

იური მოღვაძე

მიკროელექტრონიკა

ნაწილი მეორე

ელექტრონული მაძლიერებლები II

(III კურსის I სემესტრის ლექციების კონსპექტი)

თ ბ ი ლ ს ი

II. მაძლიერებელი ხელსაწყოების ელექტრული კვების და სტაბილიზაციის წრედების სქემები.

- 2.1. ტრანზისტორების წრედების კვება.
- 2.2. კასკადშორის კავშირის სქემები
- 2.3. მაძლიერებელი კასკადის ტიპები
- 2.4. ინვერსიული კასკადები

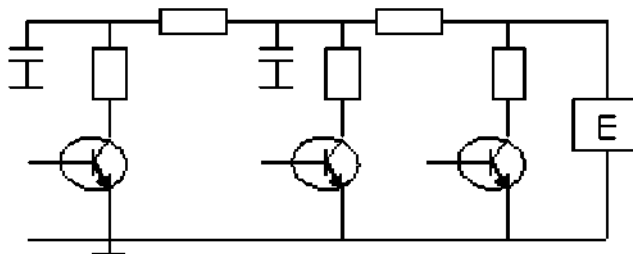
2.1 ტრანზისტორების წრედების კვება.

ელექტრული სიგნალების გაძლიერებისათვის, ტრანზისტორის გამოსავალ ელექტროდებს შორის უნდა მიეწოდოს განსაზღვრული სიდიდისა და პოლარობის მუდმივი ძაბვა.

ბიპოლარული ნ-პ-ნ სტრუქტურის ტრანზისტორის შემთხვევაში, კოლექტორს ემიტერის მიმართ უნდა მიეწოდოს დადებითი პოტენციალი, ხოლო პ-ნ-პ სტრუქტურის ტრანზისტორის დროს – უარყოფითი.

აღნიშნული ძაბვის მიწოდება ხდება გარე კვების წყაროდან, რომელსაც კოლექტორული წრედის კვების წყარო ეწოდება და ის შეიძლება იყოს მრავალი სახის.

მრავალკასკადიან მაძლიერებელში, მოწყობილობის სიმარტივისა და სიიარსის თვალსაზრისით, მიზანშეწონილია ერთი კვების წყაროს გამოყენება, რომელთანაც ყველა ტრანზისტორის კოლექტორულ წრედს ჩვეულებრივ აერთებენ პარალელურად (ნახ.2.1.1).



ნახ.2.1.1

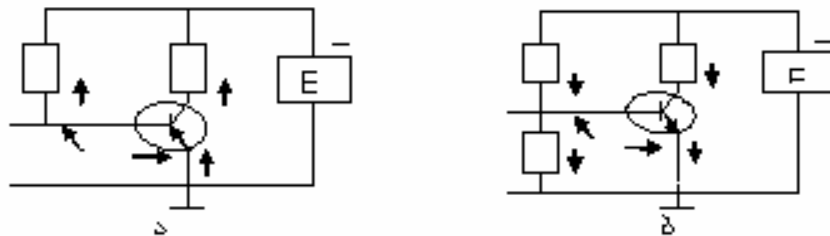
საერთო კვების წყაროს არსებობა იწვევს მაძლიერებელში პარაზიტულ უკუკავშირს, რის გამოც მნიშვნელოვნად იცვლება მაძლიერებლის თვისებები და შეიძლება საერთოდ დაკარგოს მუშაობის უნარი.

აღნიშნული პარაზიტული კავშირის დასაშვებ სიდიდემდე შემცირებისათვის, ერთ-ერთ ფართოდ გამოყენებულ მეთოდს წარმოადგენს კასკადების გამოსავალი Rფცფ განმრთველი ფიტრის ჩართვა.

პირველ კასკადში ფილტრის ჩართვა ყოველთვის აუცილებელია, ხოლო გამოსავალ (ბოლო) კასკადში დაუშვებელია. ფილტრების საერთო რაოდენობას განსაზღვრავს სიგნალის (ცვლადი) დენის მიმართ კვების წყაროს შინაგანი წინაღობა. რაც უფრო მცირეა ის, მით უფრო ნაკლებია ფილტრების რიცხვი.

ტრანზისტორის მუშა რეჟიმის შესაბამისი გამოსავალი დენის სიდიდის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია ტრანზისტორის ბაზა და ემიტერს შორის განსაზღვრული სიდიდისა და პოლარობის პოტენციალთა სხვაობის (წანაცვლების) შექმნა. n-p-n სტრუქტურის ტრანზისტორში ბაზას ემიტერის მიმართ უნდა გააჩნდეს დადებითი პოტენციალი, ხოლო p-n-p ტიპის ტრანზისტორში – უარყოფითი. გერმანიუმის ტრანზისტორისათვის ბაზა-ემიტერის წანაცვლების აუცილებელი სიდიდე მდებარეობს (0.1±0.5)ვ –ის საზღვრებში, ხოლო კაუბადის ტრანზისტორისათვის – (0.5±1)ვ –ის ფარგლებში.

სქემის გამარტივების მიზნით, ტრანზისტორის შესავალ წრედში წანაცვლების მიწოდება მიზანშეწონილია კოლექტორული კვების წყაროდან. განსხვავებენ წანაცვლების მიწოდების სქემის ორ ვარიანტს (ნახ.2.1.2)



ნახ. 2.1.2

ნახ.2.1.2ა-ზე უარყოფითი წანაცვლება ბაზაზე მიეწოდება R1 რეზისტორით, რომლის წინაღობა ბევრად დიდია, მუდმივი დენის მიმართ, ბაზა-ემიტერის წინაღობასთან შედარებით. ამ დროს რეზისტორში გამავალი დენი ტოლია

$$I_{0გ} = E/R_1$$

და არ იცვლება გარემოს ტემპერატურის შეცვლით და ტრანზისტორის დაძველების ან გამოცვლის დროს; ამიტომ ასეთ წანაცვლებას ეწოდება ბაზის ფიქსირებული დენით წანაცვლება.

ნახ.2.1.2ბ-ზე დადებითი წანაცვლება ბაზაზე მიეწოდება, კვების წყაროსთან შეერთებული, R1 და R2 რეზისტორებით შედგენილი ძაბვის გამოყოფიდან. თუ გამოყოფის წინაღობა

$$R_{გ} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$$

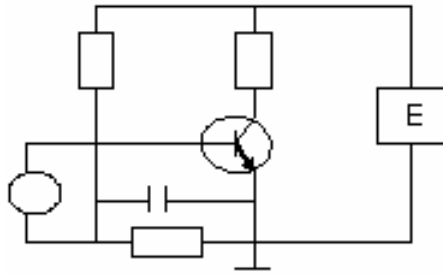
ბევრედ ნაკლებია მუდმივი დენის მიმართ ბაზა-ემიტერის წინაღობასთან შედარებით, მაშინ წანაცვლების U0გ ძაბვა პრაქტიკულად არ შეიცვლება გარემოს ტემპერატურის ცვლილების, ტრანზისტორის დაძველების ან შეცვლის შემთხვევაში. წანაცვლების მიწოდების ამ მეთოდს ეწოდება ბაზა-ემიტერის ფიქსირებული ძაბვით წანაცვლება.

გამყოფის რეზისტორების წინაღობა განისაზღვრება ფორმულებით:

$$R_1 = (E - U_{0გ}) / (I_{0გ} - I_{გ}) \quad R_2 = U_{0გ} / I_{გ}$$

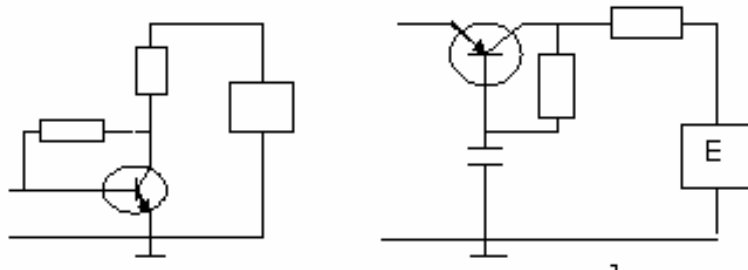
სადაც Iგ = (0.3±3)I0გ – წარმოადგენს გამოყოფის დენს.

ტრანზისტორის ბაზაზე წანაცვლების მიწოდება სიგნალის წყაროს პარალელურად რამდენამდე ამცირებს კასკადის შესავალ წინაღობას და გაძლიერებას. იმ შემთხვევაში, როცა სიგნალის წყარო არ არის შეერთებული საერთო გამტართან და დასაშვებია სიგნალის წყაროში მუდმივი მდგენელის გავლა, შეიძლება წანაცვლების მიწოდება სიგნალის წყაროს მიმდევრობით (ნახ.2.2.3). დიდი ტვეადობის Cკ კონდესატორი უზუნტავს წანაცვლების წრედს სიგნალის სისწირისათვის.



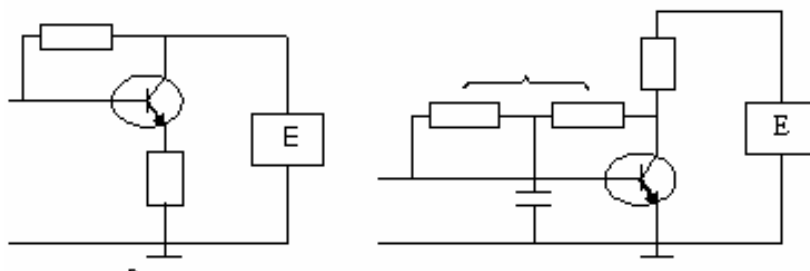
ნახ.213

წანაცვლების მიმდევრობით მიწოდების დროს სიგნალის წყაროს შინაგანი წინაღობა მუდმივი დენის მიმართ ემატება გამყოფის წინაღობას, რაც აუარესებს სამუშაო რეჟიმის სტაბილობას და მას პრაქტიკაში ხშირად არ იყენებენ რადგან გარემოს ტემპერატურა და ტრანზისტორის პარამეტრები შეიძლება იცვლებოდეს ფართო ფარგლებში, ამიტომ წანაცვლების მიწოდების განხილული სქემები ვერ უზრუნველყოფენ მოთხოვნილ სტაბილიზაციას, რისთვისაც გამოიყენება რეჟიმის სტაბილიზაციის სქემები.



ნახ.214

სტაბილიზაციის უმარტივეს სახეს წარმოადგენს კოლექტორული სტაბილიზაცია, რომლის სქემა ტრანზისტორის საერთო ემიტერით, საერთო ბაზით და საერთო კოლექტორით ჩართვის შემთხვევაში ნაჩვენებია ნახ.2.14-ზე.



ნახ.214

ნახ.215

რეჟიმის სტაბილიზაციისთვის გამოყენებულია პარალელური უარყოფითი უკუკავშირი ძაბვით, მუდმივი დენის მიმართ.

R_1 რეზისტორზე მოდებული ძაბვა განისაზღვრება E ძაბვისა და R რეზისტორზე კვების ძაბვის ვარდნის სხვაობით; ამიტომ თუ რაიმე მიზეზის გამო გაიზარდა გამოსავალი დენი, გაიზრდება R რეზისტორზე ძაბვის ვარდნა, რაც შეამცირებს R_1 რეზისტორზე მოდებულ ძაბვას, რის შედეგადაც შემცირდება ბაზის წანაცვლების დენი, რომელიც საშუალებას არ აძლევს გამოსავალი დენს მნიშვნელოვნად გაიზარდოს.

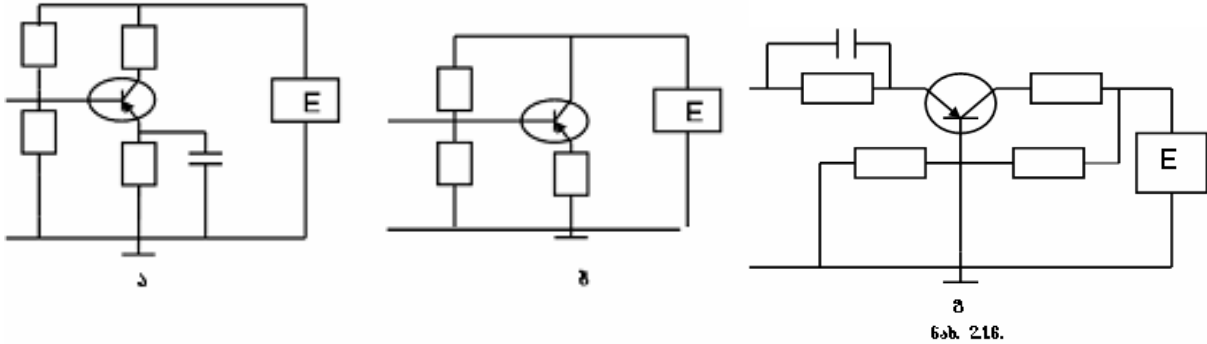
თუ ადგილი ექნება გამოსავალი დენის შემცირებას, მაშინ რეჟიმის სტაბილიზაციის ავტომატურ რეგულირებას ექნება ზემოთ განხილული პროცესის საწინააღმდეგო ხასიათი.

ტრანზისტორის საერთო ემიტერით ჩართვის შემთხვევაში (ნახ.2.14ა), გაძლიერებული სიგნალი გამოსავლიდან R_1 რეზისტორით მიეწოდება შესავალ წრედში (ადგილი აქვს უარყოფით უკუკავშირს

(ცვლადი დენის მიმართ), რაც ამცირებს კასკადის შესავალ წინაღობას და გაძლიერებას. აღნიშნული ნაკლოვანების აღმოფხვრა შესაძლებელია და R_1' და R_1'' რეზისტორების შეერთების წერტილის შეერთებით საერთო გამტართან დიდი ტევადობის C_3 კონდენსატორით (ნახ.2.15).

კოლექტრული სტაბილიზაცია იძლევა დამაკმაყოფილებელ შედეგს, როცა კოლექტრულ დატვირთვაზე ძაბვის ვარდნა შეადგენს $0.5E$ -ს და მეტს, რაც ყოველთვის არ სრულდება.

უფრო მაღალი სტაბილიზაციის იძლევა ემიტერული სტაბილიზაციის სქემა(ნახ.2.16), რომელიც უფრო ხშირად გამოიყენება პრაქტიკაში.



აქ რეჟიმის სტაბილიზაციისათვის გამოყენებულია მიმდევრობითი უარყოფითი უკუკავშირი დენით, რომელსაც წარმოქმნის ემიტერის წრედში ჩართული $R_ე$ რეზისტორი. ცვლადი დენის მიმართ უარყოფითი უკუკავშირის აღმოსაფხვრელად $R_ე$ რეზისტორის პარალელურად ჩართლია დიდი ტევადობის $C_ე$ კონდენსატორი, რომელიც პრაქტიკულად გამორიცხავს სიგნალის ძაბვის ვარდნას $R_ე$ რეზისტორზე.

ემიტერული სტაბილიზაციის მოქმედების პრინციპი შემდეგია : თუ რაიმე ფაქტორის გავლენით გაიზარდა გამოსავალი დენი, გაიზრდება ძაბვის ვარდნა $R_ე$ რეზისტორზე რის შედეგად ბაზა-ემიტერის წანაცვლების ძაბვა, რომელიც წარმოადგენს R_2 და $R_ე$ რეზისტორებზე ძაბვის სხვაობას, მკვეთრად მცირდება ეფექტურად ეწინააღმდეგება გამოსავალი დენის ზრდას.

სქემის მასტაბილიზირებელი თვისება იზრდება $R_ე$ რეზისტორის წინაღობის გაზრდით და R_1R_2 გამყოფის წინაღობების შემცირებით. $R_ე$ -ს მეტისმეტად გაზრდა დაუშვებელია, რადგან ის გამოიწვევს კოლექტორ-ემიტერს შორის ძაბვის შემცირებას; ამიტომ $R_ე$ განისაზღვრება მასზე დასაშვები ძაბვის ვარდნის სიდიდის მიხედვით

$$R_ე = U_ე / I_{0_ე} = U_ე / I_{0_კ}$$

სიმძლავრის მაძლიერებელ კასკადში $U_ე = (0.05 + 0.15)E$, ხოლო წინასწარი გაძლიერების კასკადში $U_ე = (0.1 + 0.3) E$.

$R_ე$ რეზისტორის წინაღობა განისაზღვრება ფორმულით:

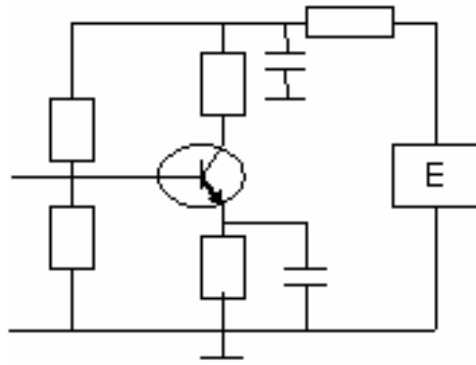
$$R_2 = (U_{0_გ} + U_ე) / I_გ,$$

სადაც გამყოფის დენი სიმძლავრის მაძლიერებელი კასკადისათვის აიღება $I_გ = (1 + 3)I_{0_გ}$ ხოლო წინასწარი გაძლიერების კასკადისათვის- $I_გ = (3 + 10)I_{0_გ}$. ამ შემთხვევაში:

$$R_1 = (E - U_{0_გ} - U_ე) / (I_{0_გ} - I_ე)$$

$R_ე$ რეზისტორის მშუნტავი $C_ე$ კონდენსატორის ტევადობა აიღება ისეთი, რომ მისი წინაღობა სიგნალის ყველაზე დაბალ სიხშირეზე გაცილებით ნაკლები იყოს $R_ე$ რეზისტორის წინაღობასთან შედარებით ე.ი. $C_ე \gg 1/\omega R_ე$

კოლექტრულ-ემიტერულ ანუ კომბინირებული სქემა (ნახ.2.17) წარმოადგენს ზემოთ განხილულ სტაბილიზაციის მეთოდების კომბინაციას. მას ადვილი აქვს მაგალითად თუ მაძლიერებელ კასკადში, რომელშიც განხორციელებულია ემიტერული სტაბილიზაცია, ჩავრთავთ განმრთველი ფილტრის რეზისტორს- $R_ფ$ -ს.



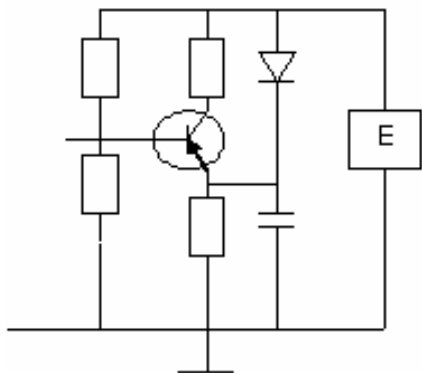
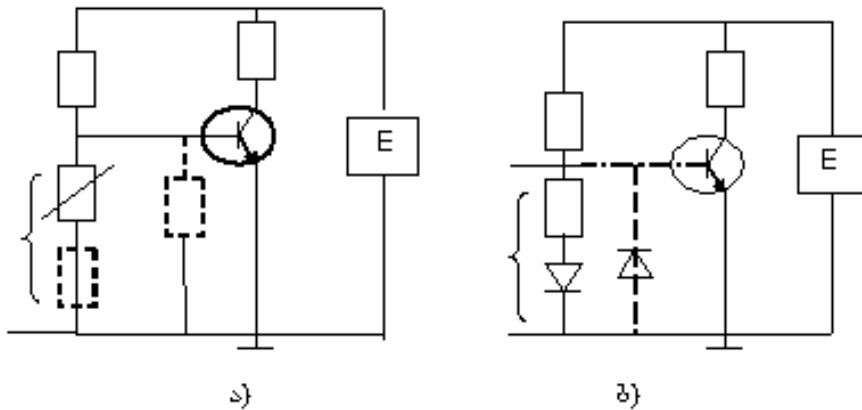
ნახ.217

კომბინირებული სტაბილიზაციის სქემა უზრუნველყოფს რამდენამდე უკეთეს სტაბილიზაციას, ვიდრე ემიტერულ სტაბილიზაციის სქემა.

როდესაც საჭიროა შევამციროთ ტრანზისტორის სამუშაო რეჟიმის არასტაბილობა, რომელიც გამოწვეულია მხოლოდ ტემპერატურულ ცვლილებით, გამოიყენება ტემპერატურული სქემები. ამ სქემების გამოყენება ხდება მაშინაც, როცა რეჟიმის სტაბილიზაციის ზემოთ განხილული სქემებით სარგებლობა მოუხერხებელია ან დაუშვებელი; ზოგჯერ კი გამოიყენება ორივე ერთად.

ტემპერატურული კომპენსაციისთვის გამოიყენება სხვადასხვა სახის არაწრფივი ელემენტები, რომელთა პარამეტრები დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. როგორცაა მაგ: სპილენძის გამტარისგან დამზადებული რეზისტორი, თერმორეზისტორი, ნახევარგამტარული დიოდი და ა.შ.

ნახ.2.1.8-ზე მოცემულია ტემპერატურული კომპენსაციის სქემები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში.



ბ

ნახ.21.8

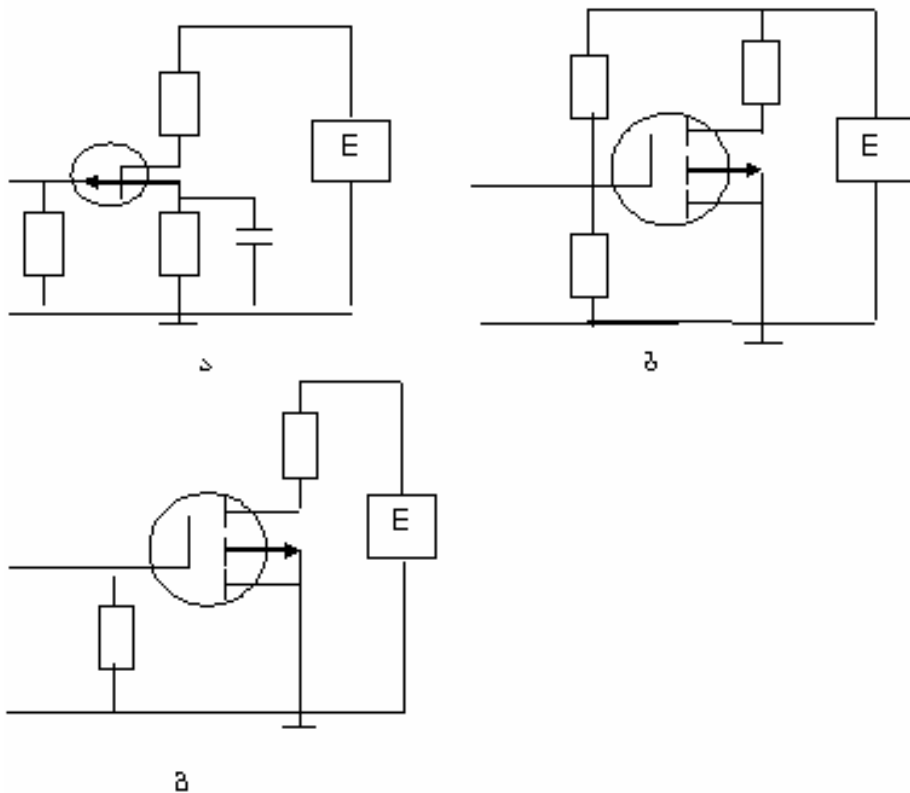
როცა ტემპერატურული კომპენსაციისთვის გამოყენება უაროფითი ტემპერატურული კოეფიციენტის მქონე თერმორეზისტორი, ის შეიძლება ჩავრთოთ წანაცვლების ძაბვის გამოყოფის ქვედა მხარეში (ნახ.2.1.8ა). ტემპერატურეს გაზრდით თერმორეზისტორის წინაღობა მცირდება, რაც ამცირებს ბაზა-ემიტერის წანაცვლების ძაბვის სიდიდეს, რის გამოც ადგილი აქვს გამოსავალი დენის ზრდის კომპენსაციას. ტემპერატურაზე წანაცვლების ძაბვის საჭირო დამოკიდებულების უზრუნველსაყოფად, თერმორეზისტორის მიმდევრობით და პარალელურად რთავენ წრფივ რეზისტორებს.

ტრანზისტორსა და თერმორეზისტორს გააჩნიათ განსხვავებული ტემპერატურული ინერციულობა, რის გამოც უკეთეს შედეგს იძლევა თერმომგრძობიარე ელემენტად ნახევარგამტარული დიოდოს გამოყენება, რადგან დიოდსა და ტრანზისტორს ბაზა-ემიტერის გადასვლის ძაბვის ტემპერატურული კოეფიციენტები ერთნაირია. ტემპერატურეს გაზრდით, მცირდება პირდაპირი მიმართულებით ჩართული V_1 დიოდზე ძაბვის ვარდნა (ნახ.2.1.8ბ), რაც იწვევს ტრანზისტორის შესავალი წრედის წანაცვლების ძაბვის შემცირებას და შესავალი მახასიათებლის ძვრის კომპენსაციას. ტრანზისტორის კოლექტორის უკუდენის კომპენსაციას ახდენს V_2 დიოდი, რომლის უკუდენი საპირისპიროა ტრანზისტორის უკუდენისა.

ნახ.2.1.8გ-ზე გამოსახულ სქემაში ტემპერატურული კომპენსაციას ადგილი აქვს ნახევარგამტარული დიოდოს უკუდენის ხარჯზე, რომელიც ტემპერატურის მომატებით იზრდება და ზრდის R_2 რეზისტორის შესავალი წრედის წანაცვლების ძაბვას და ახდენს სამუშაო რეჟიმის შესაბამისი გამოსავალი დენის ზრდის კომპენსაციას.

ველით მართული ტრანზისტორის ელექტრული კვებისათვის აუცილებელია მუდმივი ძაბვის წყაროს მიერთება ჩასადენსა და სათავეს შორის, ხოლო საკეტზე-წანაცვლების ძაბვის მიწოდება. ამ ძაბვების პოლარობა დამოკიდებულია ტრანზისტორის არხის სახეობაზე.

წანაცვლების ძაბვად შეიძლება გამოყენებული იქნეს სათავეს წრედში ჩართულ რეზისტორზე ძაბვის ვარდნა (ნახ.2.1.9ა) ან R_1R_2 გამყოფის ძაბვა (ნახ.2.1.9ბ). იზოლირებულ საკეტიან ველით მართულ ტრანსისტორს ჩადგმულ არხად შეუძლია იმუშაოს წანაცვლების გარეშე (ნახ.2.1.9გ). n ტიპის არხის მქონე ტრანზისტორის შემთხვევაში კვების ძაბვის პოლარობა შეიცვლება საპირისპიროდ.



ნახ.2.19

რეჟიმის სტაბილიზაციისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნეს იგივე მეთოდები რაც ბიპოლარული ტრანზისტორების შემთხვევაში.

2.2 კასკადშორისი კავშირის სქემები.

სიგნალის წყაროდან მაძლიერებელი ხელსაწყოს, მრავალკასკადიან მაძლიერებელში ერთი კასკადიდან მეორეზე და მაძლიერებლის გამოსავალიდან დატვირთვაზე სიგნალის მისაწოდებლად გამოიყენება სხვადასხვა სქემები, რომლებსაც კასკადშორისი კავშირის სქემები ეწოდებათ. ამ სქემებით ხდება აგრეთვე, მაძლიერებელი ხელსაწყოს ელექტროდებზე კვების ძაბვის მიწოდება. გამოყენებული კავშირის სქემა განსაზღვრავს კასკადის სახელწოდებას. კასკადშორისი კავშირის სქემა ანიჭებს მაძლიერებელს გარკვეულ თვისებებს და უნდა უზრუნველყონ სიგნალის მინიმალური დამახინჯება და დანაკარგები.

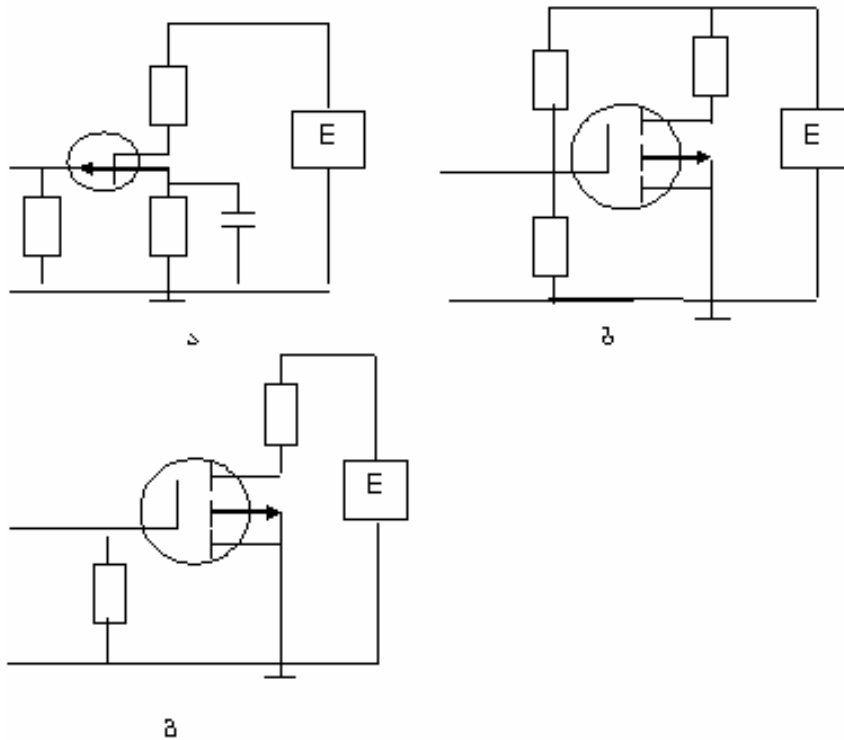
არსებობს კასკადშორისი კავშირის სქემის ოთხი ძირითადი სახეობა: გალვანური, რეზისტორული, ტრანსფორმატორული და დროსელური. გამოყენება აგრეთვე მათი კომბინაციაა.

1. კასკადები გალვანური კავშირით.

განვალური კავშირის შემთხვევაში, ერთი მაძლიერებელი ხელსაწყოს გამოსავალი ელექტრულად დაკავშირებულია მომდევნო მაძლიერებელი ხელსაწყოს შესავალ ელექტროდთან უშუალოდ ან ისეთ ელემენტებით, რომლებიც ატარებენ მუდმივ დენს (რეზისტორი, სხვადასხვა ნახევრადგამტარული დიოდი და ა. შ.)

მრავალკასკადიან მაძლიერებელში უშუალო კავშირის გამოყენება ამარტივებს ცალკეული კასკადების წანაცვლებასა და სტაბილიზაციის წრედებს. ნახ.2.21-ზე ნაჩვენებია ასეთი გამარტივების რამდენიმე მაგალითი.

ნახ.2.21ა და ბ-ზე გამოსახულ სქემებზე, ორივე კასკადში გამოყენებულია ემიტერული სტაბილიზაცია. R რეზისტორი, რომელიც წარმოადგენს T_1 ტრანზისტორისათვის კოლექტორული წრედის დატვირთვას, ამავე დროს T_2 ტრანზისტორისათვის ასრულებს წანაცვლების გამყოფის R_1 რეზისტორის ფუნქციას (R_2 რეზისტორის ფუნქციას ასრულებს T_1 ტრანზისტორის გამოსავალი წრედი).



ნახ.2.19

ნახ.2.21ბ-ზე გამოსახულ სქემაში, სადაც T_1 და T_2 ტრანზისტორები არიან სხვადასხვა სტრუქტურის, ხშირად შეიძლება გამოვიყენოთ წყვეტილი ნაჩვენები R რეზისტორიც. ნახ.2.21გ-ზე, სადაც T_1 ტრანზისტორი ჩართულია საერთო კოლექტორით (ემიტორიული მამეორებელი), ორივე ტრანზისტორისათვის გამოყენებულია საერთო ემიტერიული სტაბილიზაციის წრედი; ხშირად შესაძლებელია T_1 ტრანზისტორის ემიტერის წრედში ჩართული R_E რეზისტორის ამორეცხვაც. ნახ.2.21დ-ზე გამოსახული სქემაში, სტაბილიზაცია განხორციელებულია T_1 და T_2 ტრანზისტორების ემიტერის წრედში ჩართული R_E რეზისტორებით და R რეზისტორით, რომელიც ახორციელებს

უარყოფით უკუკავშირს მუდმივი დენის მიმართ და ღრმა უკუკავშირის შემთხვევაში, უზრუნველყოფს მუშაობის რეჟიმის მაღალ სტაბილურობას.

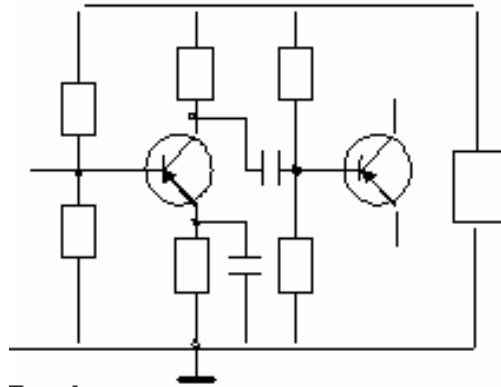
გაღვანური კავშირის გამოყენება საშუალებას იძლევა გავაძლიეროთ სიგნალი სისშირეთა ფართო ზოლში. მის ნაკლს შეადგენს ე.წ. ნულის დრეფტი, რაც გამოიხატება იმაში, რომ მაძლიერებელ ხელსაწყოს ელექტროდზე მუდმივი ძაბვის ნებისმიერი ცვლილება ძლიერდება მომდევნო კასკადით და იწვევს გამოსავალი ძაბვის ნელ ცვლილებას (დრეიფს).

გაღვანური კავშირის სქემა ძირითადად გამოიყენება ნახევრადგამტარული ხელსაწყოებზე აგებულ მაძლიერებელში, როგორც დისკრეტული ისე ინტეგრალური ტექნოლოგიით შესრულების შემთხვევაში.

2. კასკადები რეზისტორული კავშირით.

რეზისტორულ კასკადებში გამოიყენება რეზისტორული (ზუსტად რეზისტორულ-კონდესატორული) კასკადთშორისი კავშირის სქემა (ნახ.2.2.2).

მაძლიერებელი ხელსაწყოს გამოსასვლელ ელექტროდს კვების ძაბვა მიეწოდება R რეზისტორით და მასზედვე გამოიყოფა კასკადის მიერ გაძლიერებული სიგნალის ძაბვა. კავშირის C კონდესატორი გზას უღობავს ძაბვის მუდმივ შემდგენს გამოსავალი წრედიდან



Error!

ნახ.2.2.2

მომდევნო კასკადის შესასვლელისკენ, ხოლო ცვლადს ატარებს უმნიშვნელო შესუსტებით, რის გამოც C კონდესატორს გამყოფ კონდესატორსაც უწოდებენ.

რეზისტორული კავშირის შემთხვევაში, გამორიცხულია ერთი მაძლიერებელი ხელსაწყოს სამუშაო რეჟიმის ცვლილების გავლენა მეორეზე და ნულის დრეიფს ადგილი არა აქვს.

რეზისტორული კასკადის საშუალებით შესაძლებელია სიგნალის ფართოზოლოვანი გაძლიერება; მცირე კვების წყაროდან მოთხოვნილი სიმძლავრე; არ არის მგრძობიარე გარეშე მაგნიტური ვეილს მიმართ; მარტივია, აქვს მცირე გზარბიტები, წონა და ღირებულება. მის ნაკლოვან თვისებას შეადგენს დაბალი მ.ქ.კ.

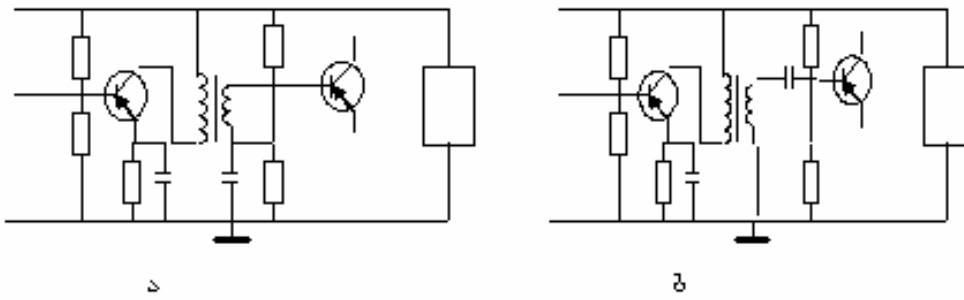
რეზისტორული კავშირის სქემა გამოიყენება დისკრეტულ ელემენტზე შესრულებულ ცვლადი დენის წინასწარი გაძლიერების მაძლიერებელში ინტეგრალური მიკროსქემის შემთხვევაში. რეზისტორული კავშირის სქემით სარგებლობენ ცალკეული მიკროსქემების დასაკავშირებლად.

3. კასკადები ტრანსფორმირებული კავშირით

ტრანსფორმატორულ კასკადში კავშირის ელემენტს წარმოადგენს ტრანსფორმატორი, რომლის პირველადი გრაგნილი ჩართულია მაძლიერებელი ხელსაწყოს გამოსავალ წრედში და მისი მეშვეობით გამოსავალ ელექტროდს მიეწოდება კვების ძაბვა, ხოლო მეორად გრაგნილთან შეერთებულია მომდევნო კასკადის შესასვლელი ან დატვირთვა (ნახ.2.2.3). მეორადი გრაგნილით ბაზას მიეწოდება აგრეთვე წანაცვლების ძაბვაც.

გამოსავალი დენის ცვლადი შემდგენი, რომელიც გადის ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში, ახდენს მასზე ძაბვის ვარდნას. ის ტრანსფორმირდება მეორეულ გარგნილში და მიეწოდება მომდევნო კასკადის შესავალს ან დატვირთვას.

ტრანზისტორულ ტრანსფორმატორულ კასკადში, რომელშიც მომდევნო ტრანზისტორის ბაზას წანაცვლება მიეწოდება ტრანსფორმატორის მეორეულ გრაგნილის საშუალებით (ნახ.2.2.3ა), ტრანსფორმატორის მეორადი გრაგნილის ქვედა გამოყვანი შეერთებულია საერთო გამტართან საკმაოდ დიდი ტევადობის C_3 კონდენსატორით, რომელიც უზრუნველყოფს მომდევნო ტრანზისტორის



ნახ.2.23

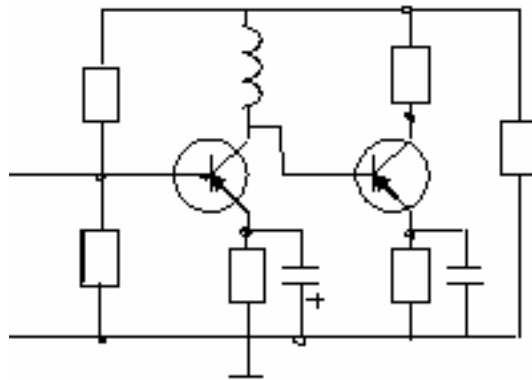
ბაზის წანაცვლების წრედს სიგნალის სიხშირის მიმართ. წანაცვლების პარარელური სქემით მიწოდების შემთხვევაში (ნახ.2.2.3ბ), ჩართულია გამყოფი C კონდენსატორი, რომელიც იცავს მომდევნო ტრანზისტორის ბაზის წანაცვლების ძაბვას ჩამოკლებისაგან, რადგან ტრანსფორმატორის მეორეული გრაგნილის წინაღობა მუდმივი დენის მიმართ ძალიან მცირეა..

ტრანსფორმატორული კასკადის გაძლიერება (2--10)-ჯერ მეტია რეზისტორულ კასკადთან შედარებით, მაგრამ სიხშირული ზოლი მნიშვნელოვნად მცირეა. ის მკმნობიარეა გარეშე მაგნიტური ველის მიმართ, აქვს დიდი ზომები, წონა და ღირებულება. ტრანსფორმაციის კოეფიციენტის სათანადო შერჩევით, შესაძლებელია მაძლიერებელი ხელსაწყოთა ოპტიმალური დატვირთვის წინაღობის უზრუნველყოფა და სიგნალის მაქსიმალური სიმძლავრის მიღება, მაღალი მ.კ.კ-ის დროს.

ტრანსფორმატორული კასკადი ხშირად გამოიყენება ბგერითი სიხშირის სიგნალების სიმძლავრის მაძლიერებელში.

4. დროსელური კასკადი.

დროსელური კასკადი ანალოგიურია რეზისტორულის, განსხვავება ის არის, რომ R რეზისტორის მაგივრად ჩართულია L დროსელი. თუ ნახ.2.21ა-ზე R-ს შევცვლით L-ით მივიღებთ დროსელურ კასკადს. დროსელის მეშვეობით კოლექტორს მიეწოდება კვების ძაბვა (ნახ.2.2.4).

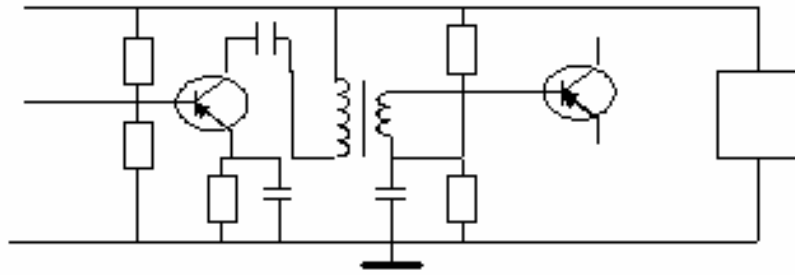


ნახ.2.24

დროსელური კასკადის თვისებები ანალოგიურია ტრანსფორმატორული კასკადის თვისებები მაგრამ მისგან განსხვავებით, დროსელური კასკადი მუშაობს მაღალი მ.კ.კ-ით მხოლოდ ოპტიმალური დატვირთვის შემთხვევაში, მაშინ როცა ტრანსფორმატორულ კასკადს მაღალი მ.კ.კ-ით მუშაობა შეუძლია პრაქტიკულად ნებისმიერი სიდიდის დატვირთვის დროს. დროსელური კასკადი გამოიყენება შედარებით იშვიათად.

5. რეზისტორული-ტრანსფორმატორული კასკადი.

კასკადშორისი კავშირის შესაძლო კომბინირებული სქემებიდან უპირველესად უნდა აღინიშნოს რეზისტორულ-ტრანსფორმატორული კავშირის სქემა (ნახ.2.2.5).



ნახ.2.25

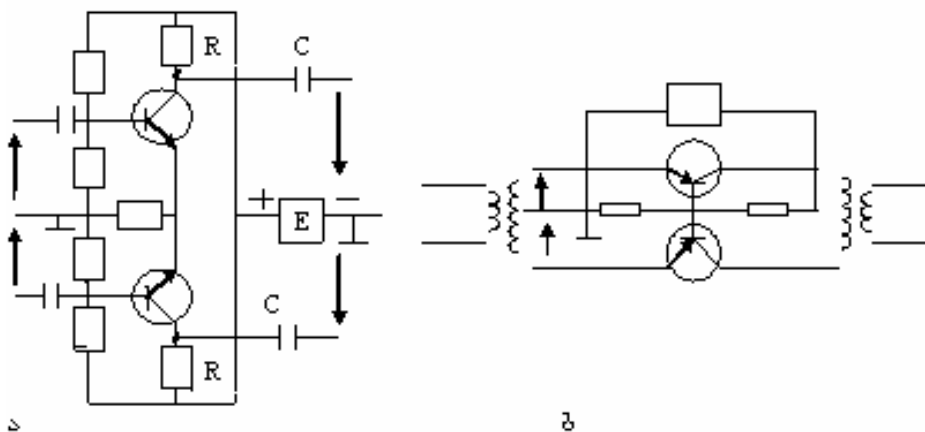
რადგანაც C კონდენსატორი ტრანსფორმატორის პირველად გრაგნილში არ ატარებს დენის მუდმივ შემდგენს, ამიტომ ტრანსფორმატორი არ განიცდის მუდმივ დამაგნიტებას, რაც ამცირებს ტრანსფორმატორის ზომებს. რეზისტორულ-ტრანსფორმატორული კასკადი საშუალებას იძლევა გავზარდოთ გაძლიერება დაბალ სიხშირიან უბანში, მაგრამ რადგანაც იგივეს უზრუნველყოფა შესაძლებელია უფრო მარტივი მეთოდითაც, ამიტომ რეზისტორულ-ტრანსფორმატორული კასკადი გამოიყენება იშვიათად.

2.3. მაძლიერებელი კასკადის ტიპები

ზემოთ განხილული ყველა სქემა მიეკუთვნება ე.წ. ერთტაქტიანი კასკადების ჯგუფს. მათთვის დამახასიათებელია არასიმეტრიული შესავალი და გამოსავალი, რის გამოც შესავალზე მოითხოვენ სიგნალის ერთ ძაბვას და გამოსავალზეც გვაძლევენ სიგნალის ერთ ძაბვას.

პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება აგრეთვე ე.წ. ორტაქტიანი კასკადები, რომლებიც წარმოადგენენ ორი ერთტაქტიანი კასკადის გაერთიანებას საერთო გამტარისა და კვების წყაროს მიმართ და მუშაობენ ურთიერთსაწინააღმდეგო ფაზებში. შემადგენელ ერთტაქტიან კასკადებს ორტაქტიანი კასკადის მხრები ეწოდება. ორტაქტიანი კასკადის ხასიათდება სიმეტრიული შესავალითა და გამოსავალით, რის გამოც შესავალზე მოითხოვენ სიმეტრიული (ამპლიტუდით ტოლი და ფაზით ურთიერთსაწინააღმდეგო ორი ძაბვა) სიგნალის მიწოდებას და ასევე გამოსავალზე იძლევა სიმეტრიულ ძაბვას.

ორტაქტიან კასკადებში შესაძლებელია კასკადთშორისი კავშირის იგივე სქემის გამოყენება, რომლებიც განხილული იყო ერთტაქტიანი კასკადების შემთხვევაში. ნახ.2.3.1-ზე ნაჩვენებია რეზისტორული (ნახ.2.3.1ა) და ტრანსფორმატორული (ნახ.2.3.1ბ) ორტაქტიანი კასკადების სქემები.



ნახ.2.3.1

ორტაქტიანი კასკადის მხრებში ერთნაირი ელემენტების არსებობა საშუალებას იძლევა ზოგი მათგანი გავაერთიანოთ, ხოლო ზოგი საერთოდ გამოვრიცხოთ სქემიდან. ასე მაგალითად: ემიტერული სტაბილიზაციისა და წანაცვლების რეზისტორები შეიძლება გაერთიანებული იქნენ საერთო $R_{\text{კ}}$ რეზისტორად, რომლიც ჩართული არის ემიტერების საერთო წრედში (ნახ.2.3.1ა). თუ ორტაქტიანი სქემის მხრები მუშაობენ სიგნალის მთელი პერიოდის განმავლობაში, მაშინ $R_{\text{კ}}$ რეზისტორის პარალელურად კონდენსატორის ჩართვა საჭირო არ არის, რადგან მხრების სიგნალის დენები,

რომელთაც აქვთ ერთნაირი ამპლიტუდები და საწინააღმდეგო ფაზები, ერთმანეთს აკომპენსირებენ და R_{Σ} რეზისტორზე სიგნალის ძაბვის ვარდნას ადგილი არა აქვს.

ტრანსფორმატორულ კასკადში (ნახ.2.3.1გ), მხრებში ჩართული გრაგნილები გაერთიანებულია საერთო მაგნიტურ გულარზე; როცა შესავალი სიგნალი მიეწოდება შესავალი ტრანსფორმატორიდან, მაშინ ორივე ტრანზისტორის ბაზაზე წანაცვლების მიწოდება შესაძლებელია საერთო ძაბვის გამყოფით.

ორდაქტიანი კასკადების უმრავლესობა, გარდა შესავალი და გამოსავალი წრედების სიმეტრიულობისა, ხასიათდება შემდეგი სასარგებლო თვისებებით:

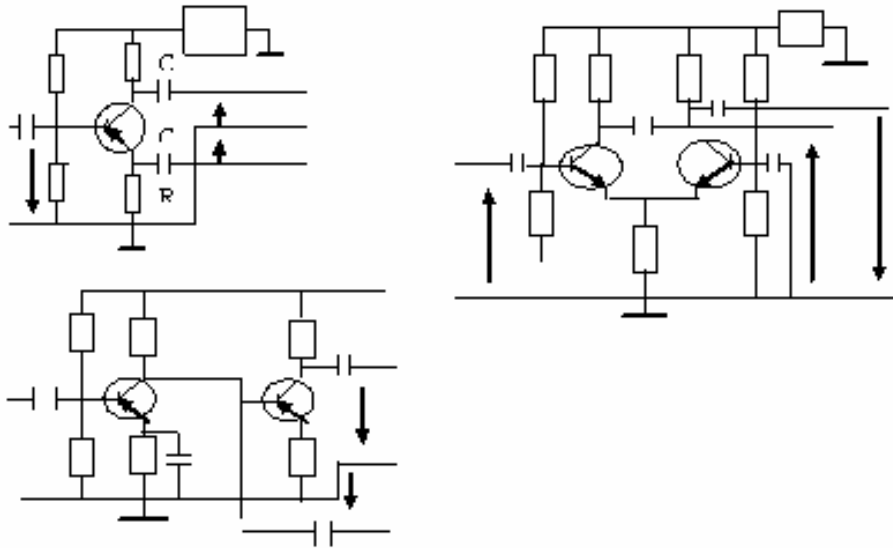
2.4. ინვერსიული კასკადები

იმის გამო, რომ ორტაქტიანი კასკადი შესავალზე მოითხოვს სიმეტრიული სიგნალის მიწოდებას, ხოლო ერთტაქტიან კასკადს გააჩნია არასიმეტრიული გამოსავალი, ერთტაქტიანი კასკადიდან ორტაქტიან კასკადზე გადასასვლელად გამოიყენება სპეციალური ინვერსიული კასკადები, რომელთაც აქვთ არასიმეტრიული შესასვლელი და სიმეტრიული გამოსავალი.

წინა პარაგრაფის ნახ.2.3.1ბ-ზე გამოსახულ სქემაში, შესავალი ტრანსფორმატორი ახორციელებს გადასვლას არასიმეტრიული კასკადიდან სიმეტრიულ კასკადზე, ხოლო გამოსავალი ტრანსფორმატორი- სიმეტრიული კასკადიდან არასიმეტრიულ დატვირთვაზე.

ტრანსფორმატორული კასკადის ნაკლოვანებათა გამო, ძირითადად გამოიყენება უტრანსფორმატორო ინვერსიული კასკადები (ნახ.2.4.1); როგორცაა: გაყოფილი დატვირთვით, ემიტერული კავშირით და საერთო ემიტერით.

ინვერსულ კასკადში გაყოფილი დატვირთვით (ნახ.2.4.1ა), ამპლიტუდით ტოლი და ფაზით საპირისპირო ძაბვები მოიხსნება კოლექტორის და ემიტერის წრედებში ჩართული R და R რეზისტორებიდან. სქემა გამოიჩნევა სიმარტივით, კარგი მახასიათებლით, მაგრამ არ იძლევა ძაბვის გაძლიერებას.



ნახ.2.4.1

ინვერსულ კასკადში ემიტერული კავშირით გამოიყენება ორი მაძლიერებელი ხელსაწყო. (ნახ.2.4.1ბ-ზე), შესავალი ძაბვა მიეწოდება T_1 ტრანზისტორის ბაზასა და საერთო გამტარს შორის. რადგანაც ის ჩართულია საერთო ემიტერით, სიგნალის ფაზას ცვლის 180-ით. T_2 ტრანზისტორი ჩართულია საერთო ბაზით (რადგან მისი ბაზა შეერთებულია საერთო გამტართან მაბლოკირებელი C_b კონდენსატორით), მის შესავალ ძაბვას წარმოადგენს კავშირის R_{Σ} რეზისტორზე $U_{R_{\Sigma}}$ ძაბვა, რომელიც ფაზით ემთხვევა U_{Σ} ძაბვას. ვინაიდან T_2 ტრანზისტორი $U_{R_{\Sigma}}$ შესავალი ძაბვის ფაზას არ ცვლის, ამიტომ R და R რეზისტორებიდან მოხსნილი გასავალი ძაბვები ამპლიტუდით იქნება ტოლი, ფაზით კი ურთუერთსაწინააღმდეგო.

ინვერსული კასკადი საერთო ემიტერით (ნახ.2.4.1გ) წარმოადგენს ორკასკადიან რეზისტორულ მაძლიერებელს, რომელშიც მეორე კასკადის გაძლიერების კოეფიციენტი $K_2=1$ მიიღება T_2 ტრანზისტორის ემიტერის წრედში კონდენსატორით დაუშუნტავი R_{Σ} რეზისტორის ჩართვით. რადგან ორივე ტრანზისტორი შესავალი სიგნალის ფაზას ცვლის 180-ით, ამიტომ R და R რეზისტორებიდან მოხსნილი $U_{\Sigma 1}$ და $U_{\Sigma 2}$ ძაბვები იქნება სიმეტრიული.