

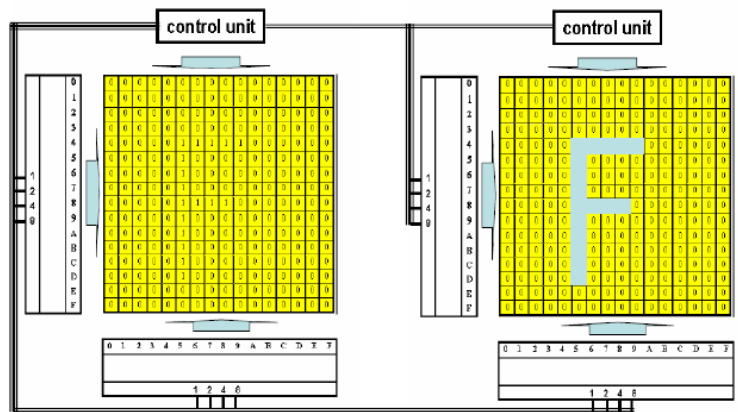
თემა 3. ელექტრონიკის ძირითადი ციფრული ხელსაწყოები

მეცადინეობა 1.

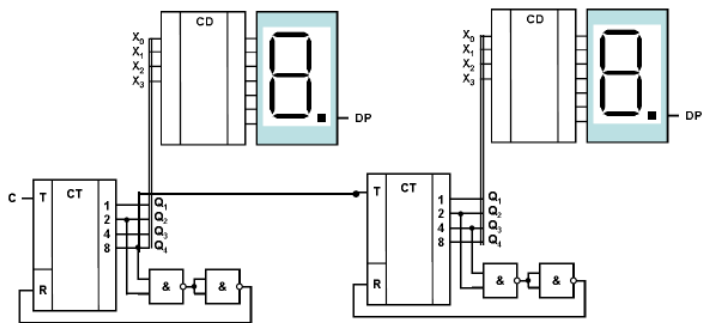
გავიხსენოთ, ციფრული ინფორმაციის დამუშავების და ურთიერთგაცვლისათვის შექმნილია სხვადასხვა ტიპის ელექტრული ხელსაწყო. მათი ერთობლიობა წარმოადგენს “კონსტრუქტორს” და მათი ურთიერთშეერთებით ახალი ფუნქციონალური თვისებების მქონე ელექტრონული კონსტრუქციების მიღებაა შესაძლებელი. წინა მეცადინეობაზე გავიცანით რამდენიმე და მათი გამოყენებით ავაწყეთ შედარებით რთული ფუნქციონალური კვანძები. მათში აისახა რიცხვით მონაცემთა ინდიკაციის, შიფრირება/დეშიფრირების, დამახსოვრების, დათვლის და გადაცემის ორგანიზაციის პრინციპები. ორი ნაცნობი მოწყობილობა წარმოდგენილია ნახ. 3.1-ზე, ა) და ბ). მესამე – გ), წარმოადგენს პრაქტიკული მეცადინეობის დავალების პასუხს და მოითხოვს კომენტარებს.

ნახ. 3.1

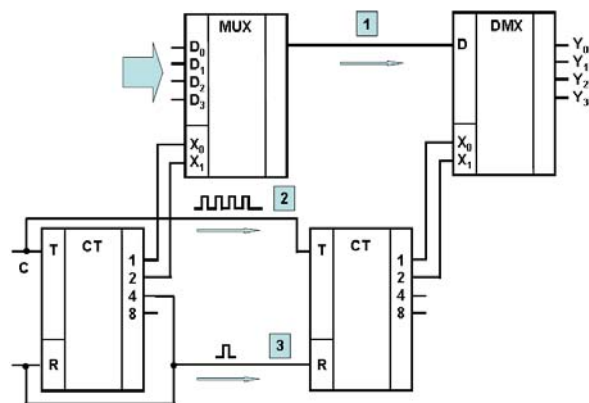
ა) მატრიცული ელექტრონული მოწყობილობის (მაგალითად მესხიერების ან ინდიკაციის მატრიცა) აღრესაცია და მართვა



ბ) ელექტრული იმპულსების თვლის და შედეგის ინდიკაციის მოწყობილობა. შემავალი იმპულსების თვლა ხორციელდება 60-მდე.



გ) ციფრული ინფორმაციის გადამცემი არხი. გადაცემა ხორციელდება სამი ფიზიკური ხაზის გამოყენებით. ხაზი 1 გამოიყენება ინფორმაციის თანმიმდევრული გადაცემისათვის. ხაზი 2 გამოიყენება არხის ორივე ბოლოს მომუშავე მოწყობილობების ერთი და იგივე ელექტრული იმპულსებით სინქრონიზაციისათვის. არხი 3 გამოიყენება მართვის ციკლების საწყისი მდგომარეობის შესათანხმებლად.



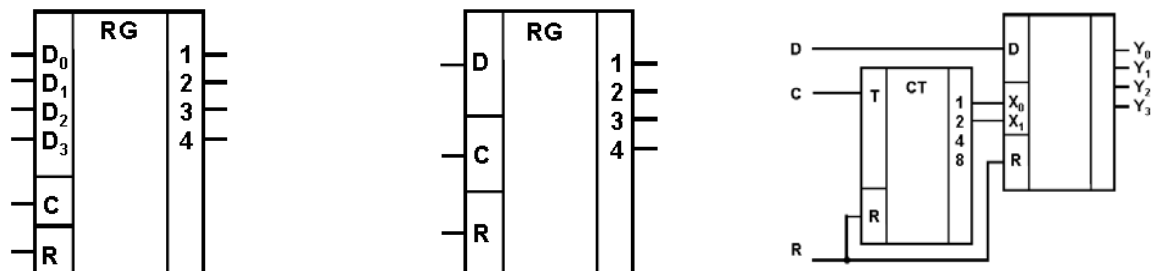
ნახ. 3.1 ა) –ზე წარმოდგენილი გადამცემი არხი სინქრონიზირებულია მთვლელების გამოყენებით. მთვლელებით სინქრონიზაციისათვის საჭიროა არხის ორივე ბოლოს განთავსდეს მთვლელი, რომლის გამოსავალი კოდი გამოყენებული იქნება მულტიპლექსორის და დემულტიპლექსორის სამართავად. მთვლელების გამოსავალი ელექტროდების კოდური პოზიციები შეთანხმებული უნდა იყოს სამართავი მოწყობილობების კოდურ პოზიციებთან. ამ შემთხვევაში არხის მართვა “იმუშავებს” მთვლელებზე მიწოდებული იმპულსების რაოდენობის შესაბამისად. რადგან ამ მარტივ შემთხვევაში მართვა ხორციელდება მხოლოდ ორი ორობითი თანრიგით, მთვლელების თვლის კოეფიციენტი არ უნდა აღემატებოდეს 3. ეს უზრუნველყოფილია მთვლელების საწყის მდგომარეობაში გადაყვანის ელექტროდების შეერთებით და ამ წრედის შეერთებით მთვლელის გამოსავალ მესამე ელექტროდთან, რომლის ათობითი მნიშვნელობა უდრის 4. აუცილებელია მთვლელების შესავლების გაერთიანება. შექმნილ სქემაში 1 არხით გადაიცემა ინფორმაცია იმპულსების სახით, 2 არხით მართვის ციკლის თვლის იმპულსები, და 3 არხით განხორციელდება მთვლელების თვლის ციკლის განახლება. 2 და 3 არხების ერთობლივი მუშაობის შედეგად ხორციელდება ინფორმაციის გადაცემის ციკლის სინქრონიზაცია .

დემულტიპლექსორის მუშაობის განხილვისას აღინიშნა, რომ მის გამოსავალ ელექტროდებზე ინფორმაცია გადმოიცემა მართვის კოდის შესაბამისად - თანმიმდევრულად. თუ დავუბრუნდებით ინფორმაციის გადამცემი არხის მუშაობას, შესაძინევია, რომ ინფორმაცია გამოსავალზე არ არის წარმოდგენილი ისეთივე სახით როგორც შესავალზე – დინამიურად იცვლება გადაცემის პროცესში. აშკარაა, რომ პირვანდელი სახით საწყისი ინფორმაციის აღსადგენად საჭიროა რამენაირი “მეხსიერების კვანძი”, რომელიც გადაცემის ციკლის განმავლობაში დაიმახსოვრებს ინფორმაციას.

ამ ფუნქციის შესასრულებლად იყენებენ ე.წ. “რეგისტრს”. რეგისტრები გამოიყენება ინფორმაციის გადაცემის პროცესში, ციკლის განმავლობაში, ინფორმაციის დროებით შესანახად, ამიტომ მათ ხშირად უწოდებენ **მეხსიერების რეგისტრებს**. ე.წ. **პარალელური რეგისტრი** ერთდროულად იმახსოვრებს ყველა შესავალ ელექტროდზე მიწოდებულ ინფორმაციას. ეს ხდება **C** ელექტროდზე იმპულსის მიწოდებით. **R** ელექტროდზე იმპულსის მიწოდებით რეგისტრი გადაიყვანება ნულოვან მდგომარეობაში.

ე.წ. **მიმდევრობითი რეგისტრი** თანმიმდევრულად ანაწილებს და გამოსავალზე იმახსოვრებს შესავალ ელექტროდზე მიწოდებულ ინფორმაციას. თითოეული ბიტის დამახსოვრება ხდება **C** ელექტროდზე იმპულსის მიწოდებით. აქაც **R** ელექტროდზე იმპულსის მიწოდებით რეგისტრი გადაიყვანება ნულოვან მდგომარეობაში.

ნახ. 3.2



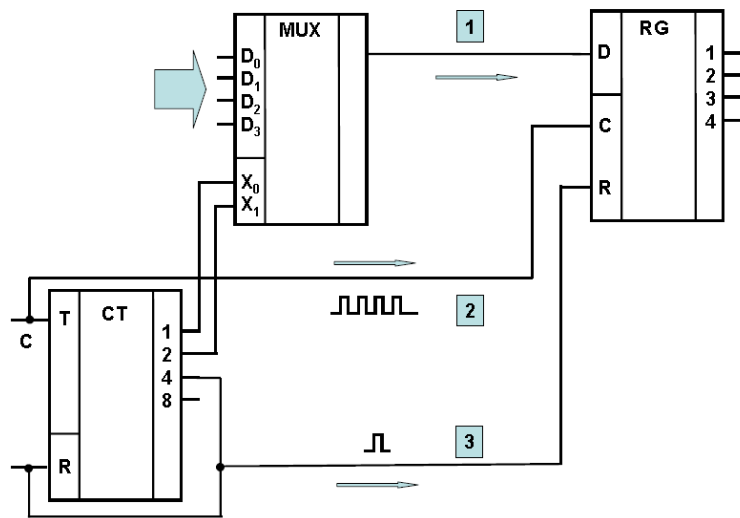
ა) პარალელური რეგისტრი ბ) მიმდევრობითი რეგისტრი გ) რეგისტრის ანალოგი

ორივე რეგისტრის სქემატური აღნიშვნა მოყვანილია ნახ. 3.2 –ზე, ა) და ბ). ფაქტიურად რეგისტრი წარმოადგენს გამოსავალ ელექტროდებზე დამახსოვრების უნარით აღჭურვილ დემულტიპლექსორს რომლის მართვის ციკლი იმართება მოვლელის მეშვეობით ნახ. 3.2 გ.

თვალშისაცემია, რომ მიმდევრობითი რეგისტრი წარმოადგენს ზუსტად იმ ხელსაწყოს, რომელიც მოგვცემდა საშუალებას განვახორციელოთ ინფორმაციის მიღება და შენახვა ციფრული ინფორმაციის გადამცემი არხის მიმდებ ბოლოზე.

ნახ. 3.3 –ზე წარმოდგენილია იგივე რაც გამოსახულია ნახ. 3.2 გ)-ზე ორგანიზებული მიმდევრობითი რეგისტრის გამოყენებით.

ნახ. 3.3



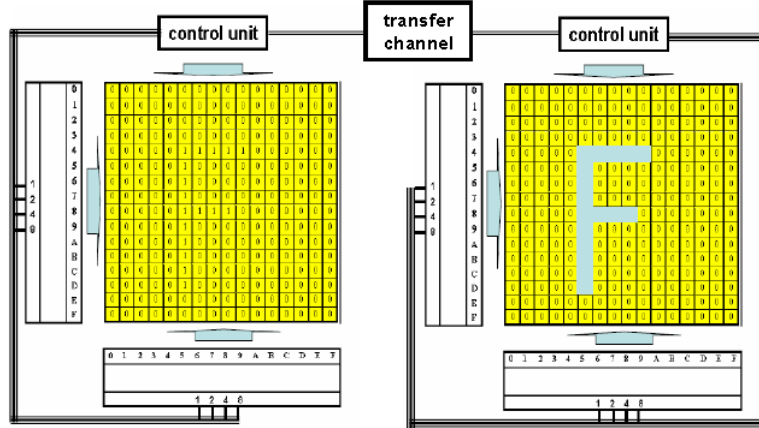
ციფრული ინფორმაციის გადამცემი არხი ორგანიზებული რეგისტრის გამოყენებით. გადამცემა ხორციელდება სამი ფიზიკური ხაზის გამოყენებით. ამ შემთხვევაშიც ხაზი 1 გამოიყენება ინფორმაციის თანმიმდევრული გადამცემისათვის. ხაზი 2 გამოიყენება არხის ორივე ბოლოს მომუშავე მოწყობილობების ერთი და იგივე ელექტრული იმპულსებით სინქრონიზაციისათვის. არხი 3 გამოიყენება მართვის ციკლური მუშაობის უზრუნველსაყოფად - ციკლების საწყისი მდგომარეობის შესათანხმებლად და ციკლის დამთავრებისას გამოსავალი ინფორმაციის წასაშლელად.

ყურადღება უნდა მივაქციოთ არხის ორგანიზაციის მთავარ მხარეებს :

- პარალელური კოდის თანმიმდევრული გადამცემა;
- გადამცემის პროცესში ინფორმაციული ბიტების სინქრონიზაცია სინქრონიზაციული იმპულსებით (ხაზი 2);
- გადამცემის ციკლური ორგანიზაცია – ციკლის დასრულებისას ინფორმაცია პირვანდელი სახით აღდგენილია არხის გამოსავალზე.

ზოგადად, არხის შესავალზე და გამოსავალზე შესაძლებელია ორგანიზებული იყოს ნებისმიერი სირთულის და მოცულობის ციფრული ელექტრონული სისტემა, რომელიც შესავალზე პროგრამულად, ინფორმაციის გაცვლის პროტოკოლის შესაბამისად შეინახავს მათ მექსიერებაში საიდანაც ყოველთვის შეიძლება მისი სრულად აღადგენს და სხვადასხვა დანიშნულებისამებრ გამოყენება. მაგალითად, ნახ. 3.1 ა) –ზე წარმოდგენილი მოწყობილობის ორი მოდული შეიძლება დაკავშირდეს ისე როგორც ნაჩვენებია ნახ. 3.4 –ზე. აქ მექსიერებაში შენახული ინფორმაცია მიეწოდება ინფორმაციული არხს შესასვლელზე და მისი გადამცემის შემდგომ არხის გამოსავალზე მიღებული ინფორმაცია მიეწოდება და აღიბეჭდება მატრიცულ ინდიკატორზე.

ნახ. 3.4



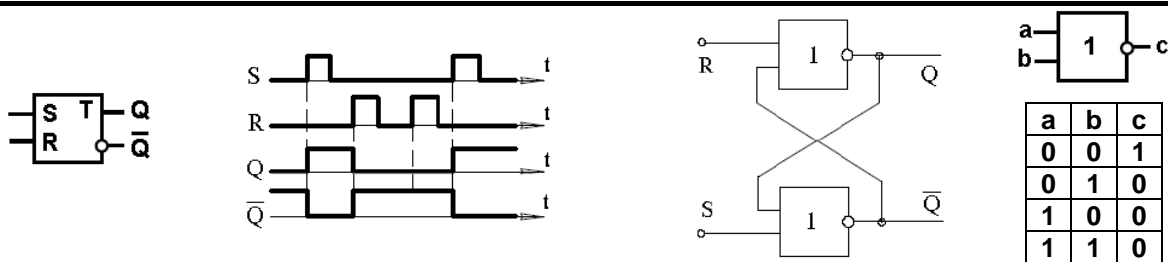
საინფორმაციო არხის განხილვისას, ჩვენ გავეცანით ფიზიკური ხაზების რაოდენობის მინიმიზაციის ამოცანის ერთერთ მაგალითს. თანამედროვე ტექნიკაში ამ ამოცანის რეალური გადაჭრის ერთერთი თვალსაჩინო მაგალითია USB (Universal Serial Bus) საინფორმაციო გადამცემი არხი.

ნახ. 3.5



- ა) USB შემაერთებელი კეანბი
- ბ) მეხსიერების ხელსაწყო ინფორმაციის USB გადამცემი არხით
- გ) USB არხის ელექტროდები

ნახ. 3.6



- ა) ტრიგერი
- ბ) ტრიგერის ფუნქციონირების დიაგრამა
- გ) ტრიგერი აწყობილი “ან-არა” ლოგიკური ელემენტებით და “ან-არა” ელემენტის ფუნქციონირების ცხრილი

მოვლელების და რეგისტრების განხილვის დროს გაჩნდა ერთი პრინციპული სიახლე – გამოსავალი სიგნალი დამოკიდებული გახდა არა მარტო შესავალი სიგნალის მომქმედ მდგომარეობაზე არამედ მის წინა მდგომარეობაზეც (მდგომარეობებზეც). აშკარაა, რომ ასეთი ფუნქციების შესასრულებლად საჭიროა მეხსიერების ელემენტების არსებობა. უმარტივესი ხელსაწყო, რომელიც ამ ფუნქციას ასრულებს, ცნობილია ტრიგერის სახელწოდებით.

ტრიგერი წარმოადგენს ციფრულ მოწყობილობას, რამელიც შესაძლებელია იმყოფებოდეს ორ მდგრად მდგომარეობაში და ერთი მდგომარეობიდან გადადიოდეს მეორეში შესავალი სიგნალების ზემოქმედებით. უმარტივესი ტრიგერის სქემატური სიმბოლური აღნიშვნა, ფუნქციონირების დიაგრამა და მარტივ ლოგიკურ ელემენტებზე რეალიზაციის სქემა მოყვანილია ნახ. 3.6 ზე.

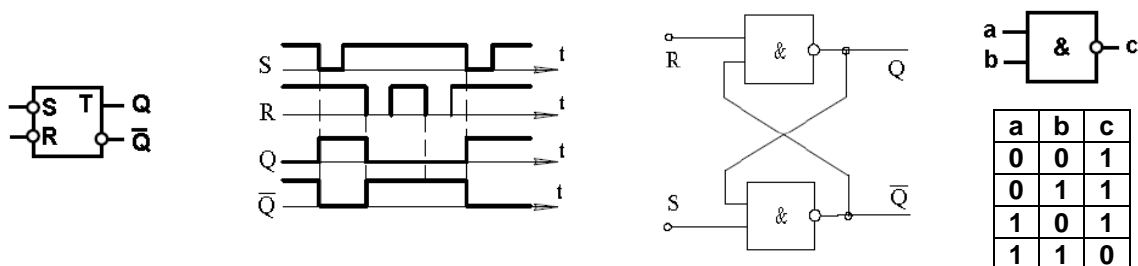
ეს ტრიგერი იმართება ორი შესავალი ელექტროდით – **S** და **R**. გამოსავალი ელექტროდებია **Q** და მის მიმართ შებრუნებული, ინვერსიული. შესავალი ელექტროდი **S** (**set**) სიგნალურია, მის საშუალებით ხდება ინფორმაციის დამახსოვრება, ანუ ტრიგერის ჩართვა. მასზე იმპულსის მიწოდების შემთხვევაში გამოსავალზე ჩნდება 1, ინვერსიული გამოსავალი, სათანადოდ, იცვლის მდგომარეობას 1-დან 0-ზე. მეორე შესავალი ელექტროდიც **R** (**reset**) სიგნალურია, მისი საშუალებით ხდება ტრიგერის გამორთვა. ინფორმაცია გამოსავალზე იცვლება 1-დან 0-ზე. ინვერსიული გამოსავალი, სათანადოდ, იცვლის მდგომარეობას 0-დან 1-ზე. ამ ტრიგერის სახელწოდებაა ასინქრონული **RS** ტრიგერი. მისი ფუნქციონალური დიაგრამა და ლოგიკურ ელემენტებზე აგების ვარიანტი მოყვანილია ნახაზზე. ორივე შესავალ ელექტროდზე ერთდროულად 1-ის მიწოდება აკრძალულია.

დავალება 1. გაარჩიეთ ლოგიკურ ელემენტებზე აგებული **RS** ტრიგერის მუშაობა. შეადგინეთ და შეავსეთ სქემის ელემენტების ფუნქციონირების ცხრილი.

შესაძლებელია ტრიგერს გააჩნდეს ინვერსიული შესავალი. ამ შემთხვევაში ტრიგერი ჩაირთვება როდესაც **S** ელექტროდზე მიეწოდება 0, და გამოირთვება როდესაც 0 მიეწოდება **R** ელექტროდს. საწყის მდგომარეობაში შესავალ ელექტროდებზე უნდა იყოს 1, და ორივე შესავალ ელექტროდზე ერთდროულად 0-ის მიწოდება აკრძალულია. ასეთი ტრიგერი წარმოდგენილია ნახ. 3.7-ზე.

დავალება 2. გაარჩიეთ ლოგიკურ ელემენტებზე აგებული ინვერსიული შესავლების მქონე **RS** ტრიგერის მუშაობა. შეავსეთ სქემის ელემენტების ფუნქციონირების ცხრილი.

ნახ. 3.7

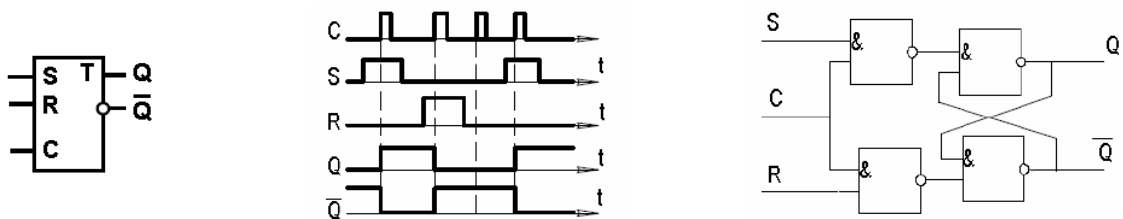


ა) ტრიგერი ინვერსიული შესასვლელით ბ) ინვერსიულ შესასვლელიანი ტრიგერის ფუნქციონირების დიაგრამა გ) ინვერსიულ შესასვლელიანი ტრიგერი აწყობილი ლოგიკურ ელემენტებზე “და-არა”

ორივე განხილული ტრიგერი **ასინქრონულია** – მათ არ გააჩნიათ რაიმე სხვა მოწყობილობასთან ციკლური მუშაობის დროში შეთანხმებული ორგანიზაციის, **სინქრონიზაციის** საშუალება. ამ ნაკლოვანებამ შეიძლება თავი იჩინოს რთულ ელექტრონულ სისტემებში, სადაც აუცილებელია სხვადასხვა კვანძების ციკლური მუშაობის ერთმანეთთან შეთანხმება. მაგალითად რამდენიმე

ტრიგერის საშუალებით დამახსოვრებულია კვანძების ფუნქციონალური მდგომარეობა, მაგრამ სისტემის მართვის ელექტრონული ბლოკი მიმართავს ამ ტრიგერებს და ამოიკითხავს და წაშლის ამ ინფორმაციას მოგვიანებით, თავისი ციკლის თანმიმდევრობის გათვალისწინებით. თუ ეს ბლოკი მიმართავს ტრიგერებს თავისი ციკლის მასინქრონიზებელი იმპულსით, მუშაობა შეთანხმებულად განხორციელდება. შეიძლება ითქვას ტრიგერი თავაზობს თავის ინფორმაციას და ელოდება როდის იქნება ის წაკითხული და წაშლილი. ნახ. 3.8 –ზე წარმოდგენილი სინქრონული ტრიგერის გამოსავალი იცვლის თავის მდგომარეობას მხოლოდ სინქრონიზებულების “ნებართვით”. დიაგრამაზე ნათლად არის წარმოდგენილი მასინქრონიზებელი დამატებითი მართვის ელექტროდის როლი.

ნახ. 3.8

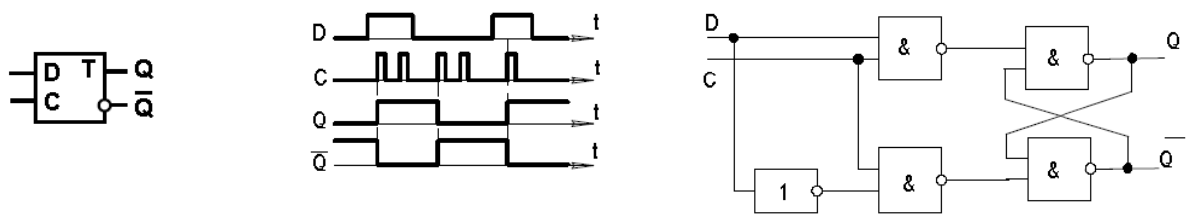


ა) სინქრონული ტრიგერი ბ) ტრიგერის ფუნქციონირების დიაგრამა გ) სინქრონული ტრიგერი ლოგიკურ ელემენტებზე “და-არა”

ასეთი სინქრონული ტრიგერის სქემა განსხვავდება RS ტრიგერის სქემისაგან იმით, რომ დამატებითი ლოგიკური ელემენტით. მათი ფუნქციონირება მარტივია. მართვის R და S იმპულსების გასატარებლად აუცილებელია სიგნალის არსებობა გაერთიანებულ, მასინქრონიზებულ ელექტროდზე.

შესაძლებელია RS ტრიგერის სხვა მოდიფიკაციის შექმნა. ნახ. 3.9-ზე წარმოდგენილია D-ტრიგერის სახელით ცნობილი მოწყობილობა. მის შესავალზე შედიან სასიგნალო იმპულსები, მაგრამ გამოსავლის მდგომარეობა განპირობებულია არამარტო ამ იმპულსით, არამედ აგრეთვე სინქრიშესავლის მდგომარეობით. ეს ტრიგერი მუშაობს მხოლოდ სინქრონულ რეჟიმში.

ნახ. 3.9

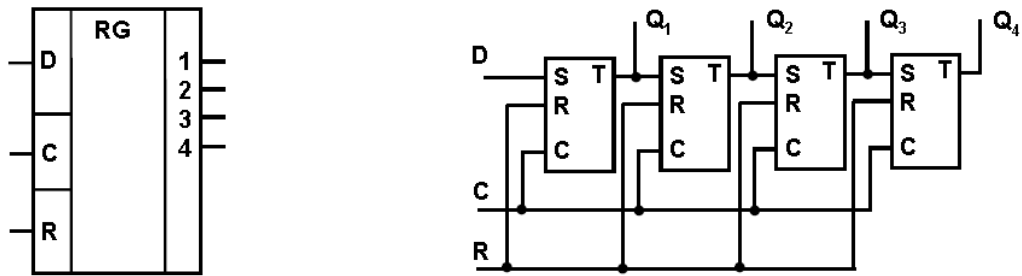


ა) D - ტრიგერი ბ) ტრიგერის ფუნქციონირების დიაგრამა გ) ტრიგერი ლოგიკურ ელემენტებზე

ტრიგერების რამდენიმე სხვა მოდიფიკაციას არსებობს. ყველა შემთხვევაში მოდიფიცირებულია ტრიგერის მართვა. ტრიგერი ისევ რჩება მეხსიერების ელემენტად, მაგრამ მართვის თვალსაზრისით სხვადასხვა პირობებს აღმაყოფილებს. ტრიგერების ასეთი ფართო ოჯახის არსებობა განპირობებულია ელექტრონული ხელსაწყოების ოპტიმალური კონსტრუირების მოსაზრებებით.

ტრიგერების გაცნობის შემდეგ ადვილი გასარჩევია მიმდევრობითი რეგისტრის ფუნქციონირების პრინციპი. სქემა წარმოდგენილია ნახ. 3.10-ზე.

ნახ. 3.10



ა) მიმდევრობითი რეგისტრი

ბ) სინქრონულ ტრიგერებზე აწყობილი მიმდევრობითი რეგისტრი