ოპერაციული გამაძლიერებლის სიმძლავრეზე.



მარტივი ციფრულ-ანალოგური გარდამქმნელის აგება შესაძლებელია ოპერაციული გამაძლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტის ცვლილებით ორობითი თანრიგის შესაბამისად. ციფრული მოწყობილობის გამოსავლის უმცროსი თანრიგი ანალოგურ ჯამში უნდა შედიოდეს გაძლიერების გარეშე, ხოლო ყოველი შემდგომი თანრიგი ორჯერ უნდა გაძლიერდეს. ეს ხორციელდება შესავალი რეზისტორების ნომინალების სათანადო შერჩევით. ესეთი სქემის გამოყენება შესაძლებელია მარტივ შემთხვევებში, როდესაც გარდამქმნელისაგან არ მოითხოვება მაღალი სიზუსტე. ციფრული ხელსაწყოს 0 ან 1 სიგნალის ძაბვის მნიშვნელობა შეიძლება იცვლებოდეს სტანდარტით დაშვებულ ფარგლებში. ეს აისახება გარდამქმნელის სიზუსტეში. ასეთი გარდამქმნელის გამოყენება გამართლებულია იმ შემთხვევაში, როდესაც არ მოითხოვება დიდი სიზუსტე და გარდამქმნელი სიგნალის ფორმის კონტროლისათვის გამოიყენება.