

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ტექნიკური ელექტრონიკის კათედრა

გ.დგებუაძე, ა. მუნიაური

საკურსო სამუშაო დისციპლინაში
”ელექტრონიკის საფუძვლები”

დამხმარე სახელმძღვანელო

თბილისი 2007

შინაარსი

შესავალი -----	
1. ოპერაციული მაძლიერებლები და მათი გამოყენების მაგალითები -----	1
1.1 მაინვერტირებელი მაძლიერებელი -----	5
მაგალითი 1 -----	7
1.2 მართკუთხა იმპულსთა მიმღევრობის მაფორმირებელი რგოლი (მულტივიბრატორი)-----	10
მაგალითი 2 (თვითაღზნებადი მულტივიბრატორი) -----	13
მაგალითი 3 (მომლოდინე მულტივიბრატორი) -----	15
2. ციფრული ინტეგრალური მიკროსქემები და მათი გამოყენების მაგალითები	17
2.1 მულტივიბრატორები ციფრულ ინტეგრალურ მიკროსქემაზე -----	17
მაგალითი 4 (ავტორხევითი მულტივიბრატორი) -----	21
მაგალითი 5 (მომლოდინე მულტივიბრატორი) -----	23
2.2 ობიექტის ციფრული მართვის მოწყობილობა ინტეგრალურ მიკროსქემებზე	25
2.2.1 ზოგადი თეორიული ცნობები -----	25
მაგალითი 6 -----	29
ლიტერატურა -----	30

შესავალი

ყოველი ავტომატური მართვის მოწყობილობა შედგება ურთიერთზემოქმედი ნაწილებისაგან, რომლებიც ანხორციელებენ ინფორმაციის მოპოვებას, გარდაქმნას, გადაცემას, ლოგიკურ დამუშავებასა და გამოყენებას სამართავ ობიექტებზე სათანადო რეაგირების მოსახდენად. ავტომატური მართვის მოწყობილობის შემადგენელ ნაწილებს, რომლებიც ასრულებენ ზემოთ აღნიშნულ ფუნქციებს, ხშირად მოიხსენიებენ ფუნქციური კვანძების სახელწოდებით.

შესავალი და გამოსავალი სიგნალების ხასიათიდან გამომდინარე ავტომატური მართვის მოწყობილობის ფუნქციური კვანძები იყოფა ორ ჯგუფად: ანალოგურ და დისკრეტულ კვანძებად. ეს ფუნქციური კვანძები შეიცავენ რამდენიმე ტიპურ ელექტრონულ ელემენტს. კერძოდ, ანალოგური ფუნქციური კვანძების აწყობა ძირითადად ხორციელდება ინტეგრალური მიკროსქემური შესრულების ოპერაციულ მაძლიერებელის გამოყენებით, ხოლო ლოგიკური აღგორითმის მიხედვით ინფორმაციის დამუშავების დისკრეტული ფუნქციური ელემენტები შესრულებულია ინტეგრალურ ლოგიკურ მიკროსქემებზე.

საკურსო სამუშაო ითვალისწინებს ოპერაციული მაძლიერებლისა და ლოგიკური მიკროსქემების გამოყენებით ზოგიერთი ფუნქციური ელემენტის აგებისა და გაანგარიშების ჩვევების დაუფლებას.

1. ოპერაციული მაძლიერებლები და მათი გამოყენების მაგალითები

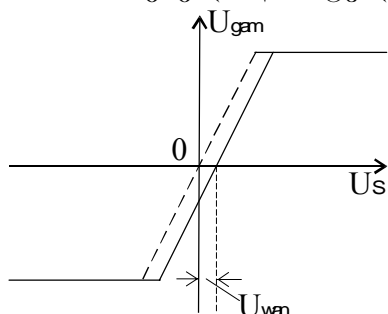
ოპერაციულ მაძლიერებლებს (**ომ**) უწოდებენ ელექტრული სიგნალების ისეთ მაძლიერებლებს, რომელთა დანიშნულებაა ანალოგურ ელექტრულ სიდიდეებზე სხვადასხვა ოპერაციების შესრულება. თავდაპირველად ოპერაციულ მაძლიერებლებს იყენებდნენ ანალოგურ გამომთვლელ მანქანებში მათემატიკური ოპერაციების შესასრულებლად (შეკრება, გამოკლება, ინტეგრება, დიფერენცირება და სხვა). ისე როგორც ჩვეულებრივი მაძლიერებლები, ოპერაციული მაძლიერებლებიც ახდენდნენ შესავალი სიგნალის ძაბვის, დენის ან სიმძლავრის გაძლიერებას. განსხვავება კი იმაშია, რომ თუ ჩვეულებრივი მაძლიერებლების თვისებები და მაჩვენებლები მთლიანად მათ სქემურ შესრულებაზეა დამოკიდებული, ოპერაციულ მაძლიერებლების თვისებები დამოკიდებულია იმ უკუკავშირის წრედის მახასიათებელზე, რომლითაც ოპერაციული მაძლიერებელია აღჭურვილი ყოველ კონკრეტულ შემთხვევაში. ამიტომ ტრადიციული მათემატიკური ოპერაციების შესრულების გარდა ოპერაციული მაძლიერებლების გამოყენებით შესაძლებელია მუდმივი და ცვლადი დენის მაძლიერებლების, აქტიური ფილტრების, ჰარმონიული და მართკუთხა რხევების გენერატორების, კომპარატორების და მრავალი სხვა ელექტრონული მოწყობილობის რეალიზაცია.

თანამედროვე ოპერაციული მაძლიერებლები შესრულებულნი არიან ინტეგრალური მიკროსქემის (**იმს**) სახით. მათი ხარისხობრივი მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად ჯობნის დისკრეტული ტექნოლოგიის მიხედვით შესრულებული ანალოგის მაჩვენებლებს. ინტეგრალური შესრულების ოპერაციულ მაძლიერებლებს ხშირად განიხილავენ, როგორც მოწყობილობას, რომელიც თავისი თვისებებით უახლოვდება წარმოსახვით იდეალურ მაძლიერებელს.

ინტეგრალური მიკროსქემური შესრულების ოპერაციული მაძლიერებლის მიერ ამა თუ იმ ფუნქციის შესრულების სიზუსტე (ან ცდომილება) დამოკიდებულია გამოყენებული ოპერაციული მაძლიერებლების პარამეტრებზე.

ოპერაციული მაძლიერებლების **იმს** გააჩნია პარამეტრთა დიდი რაოდენობა, რომელთა დაჯგუფება შესაძლებელია მოვახდინოთ შემდეგნაირად: შესავალის პარამეტრები, გამოსავალის პარამეტრები, გადაცემის პარამეტრები, გარდამავალი პარამეტრები და კვების წრედის პარამეტრები.

1. შესავალის პარამეტრები. ამ ჯგუფის პარამეტრები დამოკიდებულია **ომ**-ის შესავალი დიფერენციალური კასკადის თვისებებზე. იმის გამო, რომ იდეალურად დაბალანსებული (სიმეტრიული) დიფერენციალური კასკადის მიღება შეუძლებელია, კასკადის ტრანზისტორების ბაზა-ემიტერის გადასასვლელთა საწყისი სიმშვიდის რეჟიმის ძაბვები ერთნაირი სიდიდის არ არის. ამიტომ, შესავალი სიგნალის ნულთან ტოლობის მიუხედავად, ძაბვა კასკადის გამოსავალზე ნულისაგან განსხვავებულია. ეს იმას ნიშნავს, რომ **ომ**-ის ამპლიტუდური (გადაცემის) მახასიათებელი წანაცვლებულია კოორდინატთა სათავის მიმართ (იხ. სურ). აქედან



გამომდინარე **ომ**-ის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს ნულის წანაცვლების ძაბვა $U_{წან.}$ ეს არის ძაბვის ის მნიშვნელობა, რომელიც უნდა მიეწოდოს **ომ**-ის შესავალს (ნიშნის გათვალისწინებით), რათა გამოსავალზე ძაბვა გახდეს ნულის ტოლი, როდესაც $U_{წან.} = 0$. ცხადია, იდეალურ ვარიანტში $U_{წან.} = 0$.

რეალურ ომ-ში $U_{\text{წან}}$ სიდიდე შეიძლება შეადგენდეს რამდენიმე ათეულ მილივოლტს.

$U_{\text{წან}}$ ძაბვა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ამიტომ შესავალის შემდეგ პარამეტრად მიჩნეულია წანცვლების ძაბვის ტემპერატურული დრეიფი $\frac{\Delta U_w}{\Delta T} \text{ } \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

იდეალურ ომ-ში $\frac{\Delta U_w}{\Delta T} = 0$, ხოლო რეალურ ომ-ების $\frac{\Delta U_w}{\Delta T}$ შეიძლება შეადგენდეს (1÷60) მკვ/°C.

$U_{\text{წან}}$ ძაბვა შესავალ წრედში წარმოშობს დენს $I_s = \frac{|I_{s1}| + |I_{s2}|}{2}$, რომელსაც შესავალის დენი ეწოდება.

$I_{\text{წ}}$ დენთან ერთად პარამეტრად გამოიყენება $\Delta I_{\text{წ}} = |i_{n1} - i_{n2}|$ დენი, რომელსაც სხვაობის შესავალი დენი ეწოდება. იდეალურ ომ-ში $I_{\text{წ}} = 0$ და $\Delta I_{\text{წ}} = 0$, ხოლო რეალური ომ-ების $I_{\text{წ}}$ და $\Delta I_{\text{წ}}$ დენები შეიძლება აღწევდეს რამდენიმე ასეულ ნანოამპერს (ნა).

$\Delta I_{\text{წ}}$ დენი ტემპერატურაზეა დამოკიდებული, ამიტომ ომ-ის შესავალი წრედის პარამეტრად გამოიყენება სხვაობის შესავალი დენის ტემპერატურული დრეიფი $\frac{\Delta I_{\text{წ}}}{\Delta T} \text{ } \text{ნა}/^{\circ}\text{C}$.

ომ-ის შესავალი წრედის მნიშვნელოვანი პარამეტრებია შესავალის წინაღობა დიფერენციალური სიგნალის მიმართ $R_s = \left| \frac{\Delta U_{sd}}{\Delta I_s} \right|$ (წინაღობა შესასვლელებს შორის მოდებული სიგნალის მიმართ) და შესავლის წინაღობა სინფაზური სიგნალის მიმართ $R_{\text{წ}}$. იდეალური ომ-ის $R_{\text{წ}} = \infty$. რეალური ომ-ის $R_{\text{წ}}$ შეიძლება შეადგენდეს (0.01 . . . 1000) მეგაომ.

ომ-ის შესავალის პარამეტრთა ჯგუფს მიეკუთვნება აგრეთვე დიფერენციალური და სინფაზური შესავალი ძაბვები.

2. გამოსავლის პარამეტრები. ამ ჯგუფის პარამეტრები დამოკიდებულია ომ-ის გამოსავალი კასკადის თვისებებზე.

გამოსავლის ერთ-ერთ ძირითად პარამეტრს წარმოადგენს გამოსავალი დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა. ეს არის გამოსავალი დენის დასაშვები სიდიდე, ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობისთვის ან დატვირთვის წინააღობის მინიმალური მნიშვნელობის დროს. გამოსავლის პარამეტრთა ჯგუფიდან მეორე მნიშვნელოვან პარამეტრს წარმოადგენს გამოსავლის წინააღობა R_g . იდეალური ომ-ის გამოსავლის წინააღობა $R_g = 0$. თანამედროვე ომ-ების გამოსავლის წინააღობა არ აღემატება რამდენიმე ასეულ ომ-ს.

ომ-ის გამოსავალი წრედის მესამე მნიშვნელოვანი პარამეტრია გამოსავალი ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა წრფივი გაძლიერების დიაპაზონში – $U_{\text{გამ.max.}}$ თანამედროვე ომ-თა ÖiÖÄÄËÖiÄÉÖ $U_{\text{გამ.max.}} = 10\text{ვ}$.

3. გადაცემის პარამეტრები. ამ ჯგუფში შედის: ა) ძაბვის გაძლიერების კოეფიციენტი $K_{\text{ომ}} = \Delta U_{\text{გამ}} / \Delta U_{\text{წდ}}$. იდეალური ომ-ის გაძლიერების კოეფიციენტი უსასრულოდ დიდი სიდიდისაა. თანამედროვე ომ-ების გაძლიერების კოეფიციენტი მთავსებულია ფარგლებში $10^3 \div 10^7$.

ბ) სინფაზური შესავალი ძაბვის შესუსტების კოეფიციენტი, რომელიც ეტოლება დიფერენციალური შესავალი სიგნალის გაძლიერების კოეფიციენტის შეფარდებას სინფაზური სიგნალის გაძლიერების კოეფიციენტთან.

$K_{u,სიგ.} = K_{დოფ} / K_{სიგ.}$ იდეალური ომ-ის $K_{u,სიგ.} = \infty$, ხოლო რეალური ომ-ების $K_{u,სიგ.} = (60 \div 120)$ დბ (დბ-დეციბელი).

გ) ერთეული გაძლიერების შესაბამისი სიხშირე - ეს არის გასაძლიერებელი სიგნალის სიხშირის ის კრიტიკული მნიშვნელობა, რომლის დროსაც ომ-ის გაძლიერების კოეფიციენტი მცირდება ერთამდე.

4. გარდამავალი პარამეტრები. ამ ჯგუფის პარამეტრები ახასიათებენ ომ-ის დინამიკურ თვისებებს. ეს პარამეტრებია: ა) გამოსავალი ძაბვის ზრდის მაქსიმალური სიჩქარე V_{max} . ეს არის ომ-ის გამოსავალი ძაბვის ცვლილების უდიდესი სიჩქარე შესავალზე მართკუთხა ფორმის სიგნალის მოქმედების დროს. სხვადასხვა ტიპის თანამედროვე ომ-ების V_{max} შეადგენს $(0.1 \div 100)$ ვ/მწმ.

ბ) გამოსავალი ძაბვის დამყარების დრო - t დამყ. იგი განისაზღვრება დროის იმ ინტერვალით, რომელიც ესაჭიროება გამოსავალი ძაბვის დამყარებას $0.1 U_{გამ. max.}$ -დან $0.9 U_{გამ. max.}$ -მდე, $U_{გამ. max.}$ ძაბვის ნახტომის დროს.

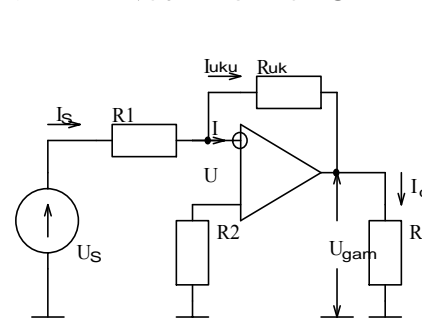
5. კვების წრედის პარამეტრები. ა) კვების წყარის ძაბვა $\pm E$.

ბ) კვების წყაროდან მოთხოვნილი დენი I_0 .

ფუნქციური შესაძლებლობების უნივერსალობის გამო ინტეგრალურ ომ-ებს აქვთ უაღრესად ფართო გამოყენება თანამედროვე ელექტრონიკის მოწყობილობებში. განსაკუთრებით ფარგლებში ომ-ების გამოყენება მაინვერსირებელ და არამაინვერსირებელ მაძლიერებელ და მართკუთხა იმპულსთა მიმდევრობის მაფორმირებელ რგოლებად სხვადასხვა დანიშნულების მოწყობილობებში. ქვემოთ მოცემულია ასეთი ფუნქციური დანიშნულებების მქონე ოპერაციულ-მაძლიერებლიანი რგოლების გაანგარიშების მეთოდოლოგია.

1.1 მაინვერსირებელი მაძლიერებელი

მაინვერსირებელი მაძლიერებელი, რომლის სქემაც 1.1 სურათზეა ნაჩვენები, წარმოადგენს უარყოფითი უკუკავშირით აღჭურვილ ოპერაციულ მაძლიერებელს.



უარყოფითი უკუკავშირი განხორციელებულია $R_{უკ} - R_1$ ძაბვის დამყოფით, რომელიც გამოსავალი ძაბვის ნაწილს აწვდის მაინვერსირებელ შესასვლელს. ნულის დაყენებისა და სიხშირული კორექციის წრედები სურათზე ნაჩვენები არ არის.

$U_{უკ}$ სიგნალი მიერთებულია საერთო სალტესა (ნული) და მაინვერსირებელ შესავალს შორის.

არამაინვერსირებელი შესავალი R_2 რეზისტორის საშუალებით მიერთებულია საერთო სალტესთან.

სურ.1.1 დენის დრეიფის შემცირების მიზნით R_2 რეზისტორის წინააღმდეგობა უნდა შეირჩეს შემდეგი პირობის გათვალისწინებით: $R_2 = R_1 \parallel R_{უკ}$.
მაინვერსირებელი მაძლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტი

$$K_{u,i} \approx - \frac{R_{uk}}{R_g + R_1} \quad (1.1)$$

სადაც R_g - სიგნალის წყაროს შიგა წინააღმდეგობაა.

დატვირთვა $R_{დ}$ ჩაირთვება ომ-ის გამოსავლის გამომყვანსა და საერთო სალტეს შორის. ომ-ის გამოსავალ წრედში გამავალი დენი

$$I_{gam} = I_d + I_{uk} = \frac{U_{gam}}{R_d} + \frac{U_{gam}}{R_{uk}} \quad (1.2)$$

გამოსავალი დენის დასაშვები მნიშვნელობა (მითითებულია ყველა ტიპის ომ-ის ცნობარში) არ აღემატება რამდენიმე ათეულ მილიამპერს.

იდეალური ომ-ის გაძლიერების კოეფიციენტი $K_{u,om} = \infty$, შესავალის წინაღობა - $R_{u,om} = \infty$, გამოსავალის წინაღობა - $R_{gam,om} = 0$. ამიტომ, თუ ვიგულისხმებთ, რომ გამოყენებული ომ-ი იდეალურია, მაშინ მაინვერსირებადი მაძლიერებლის შესავალი წინაღობა იქნება $R_{u,0} = R_1$, ხოლო გამოსავალის წინაღობა $R_{gam,0} = 0$.

რეალური ომ-ის პარამეტრების გათვალისწინებით მაინვერსირებადი მაძლიერებლის შესავლის წინაღობა

$$R_{Si} = R_1 + \frac{R_{S,om} R_{uk}}{R_{S,om}(1 + K_{u,om})R_{uk}}, \quad (1.3)$$

სადაც $R_{u,om}$ - ომ-ის შესავალის რეალური წინაღობაა;

$K_{u,om}$ - ომ-ის გაძლიერების კოეფიციენტის რეალური მნიშვნელობაა.

მაინვერსირებადი მაძლიერებლის გამოსავლის წინაღობა

$$R_{gam,i} = \frac{K_{u,i}}{K_{u,om}} R_{gam,om}. \quad (1.4)$$

მაინვერსირებადი მაძლიერებლის გაძლიერების კოეფიციენტის დაზუსტებული სიდიდე

$$K_{ui} = \frac{\frac{R_{uk}}{R_1 + R_g}}{1 + \frac{1}{K_{u,om}} \left(1 + \frac{R_{uk}}{R_1 + R_g} + \frac{R_{uk}}{R_{S,om}} \right)}. \quad (1.5)$$

(1.5) გამოსახულება საშუალებას იძლევა დავადგინოთ ერთიდაიგივე ტიპის ომ-ის სხვადასხვა ეგზემპლარის $K_{u,om}$ და $R_{u,om}$ პარამეტრების გაზნევადობით გამოწვეული K_{ui} სიდიდის ცდომილება, რომელიც აისახება გამოსავალი ძაბვის სიდიდეზე.

ცდომილებას, გამოსავალი ძაბვის სიდიდის დაფიქსირებისას, იწვევს აგრეთვე ნულის წანაცვლების ძაბვა - U_{ν} . მაინვერსირებადი მაძლიერებლის სტატიკური ცდომილების ძაბვა გაინისაზღვრება გამოსახულებიდან

$$U_{gam.cd} = U_w \left(1 + \frac{R_{uk}}{R_1} \right) + I_{b01} \left(1 + \frac{R_{uk}}{R_1} \right) R_2 - I_{b02} R_{uk}. \quad (1.6)$$

თუ შესრულებული იქნება პირობა $R_2 \left(1 + \frac{R_{uk}}{R_1} \right) = R_{uk}$, ე.ი. $R_2 = R_1 \parallel R_{uk}$, მაშინ

$$U_{gam.cd} = U_w (1 + |K_{ui}|) + \Delta I_S R_{uk}.$$

მაინვერსირებადი მაძლიერებლის სტატიკური ცდომილების ძაბვა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, რის გამოც ადგილი აქვს მაძლიერებლის გამოსავალი ძაბვის დრეიფს. გამოსავალი ძაბვის დრეიფი, ტემპერატურის $1^{\circ}C$ -ით შეცვლის დროს, შეიძლება განისაზღვროს გამოსახულებიდან

$$\frac{\Delta U_{gam.cd}}{\Delta T} = \frac{\Delta U_w}{\Delta T} (1 + |K_{ui}|) + \frac{\Delta I_S}{\Delta T} R_{uk}. \quad (1.7)$$

მაინვერსირებადი მაძლიერებლის დამატებითი ცდომილება წარმოიქმნება სქემის კვების წყაროს ძაბვის ცვლილების გამო.

მაგალითი 1.

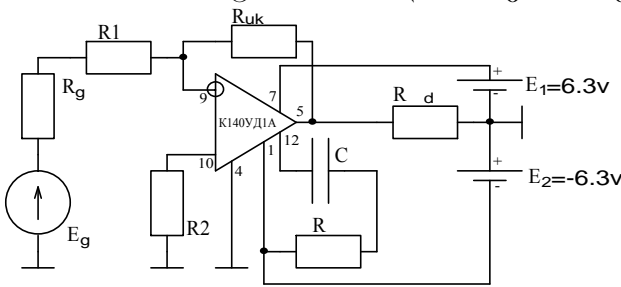
გავიანგარიშოთ მაინვერსირებელი მაძლიერებელი K140UD1A ტიპის ოპერაციული მაძლიერებლის გამოყენებით. გადაცემის კოეფიციენტი $K_{uo}=10$.

დატვირთვის წინაღობა $R_{დ}=5$ კომ. შესავალის წინაღობა არაა ნაკლები 10კომ. – ზე. გამოსავლის წინაღობა არ აღემატება 100 ომ. მაძლიერებელი მუშაობს სიგნალის წყაროზე, რომლის ემძ – $E_{გ}=0,2$ ვ და შიგაწინაღობა – $R_{\hat{A}}=1$ კომ.

განვსაზღვროთ მაძლიერებლის შესავალზე დაყვანილი ფარდობითი სტატიკური ცდომილება და დრეიფი, თუ $\Delta T = 20^{\circ}C$ და კვების წყაროს არასტაბილურობა არის $\pm 10\%$.

ამოხსნა

ცნობარის დახმარებით შევარჩევთ ომ-ის კონფიგურაციას



და პირველ რიგში შევადგენთ მაინვერსირებელი მაძლიერებლის სქემას. აქ R,C მაკორექტირებელი წრედია. უნდა განისაზღვროს ოპერაციული მაძლიერებლის მიკროსქემის დამატებითი სქემური კომპონენტების (კიდული ელემენტების) პარამეტრები. ეს კომპონენტებია: R1, R2 და Rუკ.

(1.1) გამოსახულების თანახმად $K_{uo} = -\frac{R_{უკ}}{R_1 + R_g}$. პირობის თანახმად $R_{გ}=R_1=10$ კომ.

მაშინ $R_{უკ} = |K_{uo}| \cdot (R_1 + R_g) = 10 \cdot 11 = 110$ კომ.

დენის დრეიფის შემცირების მიზნით შევარჩიოთ R2 რეზისტორის წინაღობა შემდეგი გამოსახულების მიხედვით

$$R_2 = (R_1 + R_g) \parallel R_{უკ} = \frac{(R_1 + R_g)R_{უკ}}{R_1 + R_g + R_{უკ}} = \frac{(10+1)110}{10+1+110} = \frac{11 \cdot 110}{121} = 10 \text{კორ.}$$

განვსაზღვროთ ომ-ის გამოსავალი დენი სქემური კომპონენტების შერჩეული პარამეტრების დროს. ვსარგებლობთ გამოსახულებით

$$I_{გამ} = \frac{U_{გამ}}{R_d} + \frac{U_{გამ}}{R_{უკ}}$$

$U_{გამ} = |K_{uo}| \cdot E_{გ} = 10 \cdot 0,2 = 2$ ვ. მაშინ

$$I_{გამ} = \frac{2.8}{5} + \frac{2.8}{110} = 0.58 \text{მა.}$$

ვინაიდან შერჩეული ომ-ის გამოსავალი დენის დასაშვები სიდიდე 3 მა –ია, ომ იმუშავებს ნორმალურ თერმულ რეჟიმში.

განვსაზღვროთ მაძლიერებლის გამოსავალი წინაღობა

$$R_{გამ} = \frac{K_{ui}}{K_{uom}} R_{გამ.ომ} = \frac{10}{900} 700 = 8 \text{ორ.}$$

($K_{uom}=900$, $R_{გამ.ომ}=700$ ომ – ცნობარიდან) .

Rგამ სიდიდე სავსებით მისაღებია, რადგან იგი ნაკლებია მოთხოვნილზე. (მოთხოვნილი იყო 100 ომ – ზე ნაკლები).

შევაფასოთ მაძლიერებლის შესავალზე დაყვანილი გამოსავალი ძაბვის დრეიფი

$$e_{dr}^S = \frac{\Delta U_{gamcd}}{\Delta T K_{ui}} = \frac{\Delta U_w}{\Delta T} + \frac{\Delta I_s}{\Delta T} (R_g + R_l).$$

ცნობარიდან ავიღებთ: $\frac{\Delta U_w}{\Delta T} = 20 \frac{mkv}{\%C}; \quad \frac{\Delta \Delta I_s}{\Delta T} = 30 \frac{na}{\%C} = 30 \cdot 10^{-3} \frac{mkv}{\%C}.$

მაშინ $e_{dr}^S = 20 + 30 \cdot 10^{-3} \cdot 11 \cdot 10^3 = 350 \text{ მკვ/}^{\circ}\text{C}.$

მაძლიერებლის ფარდობითი სტატიკური ცდომილება განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულების მიხედვით

$$\delta_{st} = \frac{\Delta K_{ui}}{K_{ui}} + \frac{\Delta U_{gamcd}}{K_{ui} U_{Smax}}.$$

აქ $\Delta K_{u0} - K_{u0}$ -ს ცვლებათ გარემო ტემპერატურის შეცვლის დროს.

$$\Delta U_{gam.cd} = \Delta U_{gam.cd}^{sin.} + \Delta U_{gam.cd}^{\Delta T} + \Delta U_{gam.cd}^{\Delta E_{kv}}$$

სადაც $\Delta U_{gam.cd}^{sin.}$ - გამოსავალი ძაბვის ცვლილებათ შესავალზე სინფაზური სიგნალის ზემოქმედების დროს. მოცემულ ოპერაციულ მაძლიერებელში $\Delta U_{gam.cd}^{sin.} = 0;$

$\Delta U_{gam.cd}^{\Delta T}$ - გამოსავალი ძაბვის ცვლილებათ გარემო ტემპერატურის ΔT დიაპაზონში შეცვლის დროს. $\Delta U_{გამ.ცდ}^{\Delta T} = e_{dr}^S \cdot \Delta T / K_{ui} = 0,35 \cdot 20 \cdot 10 = 70 \text{ მკვ}$

$\Delta U_{gam.cd}^{\Delta E_{kv}}$ - გამოსავალი ძაბვის ცვლილებათ კვების წყაროს ძაბვის შეცვლისას.

კვების წყაროს ძაბვის ცვლილების ზეგავლენის შესაფასებლად შემოტანილია კვების ძაბვის გავლენის შესუსტების კოეფიციენტი $K_{გვ.შ.}$. ეს კოეფიციენტი არის ფარდობათ კვების ძაბვის ცვლილებისათ $\Delta E_{კვ}$ მის მიერ გამოწვეულ წანაცვლების ძაბვის შესაბამის $\Delta U_{წ}$ ცვლილებათან, გამოსახულს ლოგარითმულ ერთეულებში - დეციბელებში

$$K_{ZgSk} = 20 \lg \frac{\Delta E_{kv}}{\Delta U_w}.$$

მოცემული ტიპის **ომ**-ისათვის $K_{გვ.შ.} = 60 \text{ დბ-ს}$, რაც იმას ნიშნავს, რომ $\frac{\Delta E_{kv}}{\Delta U_w} = 10^3.$

აქედან $\Delta U_w = \frac{\Delta E_{kv}}{10^3}$. პირობის თანახმად კვების წყაროს ძაბვათ იცვლება $\pm 10\%$. მაშინ კვების ძაბვის ცვლილების სრული დიაპაზონი იქნება

$$\Delta E_{კვ} = \frac{2 E_{კვ} \cdot 10}{100} = \frac{2 \cdot 6.3 \cdot 10}{100} = 1.26 \text{ ვ.}$$

$$\Delta U_{წ} = \frac{1.26}{10^3} = 1.26 \cdot 10^{-3} = 1.26 \text{ მკვ.}$$

გამოსავალი ძაბვის ცვლილებათ კვების ძაბვის შეცვლისათ ეტოლება

$$\Delta U_{გამ.ცდ}^{\Delta E_{კვ}} = \Delta U_{წ} K_{u0} = 1.26 \cdot 10 = 12.3 \text{ მკვ.}$$

ამრიგად

$$\Delta U_{გამ.ცდ} = 70 + 12.6 = 82.6 \text{ მკვ}$$

δ_{st} -ის გამოსახულებაში შემავალი პირველი შესაკრები განისაზღვრება მაძლიერებლის კოეფიციენტის ტემპერატურული გრადიენტით, რომელიც ჩვეულებრივ შეადგენს

$$\frac{\Delta K_{u_{\text{ომ}}}}{K_{u_{\text{ომ}} \Delta T} \Delta T} = (0.2 \div 0.4) 10^{-2} \text{ } 1/^{\circ}\text{C} \cdot$$

აქედან შევარჩიოთ

$$\frac{\Delta K_{u_{\text{ომ}}}}{K_{u_{\text{ომ}} \Delta T} \Delta T} = 0.4 \cdot 10^{-2} \text{ } 1/^{\circ}\text{C} \cdot$$

ომ-ის უკუკავშირის წრედით აღჭურვისას, მაინვერსირებელი მაძლიერებლის სქემაში $\Delta T=20^{\circ}\text{C}$ დროს გვექნება

$$\frac{\Delta K_{u_{\text{ომ}}}}{K_{u_{\text{ომ}}}} = \frac{\Delta K_{u_{\text{ომ}}}}{K_{u_{\text{ომ}} \Delta T}} \cdot \frac{\Delta T}{K_{u_{\text{ომ}}} / K_{u_{\text{ო}}}} = \frac{0.4 \cdot 10^{-2} \cdot 20 \cdot 10}{900} \approx 9 \cdot 10^{-4} = 0.09\%$$

მაშასადამე, საერთო სტატიკური ცდომილება ეტოლება

$$\delta_{\text{სტ}} = 9 \cdot 10^{-4} + \frac{82.6 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 0.2} = 0.0423.$$

$\delta_{\text{სტ}}=4.23\%$

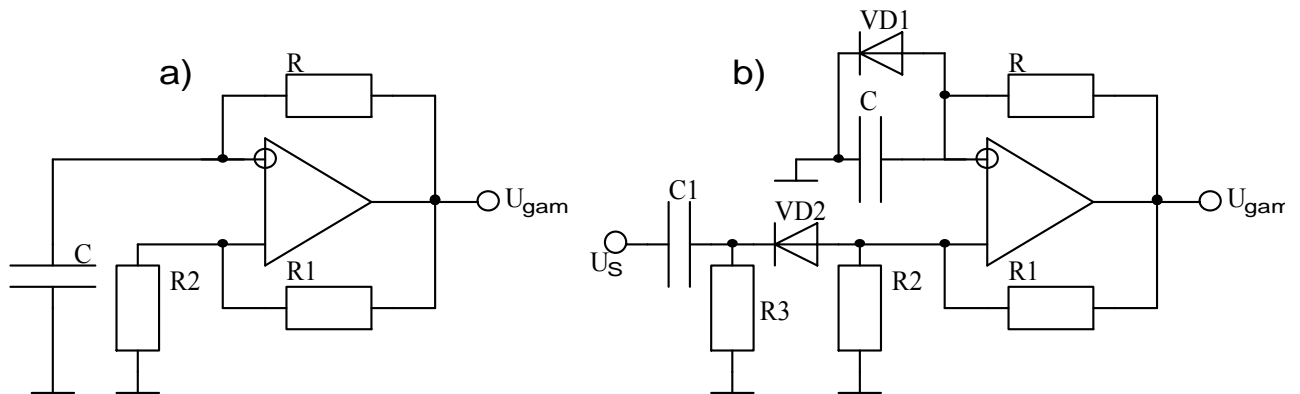
ჩატარებულმა გაანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ მაძლიერებლის გამოსავალზე მიღებულ შესაძლო ცდომილებაში მთავარ დამნაშავეს შესავალი სხვაობის დენის დრეიფი წარმოადგენს.

1.2 მართკუთხა $\Sigma\text{I}\Delta\text{O}\Sigma\text{O}\Sigma\text{A}$ მიმდევრობის მაფორმირებელი რგოლი (მულტივიბრატორი)

მულტივიბრატორი არის ელექტრონული გენერატორი, რომელიც მუდმივი ძაბვის მკვებავი წყაროს ენერჯის ხარჯზე გამოიმუშავებს მართკუთხა ფორმასთან მიახლოებულ რხევებს. არსებობს თვითაღზნებადი და მომლოდინე რეჟიმში მომუშავე მულტივიბრატორები.

პირველი სახის მულტივიბრატორი მუდმივი ძაბვის წყაროსთან მიერთებისთანავე გამოიმუშავებს რხევებს მართკუთხა ფორმის იმპულსთა მიმდევრობის სახით. მეორე სახის მულტივიბრატორში გამოსავალზე მართკუთხა იმპულსური ხასიათის სიგნალი გამომუშავდება სხვა წყაროდან მოსული იმპულსური სიგნალის ზემოქმედების შედეგად. ამ სახის მულტივიბრატორი ელოდება გარეშე სიგნალს და ყოველი ასეთი სიგნალის მოსვლის შედეგად მის გამოსავალზე წარმოიქმნება ერთი, მართკუთხა ფორმის, იმპულსური სიგნალი. ამიტომ ამ სახის მულტივიბრატორს ერთვიბრატორსაც უწოდებენ.

მულტივიბრატორები ადვილად რეალიზებადია ოპერაციული მაძლიერებლის ბაზაზე. ამისათვის საკმარისია ომ-ის მიკროსქემაზე რამდენიმე გარეშე კომპონენტის დამატება. 1.2 სურათზე ნაჩვენებია თვითაღზნებადი და მომლოდინე რეჟიმში მომუშავე მულტივიბრატორების სქემური აგების პრინციპი ოპერაციული მაძლიერებლის გამოყენებით.



სურ1.2

მაინვერსირებელი მაძლიერებლისგან განსხვავებით, სადაც **ომ**-ს მუშაობა უხდება წრფივი გაძლიერების რეჟიმში, მულტივიბრატორებში **ომ** მუშაობს გადართვების, კერძოდ, კომპარატორის რეჟიმში. **ომ**-ის მაინვერსირებელ და არამაინვერსირებელ შესასვლელზე პოტენციალთა გატოლების მომენტში იგი გადაირთვება დადებითი ან უარყოფითი გაჯერების მდგომარეობაში და გამოსასვლელზე აღმოჩნდება ან $+U_{\text{გამmax}}$, $\text{ÀÁÀ} -U_{\text{გამmax}}$.

თვითაღზნებად მულტივიბრატორში (სურ1.2,ა) **ომ**-ის არამაინვერსირებელ შესასვლელზე R_1 , R_2 ძაბვის დამყოფით მიეწოდება უკუკავშირის ძაბვა

$$U_{\text{uk}} = \pm \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{გამmax}},$$

ე.ი. განხორციელებულია დადებითი უკუკავშირი. მაინვერსირებელ შესასვლელზე კი მოქმედებს C კონდენსატორის დამუხტვა – განმუხტვის პროცესში არსებული ძაბვა. C კონდენსატორის ძაბვის $U_{\text{უკ}}$ -ის ძაბვასთან ყოველი გატოლების დროს მულტივიბრატორი გადაირთვება ერთი კვაზიწონასწორული მდგომარეობიდან მეორე კვაზიწონასწორული მდგომარეობაში და გამოსავალზე ჩამოყალიბდება მართკუთხა ფორმის რხევითი ძაბვა. ამ ძაბვის სიხშირე პირველ რიგში განისაზღვრება $\tau = RC$ დროის მუდმივით. სიმეტრიული მულტივიბრატორის გამოსავალი ძაბვის სიხშირე

$$f = \frac{1}{2RC \ln(1 + 2R_2/R_1)}. \quad (1.8)$$

თვითაღზნებად მულტივიბრატორისაგან განსხვავებით, მომლოდინე მულტივიბრატორის (სურ1.2,ბ) გამოსავალზე მართკუთხა ფორმის იმპულსი ჩამოყალიბდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ შესავალზე მოქმედებს ე.წ. გამშვები იმპულსი. ამ იმპულსის მოქმედებამდე სქემა იმყოფება მდგრადი წონასწორობის მდგომარეობაში და გამოსავალზე არსებობს $+U_{\text{გამmax}}$ ან $-U_{\text{გამmax}}$ ძაბვა. გამშვები იმპულსის ზემოქმედების შედეგად სქემა გადაირთვება საწინააღმდეგო მდგომარეობაში (თუ სქემის გამოსავალზე იყო $+U$ გამ max , მაშინ აღმოჩნდება $-U_{\text{გამmax}}$ და პირიქით). ასეთ მდგომარეობაში სქემა დარჩება გარკვეული დროის მანძილზე, რის შემდეგაც უბრუნდება საწყის მდგრად მდგომარეობას. ამიტომ მას კვაზიმდგრადი მდგომარეობა ეწოდება. კვაზიმდგრადი მდგომარეობის დროს სქემის გამოსავალზე ჩამოყალიბდება მართკუთხა ფორმის იმპულსი, რომლის ხანგრძლიობა $\tau = RC$ დროის მუდმივას პროპორციულია. გამოსავალი იმპულსის ხანგრძლივობა

$$t_{\text{oi}} \approx RC \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right). \quad (1.9)$$

კვაზიმდგრადი მდგომარეობის შემდეგ სქემა ბრუნდება საწყის მდგრად მდგომარეობაში (აღიდგენს საწყის მდგომარეობას). საწყისი მდგომარეობის აღდგენის დრო

$$t_{\text{ar}} \approx RC \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right). \quad (1.10)$$

სქემის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის აუცილებელია t აღდ. ნაკლები იყოს $\frac{1}{f_{\text{max}}}$ – t_{oi} სიდიდეზე, სადაც f_{max} გამშვები იმპულსების მაქსიმალური სიხშირეა.

მაგალითი 2

გავიანგარიშოთ თვითაღზნებადი მულტივიბრატორი ოპერაციულ მაძლიერებელზე, რომელიც გამოიმუშავებს ნიშანცვლად მართკუთხა იმპულსურ ძაბვას: ამპლიტუდით $U_{გამ\geq 3}$ და სიხშირით $f = 10$ კჰც. დატვირთვის წინაღობა $R_d = 10$ კომ.

ამოხსნა

პირველ რიგში უნდა შევარჩიოთ ოპერაციული მაძლიერებლის ტიპი. ოპერაციული მაძლიერებლის ტიპის შერჩევას უნდა ვიხელმძღვანელოთ შემდეგი ორი პირობით:

$$1) U_{გამ\max} > U_{გამ}; \quad 2) 2U_{გამ\max} / 0.1 \frac{T}{2} < V_{u\max}$$

მაგალითის პირობის თანახმად: $U_{გამ} = 8$ ვ; $T = 1/f = 1/10^4 = 0.0001$ მს = 100 მკმს.
 მაშინ, თუ შევირჩევთ K140YD7 ტიპის ოპერაციულ მაძლიერებელს, რომლის გამოსავალი ძაბვის მაქსიმალური მნიშვნელობა $U_{გამ\max} = 11$ ვ, ხოლო $V_{u\max} = 10$ ვ/მკმს, ორივე პირობა შესრულდება, რადგან $2U_{გამ\max} / 0.1 \cdot (T/2) = (2 \cdot 11) / (0.1 \cdot 50) = 4.4$ ვ/მკმს $< V_{u\max} = 10$ ვ/მკმს.

ოპერაციული მაძლიერებლის ტიპის შერჩევის შემდეგ საჭიროა მულტივიბრატორის სქემის შედგენა და ომ-ის მიკროსქემაზე დამატებული სქემური კომპონენტების პარამეტრების განსაზღვრა.

R, R_1, R_2 დაკიდული რეზისტორების წინააღობებს ვირჩევთ შემდეგი პირობის გათვალისწინებით:

$$R_{S\text{ომ}} \gg R; \quad \frac{R_2}{R_2 + R_1} \ll 1 \text{ და } R_2 \gg R_{გამ.ომ}. \text{ რადგან}$$

$R_{S\text{ომ}} = 400$ კომ, ავიღოთ $R = 10$ კომ. რადგან $R_{გამ.ომ} = 700$ ომ, ავიღოთ $R_2 = 10$ კომ, ხოლო

$$\frac{R_2}{R_2 + R_1} \ll 1 \text{ პირობიდან გამომდინარე ავიღოთ}$$

$R_1 = 10$. $R_2 = 100$ კომ. ვიპოვოთ ოპერაციული მაძლიერებლის გამოსავალის დენი $I_{გამ.ომ} = I_{c\max} + I_{წან} + I_d$.

კონდენსატორის გადამუხტვის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა

$$I_{c\max} = \frac{\left(1 + \frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) U_{გამ\max}}{R} = \frac{\left(1 + \frac{10}{110}\right) 11}{10} = 1.2 \text{ მა}$$

R_1, R_2 რეზისტორებში გამავალი წანაცვლების დენი

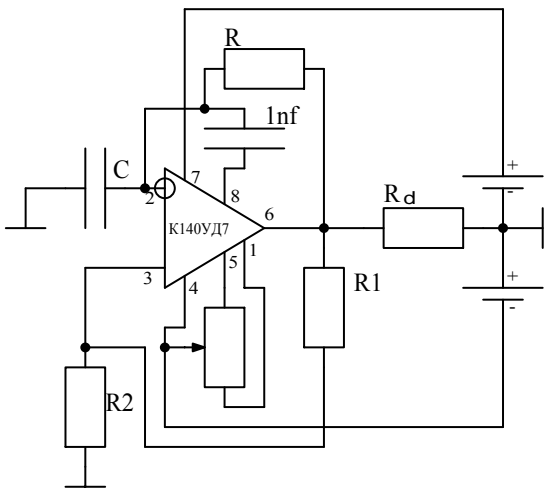
$$I_{wan} = \frac{U_{გამ\max}}{R_1 + R_2} = \frac{11}{100 + 10} = 0.1 \text{ მა}$$

დატვირთვაში გამავალი დენი

$$I_d = \frac{U_{გამ\max}}{R_d} = \frac{11}{10} = 1.1 \text{ მა}$$

მაშასადამე, $I_{გამ.ომ} = 1.2 + 0.1 + 1.1 = 2.4$ მა.

რადგან შერჩეული ომ-ის გამოსავალის დენის დასაშვები სიდიდე 20 მა-ის ტოლია, დაკიდული ელემენტების პარამეტრები სწორადაა შერჩეული. იმ შემთხვევაში, თუ $I_{გამ.ომ}$ -ის ნაანგარიშები სიდიდე ომ-ის დასაშვებ დენზე მეტი



აღმოჩნდება, მაშინ უნდა გაიზარდოს R, R_1, R_2 რეზისტორების წინაღობები ან შეირჩეს სხვა ომ-ი.

ახლა ვიპოვოთ გამოსავალი ძაბვის სიხშირის განმსაზღვრელი C კონდენსატორის ტევადობა

$$C = \frac{1}{2fR \ln(1 + 2R_2 / R_1)} = \frac{1}{2 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3 \ln(1 + \frac{2 \cdot 10}{100})} = 27 \text{ pF}.$$

მაგალითი 3

გავიანგარიშოთ მოძღოდინე მულტივიბრატორი ოპერაციული მაძლიერებლის გამოყენებით, რომელიც გამოსავალზე იძლევა 20 ვ ამპლიტუდის და $t_{\text{გამ}} = 10$ მკწ ხანგძლივობის უარყოფითი ნიშნის იმპულსურ ძაბვას, თუ შესავალზე მოქმედებს $f_{\text{max}} = 67$ კჰც სიხშირის ხანმოკლე გამშვები იმპულსური სიგნალი. დროის დამკვეთი C კონდენსატორის მაშუნტებელ დიოდზე ღია მდგომარეობის დროს ძაბვა 0.6 ვ-ს ტოლია.

ამოხსნა

პირველ რიგში უნდა შეირჩეს ოპერაციული მაძლიერებლის ტიპი. შერჩეულმა ოპერაციულმა მაძლიერებელმა უნდა დააკმაყოფილოს შემდეგი ორი პირობა :

- 1) $U_{\text{გამ.max.ომ}} \geq U_{\text{გამ}} / 2$;
- 2) $2U_{\text{გამ.max.ომ}} / 0.1t_{\text{გამ}} < V_{U_{\text{გამ.ომ}}}$.

შევირჩიოთ K544YD2 ტიპის ოპერაციული მაძლიერებელი, რომლის $U_{\text{გამ.max}} = \pm 10$ ვ, ე.ი. სრულდება პირველი პირობა $10 = 20 / 2$. ასევე სრულდება მეორე პირობაც - $\frac{2 \cdot 10}{0.1 \cdot 10} \leq V_{U_{\text{გამ.ომ}}} = 20$, რადგან შერჩეული ომ - ის გამოსავალი ძაბვის ცვლილების სიჩქარე $V_{U_{\text{გამ.ომ}}} = 20$ ვ/მკწმ.

შევირჩიოთ R, R_1, R_2 დაკიდული რეზისტორის წინაღობები, რომლებიც უნდა აკმაყოფილებდნენ პირობებს: $R_{\text{შ.ომ}} \gg R, R_2 \gg R_{\text{გამ.ომ}}, \frac{R_2}{R_2 + R_1} \ll 1$.

ცნობარიდან დავადგენთ, რომ $R_{\text{შ.ომ}} = 10$ მგომ $R_{\text{გამ.ომ}} = 90$ ომ. მაშინ, შეგვიძლია ავიღოთ $R = R_2 = 10$ კომ. $R_1 = 100$ კომ.

ვიპოვოთ რეზისტორების შერჩეული პარამეტრების მიხედვით ომ-ის გამოსავალი დენი. იგი ნაკლები უნდა იყოს ომ-ის გამო-სავალი დენის მაქსიმალურად დასაშვებ მნი-შვნელობაზე, რომელიც ცნობარის მიხედვით 5 მა-ის ტოლია.

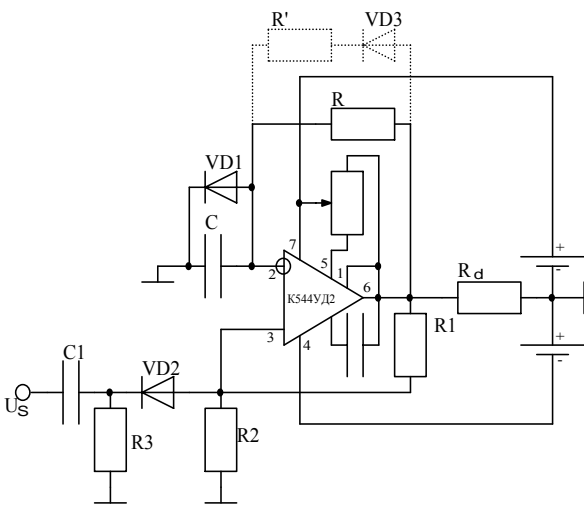
თუ ვიგულისხმებთ, რომ დატვირთვის წრედი გაწყვეტილია ($R_{\text{დ}} = \infty$), მაშინ $I_{\text{გამ}} = I_{\text{c.Max}} + I_{\text{წან}}$.

გადამუხტვის პროცესში კონდენსატორის დენი იცვლება. მას მაქსიმალური მნიშვნელობა აქვს მულტივიბრატორის გადართვის მომენტში, როდესაც

მაინვერსირებელ შესასვლელზე ძაბვა გაუტოლდება $\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{\text{გამ.max}}$ სიდიდეს.

ამიტომ, კონდენსატორის დენის მაქსიმალური მნიშვნელობა

$$I_{\text{c.max}} = \frac{\left(1 + \frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) U_{\text{გამ.max}}}{R} = \left(1 + \frac{10}{10 + 100}\right) \cdot 10 / 10 = 1.09 \text{ მა}.$$



წანაცვლების დენი ეტოლება

$$I_{wan} = \frac{|U_{gammax}|}{R_1 + R_2} = \frac{10}{110} = 0.09 \text{ mA}$$

მაშინ $I_{გამ} = 1.09 + 0.09 = 1.18 \text{ mA}$.

როგორც ვხედავთ, შესრულდა პირობა $I_{გამ} < I_{გამ.max}$ ომ.

გამოსავალი იმპულსის ხანგძლივობის დამკვეთი კონდენსატორის ტევადობა

$$C = \frac{t_{\text{off}}}{R \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)} = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 10^3 \ln\left(1 + \frac{10}{100}\right)} = 116 \text{ ფ.}$$

ვპოულობთ საწყისი მდგომარეობის აღდგენის დროს, რომელიც აუცილებელია $t_{\text{off}} = 10 \mu\text{s}$ ხანგძლივობის გამოსავალი იმპულსების მისაღებად

$$t_{\text{აღ}} = \frac{1}{f_{\text{max}}} - t_0 = \frac{1}{67 \cdot 10^3} - 10 \cdot 10^{-6} = 15 \cdot 10^{-6} - 10 \cdot 10^{-6} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ წმ} = 5 \mu\text{s}$$

უარყოფითი უკუკავშირის წრედში ჩართული R წინაღობის სიდიდე, რომელიც უზრუნველყოფს $t_{\text{აღ}} = 5 \mu\text{s}$ სიდიდეს. (1.10) გამოსახულების თანახმად

$$R = \frac{t_{\text{აღ}}}{C \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)} = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{11 \cdot 10^{-9} \ln\left(1 + \frac{10}{110}\right)} = 5 \cdot 10^3 \text{ ომი} = 5 \text{ კომ.}$$

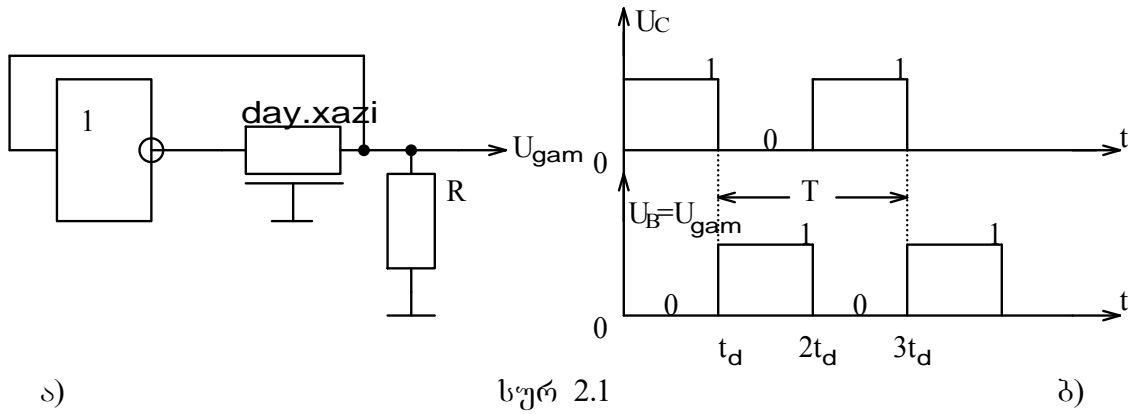
ე.ი. აღდგენის სტადიაზე $R = 10 \text{ კომ}$ -ის ნაცვლად აღნიშნული უკუკავშირის წრედში უნდა დარჩეს 5 კომ ის ტოლი წინაღობა. ამისათვის $VD3$ დიოდის დახმარებით, რომელიც ღია იქნება მხოლოდ აღდგენის სტადიაზე, R -ის პარალელურად უნდა მიერთდეს $R = 10 \text{ კომ}$ წინაღობა (ნახვენებია წყვეტილი წირით).

2. ციფრული ინტეგრალური მიკროსქემები და მათი გამოყენების მაგალითები

2.1 მულტივიბრატორები ციფრულ ინტეგრალურ მიკროსქემაზე

ანალოგური ინტეგრალური მიკროსქემის გარდა მულტივიბრატორებს აგებენ ციფრულ ინტეგრალურ მიკროსქემებზეც. ინფორმაციის გარდაქმნისა და დამუშავების ციფრულ აპარატურაში მულტივიბრატორის სქემაში გამოიყენება ციფრული ინტეგრალური მიკროსქემა: ერთის მხრივ ელემენტური ბაზის უნიფიკაციის მიზნით, მეორეს მხრივ კი იმის გამო, რომ აღარ არის საჭირო ასეთი გენერატორის სიგნალის დონის შეთანხმება აპარატურის სხვა მოწყობილობების პოტენციალურ დონეებთან.

უმარტივეს შემთხვევაში მართკუთხა ფორმის ავტორხევეების მიღება შეიძლება, თუ არა – ლოგიკური ელემენტის (ე.ი. ინვერტორის) გამოსასვლელს მისივე შესასვლელთან შევავრთებთ დაყოვნების დამატებითი წრედის გავლით (სურ 2.1,ა)

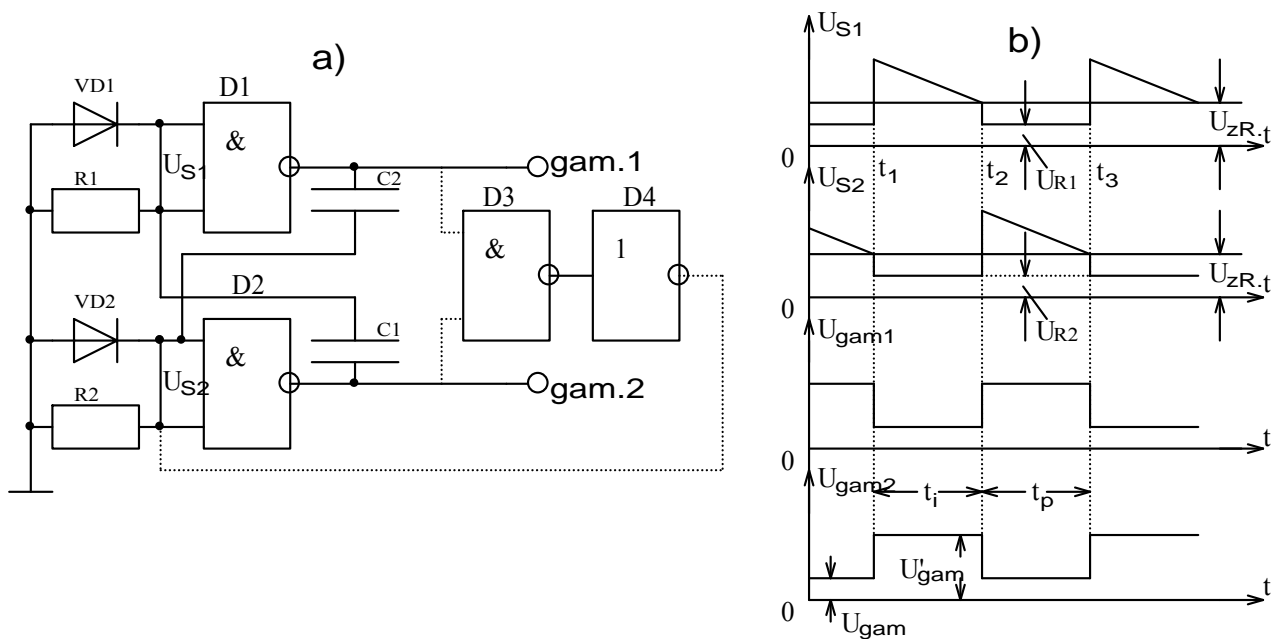


სურ 2.1

საწყის მომენტში ინვერტორის გამოსავალზე არის ლოგიკური “1” ($U_c=1$). C წერტილის მაღალი პოტენციალი t_d - დაყოვნების დროის შემდეგ მიეწოდება სქემის გამოსავალს, ამიტომ t_d დროის შემდეგ სქემის გამოსავალზე წარმოიქმნება ლოგიკური “1”, რომელიც ინვერტორის გამოსავალს ჩაყენებს ლოგიკურ ნულში ($U_c=0$). t_d დაყოვნების დროის შემდეგ ნული გადის სქემის გამოსავალზე და ამის გამო, ინვერტორის გამოსავალზე კვლავ აღმოჩნდება ლოგიკური “1” და ა.შ. სქემის გამოსავალზე ჩამოყალიბდება მართკუთხა იმპულსთა მიმდევრობა, რომლის განმეორებადობის პერიოდი $T=2t_d$.

ავტორხევით რეჟიმში მომუშავე მულტივიბრატორის რეალურ სქემაში გამოყენებულია ორი, ჯვარედინ უკუკავშირებში ჩართული, ინვერტორი. დაყოვნების ხაზის ფუნქციას კი ასრულებს უკუკავშირის წრედში ჩართული კონდენსატორი (სურ 2.2,ა).

სქემაში გამოყენებულია $D1$ და $D2$ და-არა ლოგიკური ელემენტები. მათი ინვერტორული ჩართვა მიღწეულია შესასვლელების გაერთიანებით. $R1, R2$ და $C1, C2$ სქემური კომპონენტები წარმოადგენენ ლოგიკური ელემენტების გადართვების დროის დამკვეთ, და მაშასადამე, გამოსავალზე მიღებული მართკუთხა იმპულსების სიხშირის განმსაზღვრელ ელემენტებს. $D3$ და $D4$ ლოგიკური ელემენტები ასრულებენ დამხმარე ფუნქციას. მათი დანიშნულებაა სქემის რბილი თვითაღზნების რეჟიმის შექმნა. სქემას შეუძლია ფუნქციონირება ამ ელემენტების გარეშეც.



სურ 2.2

იმის გამო, რომ D1 და D2 ლოგიკური ელემენტები დადებით უკუკავშირიან ჩაკეტილ მარყუქს წარმოქმნიან, სქემას არ შეიძლება გააჩნდეს მდგრადი მდგომარეობა. ჩაკეტილ მარყუქში ერთ-ერთ მთავარ ფუნქციას ასრულებს კონდენსატორი. კერძოდ, კონდენსატორის დამუხტვა-განმუხტვის პროცესის ხანგძლივობა განაპირობებს ცალკეული ლოგიკური ელემენტის “1” და “0”-ში ყოფნის ხანგძლივობას. ძაბვა კონდენსატორზე, რომელიც ჩართულია ლოგიკურ “0”-ში მყოფი ელემენტის გამოსავალსა და ლოგიკურ “1”-ში მყოფი ელემენტის შესავალს შორის, $U_c = U_{გაგ}^0 - U_{შეს}^1$ ეს ძაბვა ახლოსაა ნულთან. ამ ელემენტის გადართვის შემდეგ იგივე კონდენსატორი იწყებს დამუხტვას მეორე ლოგიკური ელემენტის შესავლის მიმდევრობით ჩართული რეზისტორის გავლით, რის გამოც ეს ლოგიკური ელემენტი გადაირთვება “0”-ში. ასე მაგალითად, თუ t1 მომენტამდე (სურ 2.2,ბ) D2 ლოგიკური ელემენტი იმყოფება “0” მდგომარეობაში, მაშინ D1 ელემენტი იქნება “1” მდგომარეობაში, რადგან მის შესასვლელზე ძაბვა “0”-თანაა ახლოს. t1 მომენტში კი მოხდება D2-ს “1” – მდგომარეობაში გადართვა იმის გამო, რომ C2 კონდენსატორის განმუხტვის შედეგად D2 ელემენტის შესავალის ძაბვა $U_{შეს}$ გაუტოლდება ამ ელემენტის ამოქმედების ზღურბლურ მნიშვნელობას. ამის გამო, იწყება C1 კონდენსატორის დამუხტვა R1 რეზისტორის გავლით. დამუხტვის საწყის პერიოდში დენი მაქსიმალური მნიშვნელობისაა, ამიტომ D1-ის შესავალზე იმოქმედებს მაღალი დონის ძაბვა და გამოსავალზე იარსებებს ლოგიკური “0”. t1 მომენტიდან დაწყებული $U_{შეს}$ იწყებს კლებას $\tau_1 = R_1 C_1$ დროის მუდმივის მიხედვით. t2 მომენტში $U_{შეს}$ გაუტოლდება D1 ინვერტორის ამოქმედების ძაბვის ზღურბლურ მნიშვნელობას და გადაირთვება “1” – მდგომარეობაში. ამჯერად C2 კონდენსატორი იწყებს დამუხტვას. C2 –ის დამუხტვის პროცესში $U_{შეს}$ ძაბვა იწყებს კლებას $\tau_2 = R_2 C_2$ დროის მუდმივის მიხედვით. t3 მომენტში მულტივიბრატორი კვლავ გადაირთვება ახალ მდგომარეობაში, რომლის დროსაც კვლავ იწყებს დამუხტვას C1 კონდენსატორი, ე.ი. ციკლი იწყებს განმეორებას.

გამოსავალზე მიღებული იმპულსის ხანგძლივობა

$$t_{0a} \approx R_1 C_1 \ln \frac{U_{გაგ}^1 - U_{გაგ}^0 + U_{R1}}{U_{ზღ}}. \quad (2.1)$$

იმპულსთა შორის პაუზის ხანგძლივობა

$$t_3 \approx R_2 C_2 \ln \frac{U_{გაგ}^1 - U_{გაგ}^0 + U_{R2}}{U_{ზღ}}, \quad (2.2)$$

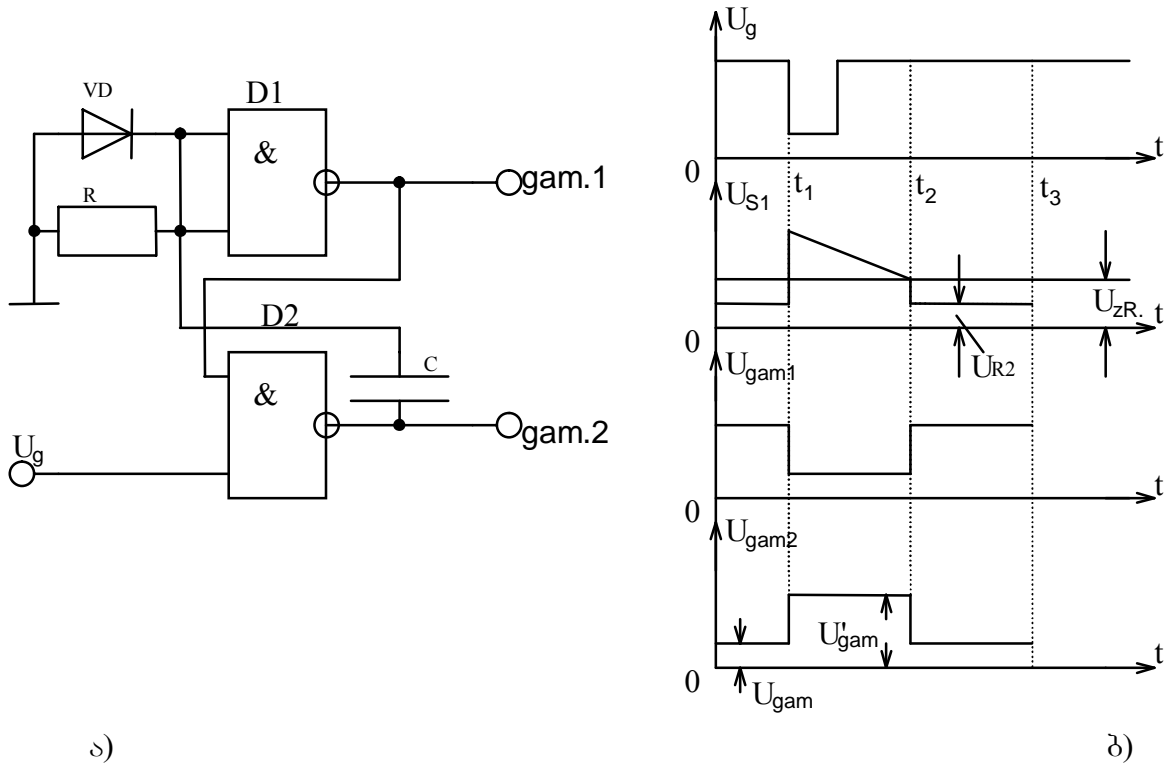
სადაც $U_{R1}, U_{R2} = R_1$ და R_2 რეზისტორებზე ძაბვის ვარდნებია: $U_{R1} = I_{0ა} \cdot R_1$; $U_{R2} = I_{0ა} \cdot R_2$;

$I_{0ა}$ – მიკროსქემის შესავალი დენია შესავალი ძაბვის დაბალი დონის დროს.

გამოსავალი იმპულსური ძაბვის განმეორებადობის პერიოდი

$$T = t_{0a} + t_3 = \frac{1}{f} = (C_1 R_1 + C_2 R_2) \left[\ln \frac{U_{გაგ}^1 - U_{გაგ}^0 + U_{R1}}{U_{ზღ}} + \ln \frac{U_{გაგ}^1 - U_{გაგ}^0 + U_{R2}}{U_{ზღ}} \right]. \quad (2.3)$$

2.3,ა სურათზე ნაჩვენებია ლოგიკურ ელემენტებზე აგებული მომლოდინე რეჟიმში მომუშავე მულტივიბრატორის სქემა.



სურ 2.3

სქემაში გამოყენებულია ორი და – არა ლოგიკური ელემენტი , რომელთაგან D1 –ის შესასვლელები გაერთიანებულია და მუშაობს ინვერტორად. მეორე ლოგიკური ელემენტის ერთი შესასვლელი მიერთებულია D1 –ის გამოსავალთან , ხოლო მეორე შესავალზე მოქმედებს გამშვები იმპულსური სიგნალი U_g . საწყისი t_0 მდგომარეობის დროს D1 ლოგიკური ელემენტის შესავალზე მოქმედებს $U_{\text{გამ1}}=U_R=I^0_{\text{გ}} R$ ძაბვა, რომელიც ამოქმედების ზღურბლურ მნიშვნელობაზე ნაკლებია (ნულთან ახლოსაა). ამიტომ, D1-ის გამოსავალი ძაბვა – $U_{\text{გამ1}}=U_{\text{გამ}}$ (ე.ი. გამოსავალზე არის მაღალი დონე). მაშასადამე, t_0-t_1 შუალედში D2 ლოგიკური ელემენტის ორივე შესასვლელზე მოქმედებს პოტენციალის მაღალი დონე (ლოგიკური “1”). და–არა ლოგიკური ელემენტის მუშაობის ჭეშმარიტების ცხრილის თანახმად $U_{\text{გამ2}}=U^0_{\text{გამ}}$ (ამ გამოსავალზე არის ლოგიკური “0”)

t_1 მომენტში D2 ლოგიკური ელემენტის ერთ შესასვლელზე მიეწოდება გამშვები იმპულსი (ლოგიკური “0”), რის გამოც იგი გადაირთვება ლოგიკურ “1”-ში. ძაბვის ნახტომი – $\Delta U_{\text{ლოგ.}}=U^1_{\text{გამ}}-U^0_{\text{გამ}}$ C კონდენსატორით მიეწოდება D1 ინვერტორის შესავალს და გადართავს მას ლოგიკურ “0”-ში.

t_1 მომენტიდან დაწყებული C კონდენსატორი იმუხტება. მისი დამუხტვის დროის მუდმივა $\tau=RC$. ასეთივე კანონით იწყებს $U_{\text{გამ1}}$ ძაბვა კლებას. t_2 მომენტამდე სქემა იმყოფება ე.წ. კვაზიმდგრად მდგომარეობაში. t_2 მომენტში ადგილი აქვს სქემის გადართვას საწყის მდგრად მდგომარეობაში, რადგან ამ დროს $U_{\text{გამ1}}$ შემცირდება $U_{\text{ზღ}}$ ძაბვამდე, რის გამოც D1 გადართვება ლოგიკურ “1”-ში. ეს კი, თავის მხრივ, გამოიწვევს D2-ის დაბრუნებას ლოგიკურ “0”-ში. მდგრად მდგომარეობაში დაბრუნების შემდეგ სქემა ელოდება ახალი გამშვები იმპულსის მოსვლას, ამიტომ ასეთი სახის გენერატორს მომლოდინე რეჟიმში მომუშავე მულტივიბრატორი ეწოდება. ასეთი მულტივიბრატორი ყოველი გამშვები იმპულსის საპასუხოდ გამოიმუშავეს ერთ იმპულსს. ამის გამო მას ხშირად ერთვიბრატორსაც უწოდებენ. ერთვიბრატორის მიერ გამოიმუშავებული იმპულსის ხანგრძლივობა განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულების მიხედვით

$$t_{\text{ომ}} \approx RC \ln \frac{U_{\text{გამ}}^1 - U_{\text{გამ}}^0 + U_R}{U_{\text{ზღ}}} \quad (2.4)$$

მაგალითი 4

დავაპროექტოთ ავტორხევიოთი მულტივიბრატორი 155-ე სერიის ინტეგრალურ მიკროსქემაზე, რომლის ზღურბლური ძაბვა 1.4 ვოლტის ტოლია, ლოგიკური „1“-ის რეჟიმში გამოსავალი ძაბვა $U_{\text{გამ}}^1=2.4$ ვ, ხოლო ლოგიკური „0“-ის რეჟიმში – $U_{\text{გამ}}^0=0.4$ ვ. მუშა სიხშირე $f=5$ კჰც. გამოსავალი იმპულსების სიმეჩხერე $Q=2$.

ამოხსნა

განვსაზღვროთ გამოსავალი ძაბვის იმპულსის ხანგრძლივობა. ამისათვის გამოვიყენოთ გამოსავალი ძაბვის იმპულსების სიმეჩხერის ფორმულა $Q=T/t_{\text{ომ}}$. აქედან $t_{\text{ომ}}=T/Q$, სადაც T იმპულსთა განმეორებადობის პერიოდია.

$$T=1/f=1/5 \cdot 10^3=0.2 \cdot 10^{-3} \text{წმ}=0,2 \text{მწმ.}$$

მაშასადამე, $t_{\text{ომ}}=0.2/2=0,1 \text{მწმ.}$

იმის გამო, რომ $Q=2$, იმპულსებს შორის პაუზის ხანგრძლივობა იმპულსის ხანგრძლივობის ტოლია ($t_{\text{გ}} = t_{\text{ომ}} = 0,1 \text{მწმ.}$). ამიტომ მულტივიბრატორის სქემაში (სურ 2.2,ა), $R_1=R_2=R$.

R რეზისტორის წინაღობის სიდიდის შერჩევა უნდა მოვახდინოთ შემდეგი ორი პირობის გათვალისწინებით: $R \gg R_{\text{გამ}}^I$ და $R < R_{\text{max}}$.

$R_{\text{გამ}}^I$ – მიკროსქემის გამოსავალის წინაღობაა გამოსავალი ძაბვის მაღალი დონის დროს. $R_{\text{გამ}}^I=0,2$ კომ (აიღება ცნობარიდან).

R_{max} – რეზისტორის მაქსიმალური წინაღობაა, რომლის დროსაც მულტივიბრატორი კარგავს ფუნქციონირების უნარს. ამ წინაღობას ვანგარიშობთ შემდეგი გამოსახულების გამოყენებით:

$$R_{\text{max}} = \frac{U_{zR} R_S}{E_{kv} - U_{be} - U_{zR}},$$

სადაც $U_{\text{ზღ}}$ – ზღურბული ძაბვაა. $U_{\text{ზღ}} = 1,4$ ვ;

$R_{\text{გ}} -$ მიკროსქემის შესავალის წინაღობაა, $R_{\text{გ}} = 4$ კომ (ცნობარიდან);

$E_{\text{კვ}}=5$ ვ – მიკროსქემის კვების წყაროს ძაბვაა;

$U_{\text{ბე}}=0,7$ ვ – მიკროსქემის შესავალ ტრანზისტორზე ძაბვის ვარდნაა (ცნობარიდან);

$$R_{\text{max}} = \frac{1.4 \cdot 4}{5 - 0.7 - 1.4} = \frac{1.4 \cdot 4}{2.9} \approx 2 \text{კომ}$$

ზემოთ დასახელებული პირობების გათვალისწინების შედეგად შევირჩიოთ $R=1,5$ კომ.

ვიპოვოთ $C_1=C_2=C$ კონდენსატორის საჭირო ტევადობა

$$C = \frac{t_{\text{ომ}}}{R \ln \frac{U_{\text{გამ}}^1 - U_{\text{გამ}}^0 + U_R}{U_{\text{ზღ}}}},$$

სადაც $U_R - R$ წინაღობაზე ძაბვის ვარდნაა; $U_R=I_{\text{ზ}} R$.

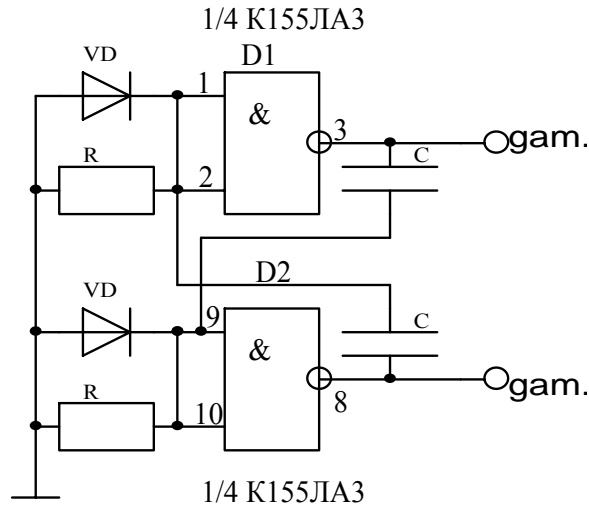
$$I_{\text{ზ}} = \frac{E_{\text{კვ}} - U_{\text{ბე}}}{R_{\text{გ}} + R} = \frac{5 - 0.7}{4 + 1.5} = \frac{4.3}{5.5} \approx 0.8 \text{მა.}$$

$$U_R = 0.8 \cdot 1.5 = 1.2 \text{ვ,}$$

მაშინ

$$C = \frac{0.1 \cdot 10^{-3}}{1.5 \cdot 10^3 \ln \frac{2.4 - 0.4 + 1.2}{1.4}} \approx 0.18 \mu\text{კვ.}$$

დაკიდული ელემენტების პარამეტრთა განსაზღვრის შემდეგ შევადგენთ მულტივიბრატორის სქემას. გამოვიყენოთ K155JIA3 ტიპის მიკროსქემა, რომელიც შეიცავს 4 ორშესასვლელიან და-არბ ლოგიკურ ელემენტს.



მაგალითი 5

განვსაზღვროთ კონდესატორის ტევადობა მომლოდინე მულტივიბრატორის სქემაში, რომელშიც გამოყენებულია 155-ე სერიის ციფრული მიკროსქემა. სქემაში უნდა გამოიმუშაოს 70 მკწმ ხანგრძლივობის გამოსავალი იმპულსები. მიკროსქემის ზღურბლური ძაბვა 1.3ვ-ის ტოლია. $U^1_{\text{გამ}}=2.3\text{ვ}$; $U^0_{\text{გამ}}=0.45\text{ვ}$; $R^1_{\text{გამ}}=0.2\text{კომ}$; $R_{\text{წ}}=4\text{კომ}$; $U_{\text{ბე}}=0.7\text{ვ}$.

ამოხსნა

კონდესატორის ტევადობას ვსაზღვრავთ გამოსახულებიდან

$$t_{\text{ოგ}} = RC \ln \frac{U^1_{\text{გამ}} - U^0_{\text{გამ}} + U_R}{U_{\text{ზღ}}}$$

აქედან

$$C = \frac{t_i}{R \ln \frac{U^1_{\text{გამ}} - U^0_{\text{გამ}} + U_R}{U_{\text{ZR}}}}$$

წინა მაგალითის ანალოგიურად, R წინაღობას შევირჩევთ ორი პირობის გათვალისწინებით: $R \gg R^1_{\text{გამ}}$ და $R < R_{\text{max}}$.

წინა მაგალითის ანალოგიურად

$$R_{\text{max}} = \frac{U_{\text{ზღ}} \cdot R_{\text{წ}}}{E_{\text{კვ}} - U_{\text{ბე}} - U_{\text{ზღ}}} = \frac{1.3 \cdot 4}{5 - 0.7 - 1.3} = \frac{5.2}{3} = 1.7 \text{კომ}$$

შევირჩიოთ $R=1.5\text{კომ}$.

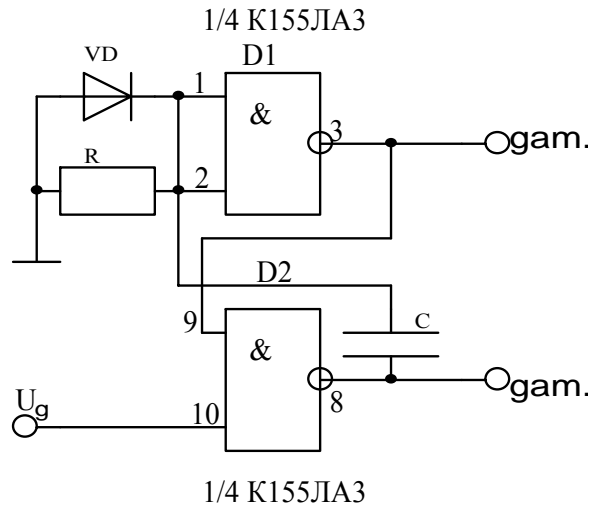
$$U_R = I_{\text{წ}} \cdot R.$$

$$I_s = \frac{E_{kv} - U_{be}}{R_s + R} = \frac{5 - 0.7}{4 + 1.5} \approx 0.78 \text{ mA}$$

მაშინ, $U_R = 0.78 \cdot 1.5 = 1.17 \text{ ვ}$.

$$C = \frac{70 \cdot 10^{-6}}{1.5 \cdot 10^3 \ln \frac{2.3 - 0.45 + 1.17}{1.3}} = \frac{70 \cdot 10^{-6}}{1264} = 0.055 \mu\text{კვ}$$

შევადგენთ მომლოდინე მულტივიბრატორის სქემას. სქემაში გამოვიყენოთ K155JIA 3 ტიპის მიკროსქემა.



2.2. ობიექტის ციფრული მართვის მოწყობილობა ინტეგრალურ მიკროსქემებზე

2.2.1 ზოგადი თეორიული ცნობები

საკურსო დავალების მიზანს წარმოადგენს ლოგიკური ფუნქციების შესწავლა, ლოგიკური ფუნქციების მინიმიზაციისა და ლოგიკური ფუნქციების ციფრულ მიკროსქემებზე რეალიზაციის ჩვენების დაუფლება.

ლოგიკური ეწოდება ისეთ ფუნქციებს, რომლებშიც ცვლადები დებულობენ მხოლოდ „0“ ან „1“ მნიშვნელობებს და ერთმანეთთან დაკავშირებულნი არიან ლოგიკური მიმატების და ლოგიკური გამრავლების ოპერაციებით.

თუ X, Y და Z წარმოადგენენ ლოგიკურ ფუნქციის ცვლადებს, მაშინ მათთვის სამართლიანია შემდეგი კანონები და აქსიომები:

$$X + Y = Y + X; \quad XY = YX;$$

$$X(Y + Z) = XY + XZ$$

$$\overline{\overline{X}} = X, \quad \text{თუ } X = 1;$$

$$X \cdot 0 = 0; \quad x + y + z + 1 = 1;$$

$$\overline{\overline{\overline{X}}} = \overline{X}, \quad \text{თუ } X = 0;$$

$$X \cdot 1 = X;$$

$$X + 0 = X;$$

$$X \cdot \overline{X} = 0; \quad (2.5)$$

$$X + 1 = 1;$$

$$\overline{\overline{\overline{\overline{X}}}} = \overline{\overline{X}} = X,$$

$$X + \overline{X} = 1;$$

$$X \cdot X = X,$$

სადაც სიმბოლოს ზემოთ დასმული ნიშანი „ – “ ნიშნავს უარყოფას.

სამართლიანია აგრეთვე დე-მორგანის ფორმულები:

$$\overline{X+Y} = \overline{XY}; \quad \overline{XY} = \overline{X} + \overline{Y}. \quad (2.6)$$

ლოგიკური ფუნქციები შეიძლება წარმოვადგინოთ ცხრილის ან ანალიზური სახით. ცხრილის სახით წარმოდგენილი ლოგიკური ფუნქცია ანალიზურად ჩაიწერება მინტერმების ჯამის ან მაქსტერმების ნამრავლის სახით.

თუ ცხრილის სახით წარმოდგენილი ლოგიკური ფუნქცია შეიცავს ცვლადებს X, Y, Z, მაშინ ცვლადთა კომბინაციებს შეერთებულს ლოგიკური გამრავლების ოპერაციით, როდესაც თითოეული ლოგიკური ნამრავლი ერთის ტოლია, უწოდებენ მინტერმებს. მაგალითად, თუ მინტერმებია $XY\bar{Z}=1$, $\bar{X}Y\bar{Z}=1$ და ა.შ. ამ შემთხვევაში ლოგიკური ფუნქცია ანალიზურად ჩაიწერება შემდეგნაირად

$$F_1 = XY\bar{Z} + \bar{X}Y\bar{Z} \quad (2.7)$$

ცვლადთა კომბინაციებს შეერთებულს ლოგიკური შეკრების ოპერაციით, როდესაც თითოეული ლოგიკური ჯამი ნულის ტოლია, უწოდებენ მაქსტერმებს. მაგალითად, თუ მაქსტერმებია $X+Y+\bar{Z}=0$, $\bar{X}+Y+\bar{Z}=0$ და ა.შ. ამ შემთხვევაში ლოგიკური ფუნქცია ანალიზურად ჩაიწერება შემდეგნაირად

$$F_2 = (X+Y+\bar{Z}) \cdot (\bar{X}+Y+\bar{Z}) \quad (2.8)$$

ლოგიკური ფუნქციის მინიმიზაცია, ანუ გამარტივება, მიზნად ისახავს საწყისი გამოსახულების გარდაქმნას ზემოთ მოყვანილი კანონებისა და აქსიომების საფუძველზე ისე, რომ მისი რეალიზაციისათვის საჭირო ლოგიკურ ელემენტებისა და შესასვლელი წრედების რაოდენობა აღმოჩნდეს მინიმალური, აგრეთვე გამოირიცხოს კომბინაციის განმეორება.

განვიხილოთ გამოსახულება (2.7) და შევასრულოთ მინიმიზაციის ოპერაცია. თუ ვისარგებლებთ ზემოთ მოყვანილი კანონებით და აქსიომებით მივიღებთ

$$F_1 = XY\bar{Z} + \bar{X}Y\bar{Z} = Y\bar{Z} \quad (2.9)$$

შევედართოთ გამოსახულებები (2.7) და (2.9). ვნახავთ, რომ გამოსახულება (2.9), რომელიც (2.7)-ის ექვივალენტურია, გაცილებით მარტივია და მისი რეალიზაციისათვის საჭირო იქნება მხოლოდ ერთი ორშესასვლელიანი და ლოგიკური ელემენტი.

ანალოგიურად, გამოსახულება (2.8)-ისათვის მინიმიზაციის ოპერაციის ჩატარების შედეგად მივიღებთ

$$F_2 = (X+Y+\bar{Z}) \cdot (\bar{X}+Y+\bar{Z}) = Y + \bar{Z} \quad (2.10)$$

(2.8) და (2.10) გამოსახულების შედარება გვიჩვენებს, რომ უკანსკნელი რეალიზაციის თვალსაზრისით გაცილებით მარტივია და საჭიროებს მხოლოდ ერთ ორშესასვლელიან ან ლოგიკურ ელემენტს.

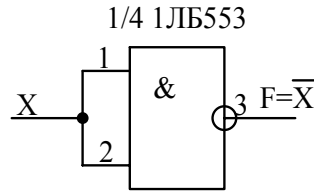
დღეისათვის ინტეგრალური მიკროსქემების წარმოება ორიენტირებულია სხვადასხვა რაოდენობის შესასვლელიანი და-არა ელემენტების გამოშვებაზე (ერთ-ერთია 155 სერიის ინტეგრალური მიკროსქემები).

აღსანიშნავია, რომ 155 სერიის ინტეგრალურ მიკროსქემათა ნუსხაში გვაქვს მხოლოდ და-არა ელემენტები. ლოგიკური ფუნქციის სქემური რეალიზაცია კი ითვალისწინებს და, არა და ან ლოგიკური ოპერაციების შესრულებას. ამიტომ, საჭიროა ვიცოდეთ მათი შესრულება და-არა ლოგიკური ელემენტების დახმარებით. განვიხილოთ ამ ოპერაციების შესრულების მაგალითები.

I. ოპერაცია არა -ს შესრულება და – არა ელემენტებზე.

და – არა ლოგიკური ელემენტებისათვის შესასვლელთა მინიმალური რაოდენობაა ორი. ამიტომ განვიხილოთ ორი X და Y ცვლადის ლოგიკური

ფუნქცია $F=XY$. ორ შესასვლელიანი და-არა ელემენტის გამოყენება მოგვცემს $F=\overline{XY}$. თუ დავეშვებთ, რომ $Y=X$, გვექნება $F=\overline{X}$. ამრიგად, თუ ორშესასვლელიან და-არა ელემენტის ორივე შესასვლელს მივაწვდით ერთი და იგივე ცვლადს, მივიღებთ ოპერაცია არა-ს. ჩართვის სქემას ექნება შემდეგი სახე

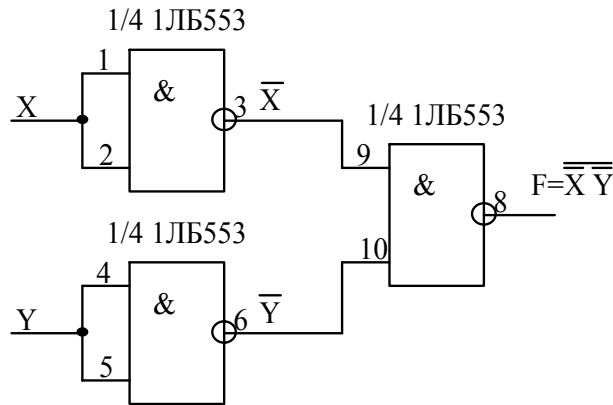


II . ოპერაცია ან -ის შესრულება და-არა ელემენტებზე.

ორი X და Y ცვლადებისათვის ან ოპერაცია გამოისახება შემდეგნაირად: $F=X+Y$. გამოვიყენოთ დე - მორგანის ფორმულები და გარდავქმნათ აღნიშნული გამოსახულება, მივიღებთ:

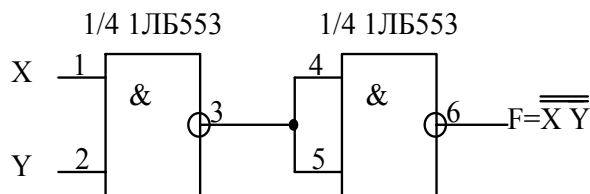
$$F = X + Y = \overline{\overline{X + Y}} = \overline{\overline{X} \overline{Y}}$$

ჩართვის სქემას ექნება შემდეგი სახე



III . ოპერაცია და-ს შესრულება და-არა ელემენტებზე
 ორი X და Y ცვლადებისათვის „და“ ოპერაცია ასე გამოისახება $F=XY$. გარდავქმნათ ფუნქცია შემდეგნაირად: $F=XY = \overline{\overline{XY}}$

ჩართვის სქემას ექნება შემდეგი სახე



მაგალითი 6

მართვის ობიექტის ლოგიკური ფუნქცია მოცემულია ცხრილის სახით,

X	Y	Z	F
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

სადაც X, Y, Z ცვლადებია, F - ლოგიკური ფუნქციაა.

ლოგიკური ფუნქციის წარმოდგენა
ანალიზური სახით

ჩაწეროთ F - ლოგიკური ფუნქცია ანალიზური სახით. ამ მიზნით, მოცემული ცხრილის დახმარებით განვსაზღვროთ ცვლადთა კომბინაციები, რომლებიც გვაძლევენ მინტერმებს. ცვლადთა ეს კომბინაციებია: $\overline{X}\overline{Y}\overline{Z}$; $\overline{X}\overline{Y}Z$; $\overline{X}Y\overline{Z}$; XYZ .

ანალოგიურად, ცხრილის დახმარებით განვსაზღვროთ ცვლადთა კომბინაციები, რომლებიც გვაძლევენ მაქსტერმებს. ცვლადთა ეს კომბინაციებია:

$$(X + \overline{Y} + Z); (\overline{X} + Y + Z); (\overline{X} + Y + \overline{Z}); (\overline{X} + \overline{Y} + Z);$$

მინტერმების დახმარებით F - ლოგიკური ფუნქცია ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$F_{\text{mint.}} = \overline{X}\overline{Y}\overline{Z} + \overline{X}\overline{Y}Z + \overline{X}Y\overline{Z} + XYZ \quad (2.11)$$

მაქსტერმების დახმარებით F - ლოგიკური ფუნქცია ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$F_{\text{მაქსტ.}} = (X + \overline{Y} + Z) \cdot (\overline{X} + Y + Z) \cdot (\overline{X} + Y + \overline{Z}) \cdot (\overline{X} + \overline{Y} + Z). \quad (2.12)$$

ლოგიკური ფუნქციის
მინიმიზაცია

მოვასდინოთ მინტერმებით გამოსახული ლოგიკური ფუნქციის მინიმიზაცია. მივიღებთ

$$F_{\text{min.}} = \overline{X}\overline{Y}(\overline{Z} + Z) + YZ(\overline{X} + X), \text{ საიდანაც } F_{\text{min.}} = \overline{X}\overline{Y} + YZ \quad (2.13)$$

შევამოწმოთ (2.13) გამოსახულებაში შემავალი წევრები $\overline{X}\overline{Y}$ და YZ, ხომ არ უტოლდებათ იგივერად 0-ს ან 1-ს.

X, Y, Z ცვლადების მოცემული მნიშვნელობებისათვის შევადგინოთ ცხრილი

X	Y	Z	\overline{XY}	YZ
0	0	0	1	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	1	0	1
1	0	0	0	0
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	0	1

როგორც ცხრილიდან ჩანს $\overline{XY} \neq 0$ და $\overline{XY} \neq 1$, ასევე $YZ \neq 0$ და $YZ \neq 1$. მაშასადამე, გამოსახულება (2.13) შეიძლება გამოვიყენოთ მართვის ობიექტის სამართავად . თუ რომელიმე წევრი \overline{XY} ან YZ იგიურად 0-ს ტოლია, იგი უნდა ამოვარდეს გამოსახულებიდან, ხოლო თუ \overline{XY} ან YZ იგიურად 1-ს ტოლია, ე.ი. $F_{\min.} \equiv 1$, მაშინ მართვის ობიექტის მართვა შეუძლებელია.

მოვახდინოთ (2.12) გამოსახულების მინიმიზაცია. გავხსნათ ფრჩხილები და გამოვიყენოთ ზემოთ მოყვანილი კანონები და აქსიომები.

$$F_{\text{აკსტ.}} = (X\overline{X} + XY + XZ + \overline{Y}\overline{X} + \overline{Y}Y + \overline{Y}Z + Z\overline{X} + ZY + ZZ) \cdot (\overline{X}\overline{X} + \overline{X}\overline{Y} + \overline{X}Z + Y\overline{X} + Y\overline{Y} + YZ + Z\overline{X} + Z\overline{Y} + ZZ) = (0 + XY + XZ + \overline{Y}\overline{X} + 0 + \overline{Y}Z + Z\overline{X} + ZY + Z) \cdot (\overline{X} + \overline{X}\overline{Y} + \overline{X}Z + Y\overline{X} + 0 + YZ + Z\overline{X} + Z\overline{Y} + 0) = [XY + \overline{Y}\overline{X} + Z(X + \overline{Y} + \overline{X} + Y + 1)] \cdot [\overline{X}(1 + \overline{Y} + Z + Y + Z) + XZ + Z\overline{Y}] = (XY + \overline{Y}\overline{X} + Z) \cdot (\overline{X} + YZ + Z\overline{Y}) = XY\overline{X} + XYYZ + XYZ\overline{Y} + \overline{X}\overline{Y}Z + \overline{Y}\overline{X}YZ + \overline{Y}\overline{X}Z\overline{Y} + Z\overline{X} + ZYZ + ZZ\overline{Y} = XYZ + \overline{Y}\overline{X} + \overline{X}\overline{Y}Z + Z\overline{X} + ZY = ZY(X + 1) + \overline{Y}\overline{X}(1 + Z) + Z\overline{X}$$

ე.ი. მივიღებთ

$$F_{\text{აკსტ.}} = ZY + \overline{X}\overline{Y} + Z\overline{X}.$$

გამოსახულების უკანასკნელი წევრი გავამრავლოთ $Y + \overline{Y} = 1$ -ზე

$$F_{\text{მაქსტ.}} = ZY + \overline{X}\overline{Y} + Z\overline{X}(Y + \overline{Y}) = ZY + \overline{X}\overline{Y} + Z\overline{X}Y + Z\overline{X}\overline{Y} = ZY(1 + \overline{X}) + \overline{X}\overline{Y}(1 + Z) \quad (2.14)$$

საბოლოოდ მივიღებთ

$$F_{\text{აკსტ.}} = ZY + \overline{X}\overline{Y} \quad (2.15)$$

ლოგიკური ფუნქციის რეალიზაციისათვის საჭირო ლოგიკური ელემენტების შერჩევა

155 სერიის ლოგიკური მიკროსქემები არ შეცავს ან ლოგიკური ფუნქციის შემსრულებელ ელემენტებს. ამიტომ გამოსახულება (2.13) მივიყვანოთ იმ სახემდე, რომ ოპერაცია ან გამოირიცხოს.

გამოსახულება (2.13) -ის თანმიმდევრული გარდაქმნით მივიღებთ:

$$F_{\min.} = \overline{X}\overline{Y} + ZY = \overline{\overline{\overline{X}\overline{Y}}} + ZY = \overline{\overline{\overline{X}\overline{Y}}} \quad (2.16)$$

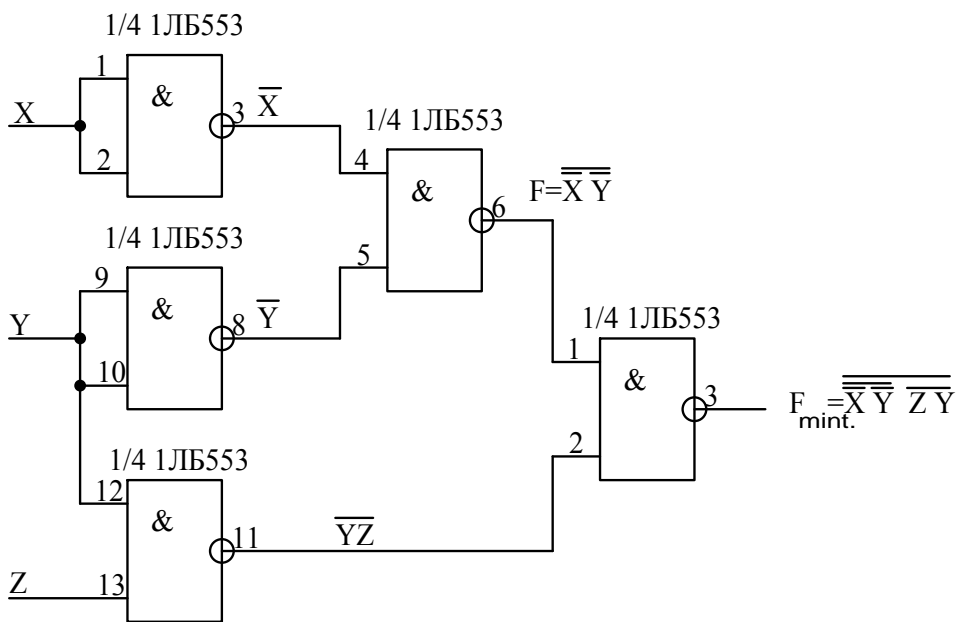
გამოსახულება (2.16) არ შეცავს ან ლოგიკურ ოპერაციას , რის გამოც მისი აგება შესაძლებელია 155 სერიის ლოგიკურ მიკროსქემებზე.

როგორც გამოსახულება (2.16) –ის ანალიზი გვიჩვენებს და ლოგიკური ოპერაციით ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან ცვლადები \bar{X} და \bar{Y} და აგრეთვე Z და Y , რომელთა რეალიზაცია შეიძლება განხორციელდეს ორ შესასვლელიანი და-არა ლოგიკური ელემენტით. რაც შეეხება არა ოპერაციას, იგი და-არა ლოგიკურ მიკროსქემაზე შესრუდება ზემოთ აღწერილი მეთოდის მიხედვით.

ცნობარიდან შევარჩიოთ ლოგიკური მიკროსქემა 1ЛБ553.

მოწყობილობის ლოგიკური სქემის აგება

ავაგოთ მოცემული ლოგიკური ფუნქციისათვის (2.16) ლოგიკური სქემა. სქემას ექნება შემდეგი სახე



ვინაიდან 1ЛБ553 ლოგიკური მიკროსქემა შედგება ოთხი ორშესასვლელიანი და-არა ელემენტებისაგან, სქემაში გამოყენებულია ერთი კორპუსი და მეორე კორპუსიდან 1/4 ნაწილი

მოწყობილობის მიერ მოხმარებული სიმძლავრის ანგარიში

ვინაგარიშოთ მოწყობილობის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე. მოწყობილობა აგებულია ორ კორპუსზე. ერთი კორპუსის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე, როგორც ცნობარიდან ჩანს, შეადგენს 110 მგტ-ს. ორი კორპუსის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე იქნება

$$p=2 \cdot 110=220\text{მგტ}$$

მოწყობილობის მიერ მოხმარებული დენის ანგარიში

ვიანგარიშით I დენის მნიშვნელობა. 155 სერიის მიკროსქემების კვების წყაროს ძაბვა $U=5$ ვ. მოწყობილობის მიერ მოხმარებული სიმძლავრე P და დენი I ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან გამოსახულებით

$$P=IU$$

ვინაიდან P და U ცნობილი სიდიდეებია, მივიღებთ

$$I = \frac{P}{U} = \frac{220 \cdot 10^{-3}}{5} = 0.044\text{ა}.$$

შესავალ და გამოსავალ სიგნალებს შორის დაყოვნების დროის ანგარიში

ვიანგარიშით სიგნალის გავრცელების დაყოვნების დრო. როგორც ცნობარიდან ჩანს ლოგიკური მიკროსქემის 1LB553 დაყოვნების დრო, ნული მდგომარეობიდან ერთიანში $t^{0.1}$ და ერთანიდან ნულიანში $t^{1.0}$ გადასვლის შემთხვევაში, არის სხვადასხვა. ცნობარიდან შევარჩიოთ დაყოვნების მაქსიმალური დრო $t=296$ წ.

ვინაიდან დაყოვნების დრო დამოკიდებულია წრედის განშტოებაში მიმდევრობით ჩართულ ელემენტთა მაქსიმალურ რაოდენობაზე, ლოგიკური სქემის მიხედვით $t_{დაყ}=3t^{0.1}=3 \cdot 296\text{წ}=876\text{წ}$.

ლიტერატურა

1. В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. Электроника. М. «Высшая школа». 1991.
2. И.П. Степаненко. Основы микроэлектроники. М. «Советское радио». 1980.
3. Г.И. Изъюрова и др. Расчет электронных схем. Примеры и задачи. М. «Высшая школа». 1987.