

Azərbaycan Hava Yolları “Qapalı Səhmdar Cəmiyyəti”

Milli Aviasiya Akademiyası

Fakultə      HNUTİ

İxtisas      Proseslərin Avtomatlaşdırılması Mühəndisliyi

# Kurs İşİ

Fənn          Elektronika

Mövzu        Simmetrik triggerlərin elektrik hesabı

Qrup          1162a

Kurs          II

Tələbə       Kərimov Rza

Rəhbər       Əbdürrəhimov Fikrət

## Mündəricat:

Simmetrik triggerlər.....	1
Emitter Təkrarlayıcı Simmetrik Triggerlər.....	6
Kollektor Gərginliyi Fiksasiya Olunmuş Triggerlər.....	8
Trigger Sxemlərinin Hesabatı.....	9
Ədəbiyyat Siyahısı.....	14

## Simmetrik triggerlər

Şəkil 1 - də tranzistorlarının doyması kollektor - baza dövrəsinin qeyri - xətti əks əlaqəsi ilə qarşısı alınan simmetrik triggerin sxemi göstərilmişdir.

Şəkil 1. Qeyri - xətti əks əlaqəli simmetrik trigger sxemi

Bu sxem doymuş triggerin sxemindən onunla fərqlənir ki,  $R_1$  rezistoru iki ( $R_1 = R_1' + R_0$ ) rezistorları ilə əvəz olunub və əlavə olaraq 2 fiksasiyaedici diod qoşulub. Fərz edək ki,  $T_1$  tranzistoru dayanıqlı vəziyyətdə açıqdır,  $T_2$  isə bağlıdır. Sxemin elementlərini elə seçirlər ki,  $D_1$  diodu olmadığı halda baza cərəyanı  $i_b \geq i_{bn}$   $T_1$  tranzistorunu doyma rejiminə gətirsin. Amma, verilmiş sxemdə tranzistorun doyması baş vermir. Sxemin

göstərilən dayanıqlı hala keçirilməsi prosesində  $i$  və  $i_b$  cərəyanları artırlar.  $i$  cərəyanı  $R_0 i \geq u_{bk}$  şərti ödənilən qiymətə çatdıqda  $D_1$  diodu açılır. Bu halda baza cərəyanının artımı dayanır, belə ki,  $i$  cərəyanının artımı demək olar ki, bütövlüklə  $D_1$  diodunun  $i_d$  cərəyanının artımı ilə kompensasiya olunur.  $D_1$  diodunun açılışı baza - kollektor hissəsinin müsbət gərginliyi ( $u_{bk} > 0$ ) hesabına baş verir və beləliklə,  $T_1$  tranzistorunun doyması aradan qaldırılır. Analoji olaraq, 2 - ci dayanıqlı halda  $T_2$  tranzistorunun doyması da aradan qaldırılır.

İndi isə  $R_0$  müqaviməti üçün asılılıq təyin edək.  $D_1$  açılışından əvvəl,

$$(\dot{I}_b + \dot{I}_R) R_0 = U_{kb} \quad (1)$$

olur.

Tranzistorun həтта minimal artma əmsalı ( $\beta_{min}$ ) halında doyma cərəyanının sərhədində yerləşməsi üçün aşağıdakı şərti yerinə yetirmək lazımdır.

$$\dot{I}_b = \frac{Ek}{Rk\beta_{min}} \cdot$$

(2)

(1) - ə  $\dot{I}_r = \frac{Eb}{R2}$  tənliyini və (2) - dən  $\dot{I}_b$  - ni qoyub, sonra  $R_0$  - a nisbətən alınan tənliyi həll etsək aşağıdakını alarıq:

$$R_0 = \frac{\beta_{min} R_k R_2 |U_{bk}|}{E_k R_{k_2} + \beta_{min} R_k E_b} \quad (3)$$

Tranzistorun doymasını istisna etmək üçün  $|U_{bk}| = (0,5 \div 0,8)$  nəzərə almaq lazımdır. Qalan elementlər doymuş triggerin formulları üzrə hesablanır.

Qeyri - xətti əks əlaqəli triggerdə keçid zamanı Sovurulma mərhələsiolmur, buna görə

$$t_{min} = t_3 + t_0 + t_{f_2} \approx 5 \tau_\alpha$$

Maksimal çevirmə tezliyi

$$f_{max} = \frac{1}{t_{min}} = \frac{1}{5 \tau_\alpha} = 1,2 f_\alpha \quad (4)$$

Cəld işləmənin artırılmasından başqa , doymamış simmetrik triggerlərin üstünlüyü onların eyni tranzistorlar sxemində  $\beta$  nın qiymətinin seçilməsindən asılı olmayaraq istifadə oluna bilməsidir. Bununla belə doymamış triggerlərin həssaslığı doymuşlardan fərqli olaraq praktiki olaraq tranzistorların  $\beta$  – ya görə paylanmasından asılı olmur. Doymamış triggerlərin mənfə cəhətlərinə həmçinin, doymuş triggerlərin sxeminə nisbətən daha az yüklənmə qabiliyyətinin olmasını və təhriflərə davamlılığını aid etmək olar.

Triggerlərin maksimal kommutasiya tezliyini və yüklənmə qabiliyyətini onların hər birinə emitter təkrarlayıcıları qoşmaqla artırmaq olar.  $T_1$  və  $T_2$  tranzistorlarının kollektorları  $T_3$  və  $T_4$  tranzistorlarında emitter təkrarlayıcıları vasitəsilə bazaları ilə birləşib. Sürətləndirici  $C$  kondensatorunun yükü əvvəl açıq olan  $T_1$  və ya  $T_2$  tranzistorlarının bağlanmasından sonra emitter təkrarlayıcısının ( $R_{\text{çix}} \approx \frac{R_k}{\beta}$ ) giriş müqavimətindən axır. Bu halda yüklənmə dövrəsinin zaman sabiti kəskin azalmağa başlayır ki, bu da kollektor gərginliyinin mənfi dəyişmə göstəricilərinin  $t_{f2}$  sərhədinin davam etmə müddətinin xeyli azalmasına səbəb olur. Məsələn,  $T_2$  tranzistorunun başlanması zamanı  $T_4$  tranzistorunun çıxışında gərginlik dəyişməsinin  $t_{f2}$  sərhədinin davam etmə müddəti aşağıdakı kimi olur:

$$t_{f_2} \approx \frac{3 R_k C}{\beta_4} .$$

Emitter təkrarlayıcısının giriş müqaviməti doymuş tranzistorun ilkin baza cərəyanını artırır və kollektor gərginliyinin müsbət istiqamətdə dəyişməsinin  $t_{f_2}$  sərhədinin davam etmə müddəti xeyli dərəcədə azalır.

### Şəkil 2. Emitter təkrarlayıcı simmetrik triggerin sxemi

Verilən triggerdə sovurma mərhələsinin davam etmə müddəti ehtivaçı emitter təkrarlayıcısız triggerdəki kimi olacaq, belə ki, onlar aktiv rejimdə işləyirlər. Bağlı tranzistorun gərginliyinin bərpa edilmə müddətinin azaldılması üçün sxemə  $D_1$  və  $D_2$  diodları daxil edilib.

Şəkil 3. Bağlı tranzistorunun fiksasiyalı kollektor gərginliyi olan simmetrik triggerin sxemi.

7

Emitter təkrarlayıcılarının istifadəsi, yüklənməni  $T_3$ ,  $T_4$  triodlarının emitterlərinə qoşmaqla təxminən 2 dəfə maksimal tezliyi və əhəmiyyətli dərəcədə yüklənmə qabiliyyətini artırmağa imkan verir.

### **Kollektor gərginliyi fiksasiya olunmuş triggerlər**

Bağlanılan tranzistorların kollektorlarının  $t_{f2}$  sərhədinin dəyişmə gərginliyinin davamətmə müddətini azaltmaq üçün tranzistorun  $|E_f| < |E_k|$  səviyyəsində  $D_1$  və  $D_2$  diodlarının köməyilə onun kollektorunun potensialının fiksasiyasını tətbiq edirlər.

$$t_{f_2} = R_k C \ln \frac{E_k}{E_k - E_f}.$$

Məsələn,  $E_f = 0,6 E_k$  halında  $t_{f2}$  sərhədinin davamətməsi təxminən 3 dəfə azalır və cəld işləmə artır. Çıxış gərginliyinin amplitudu

$$U_m = E_f$$

olur.



**Misal .** Ardıcıl cıxış verilənləri üçün doymuş triggerin sxeminin elementlərinin hesabətını aparmaq : maksimal dəyişmə tezliyi  $f_{\max} = 250 \text{ kHs}$  ( $t_{\min} = 4 \text{ mksan}$ ); Çıxış gərginliyinin amplitudu  $U_m > 8 \text{ V}$ ; temperatur dəyişməsi diapazonu ( $- 40^\circ\text{C} ; + 60^\circ\text{C}$ ) ; qida mənbələrinin gərginliklərinin amplitud rəqsləri  $\delta E = \pm 10\%$  ; müqavimətlərin paylanması  $\delta R = \pm 10\%$ . Triggerlərin tranzistorların bazasına bölünmüş halda qoşulmaları, amplitudası  $U_m = 8 \text{ V}$  olan müsbət dəyişmə gərginlikləri və qida mənbələrindən cıxan  $R_i = 500 \text{ Om}$  olan çıxış müqavimətləri hesabına yerinə yetirilir.

1. Tranzistorların tipini seçək. Bu halda mümkün kollektor gərginliyinə  $U_{ke} \geq U_m = 8 \text{ V}$  və triggerin verilmiş sürətinə istinad etmək lazımdır. Tranzistorun sərhəd tezliyi

$$f_a \geq \frac{f_{\max}}{0,4} = \frac{250 * 10^3}{0,4} = 625 \text{ kHs}$$

Aşağıda göstərilən parametrləri olan alçaq tezlikli MP20B tipli tranzistor seçirik:  $f_a = 1,5 \text{ mHs}$ ,  $\beta = 80 \div 200$ ,  $I_{k0} = 50 \text{ mA}$ , ( $t = +20^\circ \text{ C} - də$ )  $I_{k0} = 300 \text{ mA}$ , ( $t = + 60^\circ \text{ C} - də$ )  $U_{ke} = 20 \text{ V}$ , yol verilən kollektor gərginliyi kommutasiya rejimində  $I_k = 300 \text{ mA}$ , tutumu isə  $C_k = 30 \text{ pF}$ .

2. Kollektor gərginliyini təyin edirik:

$$E_k = 1,2 U_m = 1,2 * 8 = 9,6 \text{ V}$$

9

$E_k \approx 10 \text{ V}$ .

3. Baza gərginliyini təyin edirik:

$$E_b = 0,2 E_k = 0,2 * 10 = 2 V$$

4.  $R_k$  müqavimətini təyin edirik:

$$R_k > \frac{E_k}{I_k} = \frac{10}{300} * 10^{-3} = 33 Om ;$$

$$R_k \ll \frac{E_k}{I_{k_0}} = \frac{10}{300} * 10^{-6} = 33 kOm ;$$

$$R_k \dot{=} \frac{\tau_\beta}{C_k(1+\beta)} \approx \frac{1}{2\pi f_a C_k} = \frac{1}{6,28 \dot{=} 10^6 * 30 * 10^{-12}} = 5,4 kOm$$

3.  $R_k = 1 kOm$  seçək.

Burada və növbəti hesabatlarda da  $f_a$  qiymətini sərhəd tezliyinin orta qiyiməti kimi [13, 39] qəbul edirik. Aktiv rejimdə sərhəd tezliyi  $f_a = 1,5 mHs$  olan MP20B tranzistorları üçün açar rejimində  $f_a = 1 mHs$  qəbul etmək olar.

5.  $R_1$  və  $R_2$  rezistorlarının qiymətlərini tapaq:

$$R_2 \leq \frac{(1 - \delta R - \delta E) E b}{I_{k_0 \max}} = \frac{0,8 * 2}{300 * 10^{-6}} = 5,3 \text{ kOm}$$

$R_2$  - nin nominal qiyməti kimi  $R_2 = 5,1 \text{ kOm}$  qəbul edirik.

$$R_1 = (1 - 2\delta R) R_k \left( \frac{\beta_{\min}}{s + \frac{\beta_{\min}}{1 - 2\delta E} \frac{E_b R_k}{E_k R_2}} - 1 \right) = 0,8 * 10^3 * \left( \frac{80}{1,2 + 100 * 0,2 * 0,196} - 1 \right) = 11,6$$

kOm.

$R_1$  üçün nominal qiymət kimi  $R_1 = 11 \text{ kOm}$  qəbul edirik.

Doyma əmsalı  $s = 1,2$  olur.

6. Sürətləndirən tutumun qiymətini hesablayırıq:

$$C = \frac{0,3}{f_a R_k} = \frac{0,3}{10^6 * 10^3} = 300 \text{ pF}$$

Tutum üçün nominal qiymət kimi  $C = 330 \text{ pF}$  qəbul edirik.

11

7. Çıxış gərginliyinin amplitud qiymətini hesablayaq:

$$U_m = \frac{(E_k - I_{k_0 \max} R_k) * R_1}{R_1 + R_k} = (10 - 10^3 * 0,3 * 10^{-3}) * 0,92 = 8,9 \text{ V}$$

8. Trigger üçün qida mənbəyindən tələb olunan güc  $P = 109 \text{ mVt}$  – dir/

9. Sxemdəki kondensatorun tutumunu hesablayaq:

$$C_p = \frac{s_{max} \dot{I}_{knominal} \tau_\alpha}{0,63 U_{max}} = \frac{3,25 * 10 * 10^{-3} * 0,16 * 10^{-6}}{0,63 * 8} = 1000 \text{ pF}$$

Burada 
$$s_{max} = \frac{s \beta_{max}}{\beta_{min}} = \frac{1,2 * 200}{80} = 3,25$$

$$\tau_a = \frac{1}{2 \pi f_a} = \frac{1}{6,28} * 10^6 = 0,16 \text{ mksan};$$

$$\dot{I}_{knominal} = \frac{E_k}{R_k} = \frac{10}{10^3} = 10 \text{ mA}$$

10. Kommutasiya edən  $D_1$  və  $D_2$  diodlarını seçirik. Onların kommutasiya müddəti zaman intervallar cəmi  $t_{sovurma} + t_{söndürmə}$  - dən kifayət qədər az və düz dinamik  $R_d$  müqaviməti zəif olmalıdır. Kommutasiya edən diodlar kimi D9B tipini seçirik. Onların diod müqavimətləri diodun  $\dot{I}_d = 5 \div 10 \text{ mA}$  cərəyan şiddəti halında  $R_d = 60 \div 80$ .

12

11. Həlledici zaman müddətini təyin edirik:

$$t_{min} = t_{sov} + t_{sön} + t_{f_2} = C_{boş} (R_i + R_d + r_{gir}) + 5,5 \tau_\alpha = 1000 * 10^{-12} (500 + 80 + 300) + 5,5 * 0,16 * 10^{-6} = 1,76 \text{ mksan} < 4 \text{ ns}$$

Triggerin işə salınması ilə tranzistorun giriş gərginliyi dəyişir. Giriş gərginliyinin orta qiymətini  $r_{gir} = 300 \text{ Om}$  qəbul edirik.

Giriş dəyişmə gərginliyinin  $t_{i\text{ gir}} t_{\text{sov}} + t_{\text{sön}}$  cəmindən böyük olmamalıdır. ( $t_{i\text{ gir}} < 0,88 \text{ mksan}$  )

12. E gərginliyi üçün qiymət veririk. E gərginliyi doymuş tranzistorun bazasının  $U_{b\text{ nominal}}$  gərginliyindən böyük olmalıdır, çünki əks halda diod açıq olacaq və bu da baza gərginliyinin və tranzistorun doyma dərəcəsinə gətirib çıxardacaq.  $U_{b\text{ nominal}} = 0,3 \text{ V}$  olduğundan  $E = 0,5 \text{ V}$  seçirik.

13.  $C_{\text{boş}}$  kondensatorunun boşalma müddətini təyin edirik. Verilmiş halda R müqavimətləri əvəzində diodlardan istifadə etmək daha məqsədəuyğundur. Çünki, bu başlanğıc siqnalların intervalları arasında  $C_{\text{boş}}$  kondensatorunun boşalma prosesinin sürətini artıracaq. Bundan əlavə, gərginliyin müsbət dərəcədə dəyişməsi zamanı giriş siqnal impulsları generatoru nisbətən az yüklənir, belə ki, diodlar bağlı olacaqlar. Burada da diodları kommutasiya edən diodlar (D9B) seçmək lazımdır. Beləliklə  $C_{\text{boş}}$  kondensatorunun boşalma müddətini aşağıdakı kimi yaza bilərik:

$$t_{\text{boş}} = 3 C_{\text{boş}} (R_i + R_d) = 3 * 1000 * 10^{-12} (500 + 300) = 2,4 \text{ mksan}.$$

13

## Ədəbiyyat:

1) М.И. Клочков – Расчет Элементов и Моделирование Схем Энергетической и Информационной Электроники

2) Филанович Антон Николаевич и Ивлиев Андрей Дмитриевич :  
Изучение Принципов Работы Триггеров и Мультивибратора

3) Л.Н.Бочаров. С.К.Жебряков, И.Р.Калашников «Расчёт  
электронных устройств на транзисторах». М., «Энергия», 1978