

Лекція 20

Тригера на двох транзисторах та операційних підсилювачах

Мета лекції: вивчити різновид тригерів на двох транзисторах, навчитись розпізнавати їх відносно інших.

План лекції:

1. Вступ
2. Тригер на двох транзисторах
3. Тригер Шмітта(тригер на операційних підсилювачах)
4. Контрольно – навчальний тест до лекції 20.

20.1. Вступ

Тригер (англ. trigger), спусковий пристрій (спускова схема), який може як завгодно довго перебувати в одному із двох (рідше багатьох) станів стійкої рівноваги й стрибкоподібно перемикатися з одного стану в інше під дією зовнішнього сигналу. Тригер має два виходи: основний й інверсний. Кожному стану тригера відповідають певні сигнали на його виходах, що відрізняються своїм рівнем. В одному стані на основному виході тригера формується сигнал високого рівня, а на інверсному - низького; в іншому стані, навпаки, сигнали високого й низького рівнів формуються відповідно на інверсному й основному виходах. Тригера характеризуються наступними найважливішими параметрами: швидкодією, часом спрацьовування, рівнями вхідних і вихідних сигналів. Швидкодія тригера визначається як максимальне можливе число перемикань в одиницю часу. Час спрацьовування визначається часом переходу тригера з одного стану в інше й характеризує затримку вихідного сигналу тригера щодо вхідного. Під рівнем вхідного сигналу розуміють мінімальне значення сигналу, необхідне для перемикання тригера. Рівень вихідного сигналу в більшості тригерів не нижче рівнів вхідного сигналу, чим забезпечується можливість їхнього послідовного з'єднання без проміжного посилення. Найбільше поширення одержали електронні тригера, виконані на електронних лампах, газорозрядних приладах, напівпровідникових діодах, транзисторах різних типів й особливо на інтегральних мікросхемах; іноді застосовуються також тригера на магнітних елементах, елементах пневмо- і гідроавтоматики й ін. По характері вхідних сигналів розрізняють тригера з потенційними входами (прямим й інверсним) і динамічними входами (також прямим й інверсним). Тригера з потенційними входами реагують на сигнал високого рівня на прямому вході й низькому рівні на інверсному вході. Тригера з динамічними входами реагують на перепади (зміни рівня) вхідних сигналів: позитивний на прямому вході й негативний на інверсному. Найбільше часто застосовують: тригера з рахунковим входом (*T-тригер*), що змінює свій стан на протилежне з кожним вхідним сигналом; тригера із двома настановними входами (*R — S-тригер*), що змінює свій стан тільки при впливі керуючого сигналу на певний вхід (*R-або S-вхід*), причому повторний вплив сигналу на той же вхід тригера не змінює його стани; універсальний тригер (*J — K-тригер*), що володіє властивостями *T-тригера* й *R — S-тригера*; тригер затримки (*D-тригер*), стан якого й відповідний йому вихідний сигнал повторюють вхідний сигнал. Крім тригерів цих типів, застосовують комбіновані тригера, що представляють собою універсальні багатофункціональні пристрої з більшим числом входів. Зазначені вище тригера відносять до симетричного; застосовують також несиметричні тригера (*T. Шмитта*). Несиметричний тригер переходить із одного стану в інший по досягненні вхідним сигналом одного рівня (порога спрацьовування), а у вихідний стан повертається при зменшенні вхідного сигналу до якогось ін. рівня.

Застосування:

- для отримання імпульсної і синусоїдної напруги;
- для відновлення форми імпульсу;
- для отримання перепаду напруги із коротких імпульсів різної полярності;
- для порівняння двох напруг;
- для ділення частоти вхідних сигналів (тригер ділить частоту в два рази);
- для зберігання двійкової інформації;

20.2 Тригер на двох транзисторах

Якщо брати тригера на 2 транзисторах, то розрізняють два види: тригер з роздільними входами(статичний) і тригер з рахунковим входом(динамічний).

Тригер з роздільними входами

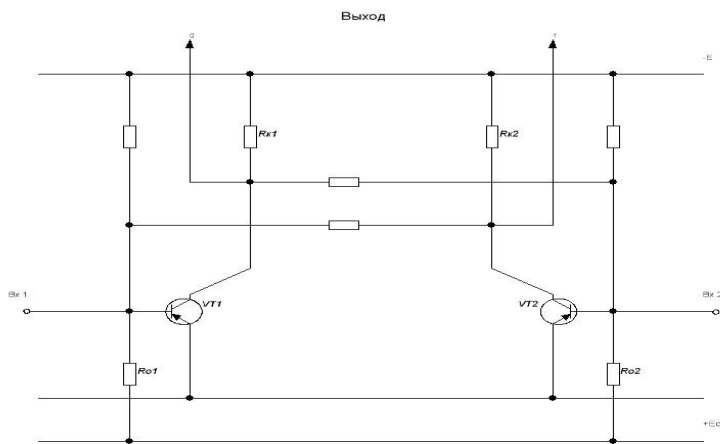


рис.20.1. Тригер з двома роздільними входами.

Принцип дії тригера на схемі зазначеної на рис. 20.1 широко відомий. Тригер має два роздільних входи V_{x1} і V_{x2} й два виходи, позначені 0 й 1 . Припустимо, що тригер перебуває в такому стані, коли на виході 0 , має місце позитивний потенціал(потенціал близький до 0 – транзистор VT_1 відкритий), а на виході, позначеному 1 , - негативний потенціал(транзистор VT_2 закритий).

Для того, щоб тригер зайняв протилежний стан, або, як говорять, перекинувся, необхідно: або на V_{x1} подати позитивний потенціал, хоча б короткочасно закриваючий VT_1 , або на V_{x2} подати негативний потенціал, хоча б короткочасно відкриваючий VT_2 .

Функції керуючих сигналів у тригері обмежуються приведенням у дію внутрішніх зворотних зв'язків тригерної схеми, що забезпечує подальше лавиноподібна зміна струмів і напруг у ланцюгах схеми й, як наслідок, - перекидання тригера.

У цьому випадку, коли тригер перебуває в такому стані, коли VT_2 відкритий, а VT_1 закритий, перекидання тригера знов-таки може бути отримано двома шляхами: або подачею позитивного керуючого сигналу на Вх. 2, або негативного на Вх. 1.

Умовна позначка тригера в схемах наведена на рис.20.2

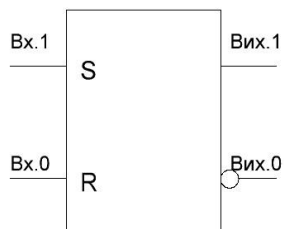


рис.20.2

Будемо вважати, що тригер перебуває в стані 1, якщо на його Вых.1 має місце високий потенціал. Вплив по Вх.1 переводить тригер у стан 1, тобто таке, коли на Вых.1 має місце високий, а

на Вых.0 низький потенціали.

Вплив по Вх.0 приводить тригер у стан 0, тобто в такий стан, коли на Вых.0 має місце високий потенціал, а на Вых.1 - низький.

Помітимо, що Вх.0 і Вх.1 на умовній схемі не можна ототожнювати із входами Вх.1 і Вх.2 на принциповій схемі: як було показано, у стані 0, наприклад, може перевести тригер як вплив сигналу на Вх.1, так і вплив інверсного сигналу на Вх.2

Тригер з рахунковим входом(ТСЧ)

ТСЧ є основним осередком для багатьох функціональних схем телемеханічних пристроїв, таких, наприклад, як двійкові лічильники, регістри зрушення, розподільники імпульсів і ф. Схема ТСЧ, що входить до складу системи елементів «Спектр», представлена на рис.20.3.

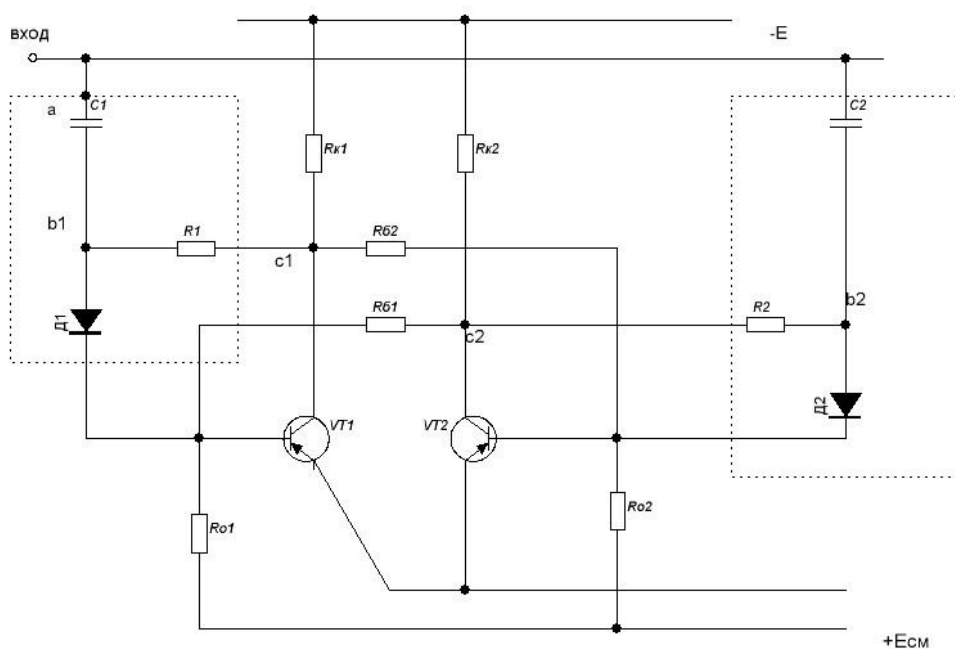


рис.20.3 Тригер з лічбовим входом. Принципова схема

Імпульси, що управляють роботою ТСЧ, подаються на об'єднаний керуючий вхід двох СДР-цепочек, що диференціюють δ_1 й δ_2 .

Зміна стану ТСЧ відбувається при спрацьовуванні ланцюжків δ_1 й δ_2 , тобто тоді, коли на їхніх виходах утворюються позитивні імпульси.

Покладемо, що у вихідному стані вхідний сигнал негативний ($\varphi_a = -E$), а тригер перебуває в такому стані, що його транзистор VT_1 відкритий, а VT_2 – закритий (мал. 4). У цьому стані ланцюжок δ_1 підготовлена до спрацьовування (конденсатор C_1 заряджений негативно), а ланцюжок δ_2 не підготовлена, тому що конденсатор C_2 виряджений ($\varphi_a = -E$ и $\varphi_{b2} = -E$, тобто $u_{c2} = \varphi_a - \varphi_{b2} = 0$).

При зміні потенціалу на вході в момент t_1 с негативного до 0 верхня обкладка C_1 збільшення потенціалу $+E$, отже, і потенціал нижньої обкладки повинен збільшиться на цю ж величину. Це приведе до появи в точці b_1 позитивного потенціалу $+E_1$, що замикає VT_1 , що в свою чергу через базовий резистор R_{b2} приведе до відкриття VT_2 . При закритті VT_1 потенціал нижньої обкладки конденсатора C_1 спрямовується до $-E$, тобто напруга на ньому: $u_{c1} = \varphi_a - \varphi_{b1}$ прагне до $+E$. Конденсатор C_2 продовжує залишатися вирядженим, тому що різниця потенціалів його обкладок знову виявляється рівної нулю ($\varphi_a = 0$ і $\varphi_{b2} = 0$).

З появою негативного потенціалу на вході (момент t_2) верхня обкладка C_1 одержить зміну потенціалу на $-I$. Отже, потенціал крапки b_1 опуститься стрибком до $-2E$, тому що до зміни вхідного сигналу потенціал φ_{b1} уже був дорівнює $-E$. Конденсатор C_2 зарядиться негативною напругою, тобто ланцюжок δ_2 підготується до спрацьовування. Потенціал φ_{b2} упаде стрибком до $-I$, тому що на верхній обкладці конденсатора C_2 потенціал упав до $-I$, а потенціал нижньої обкладки був дорівнює 0. На такті t_2 жодна з δ -ланцюжків не спрацювали й транзистори ТСЧ залишаться в колишньому стані.

З появою чергового позитивного перепаду на вході (момент t_3) потенціал φ_{b2} стає позитивним, VT_2 заціпається, а VT_1 відкривається, потенціал φ_{b1} упаде до нуля й т.д.

Таким чином, δ -ланцюжка поперемінно спрацьовують, здійснюючи керування тригером, причому спрацьовування ланцюжків на позитивних перепадах вхідних сигналів (моменти t_1 , t_3 і т.д.), а підготовка на негативні (моменти t_2 , t_4 і т.д.).

З діаграми видно, що ТСЧ спрацьовує як би «через раз» стосовно зміни вхідного сигналу, тобто здійснює розподіл часті вхідних імпульсів навпіл.

На рис.20.5 и рис.20.6 представлені функціонально логічна схема й умовна позначка тригера з рахунковим входом, а також тимчасова діаграма його роботи.

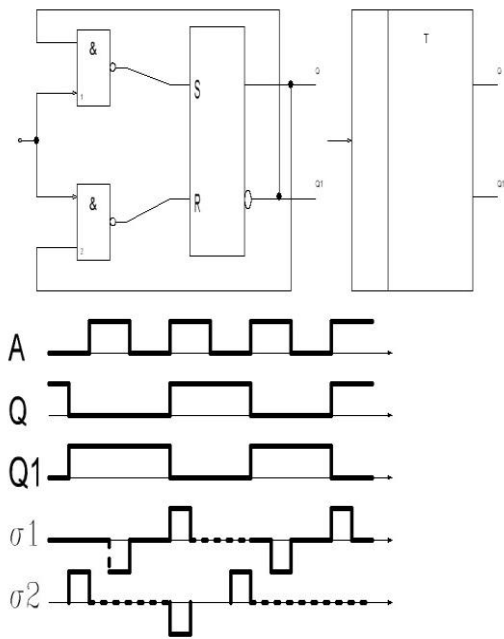


рис.20.5 функціональна логічна схема, тимчасова діаграма, умовне позначення

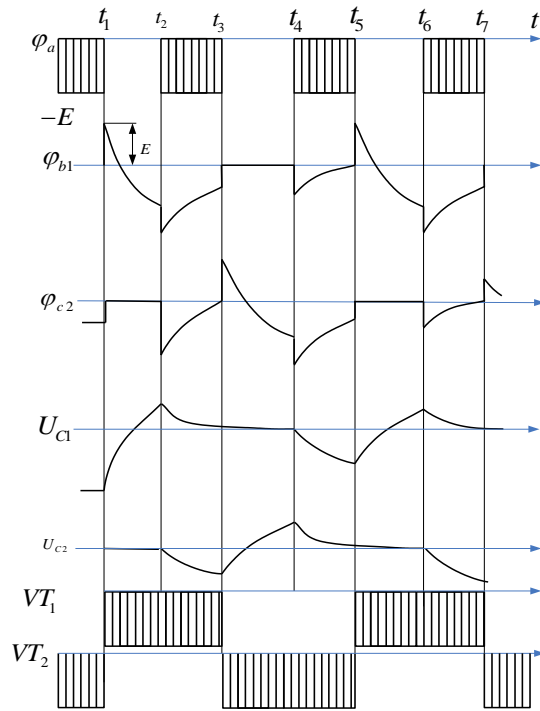


рис.20.6 епюра напруги ТСЧ

20.3 Тригер Шмітта

Тригер Шмітта - це специфічний вид тригера, що має один вхід й один вихід. Такий тригер ще називають несиметричним. У тригері Шмітта перехід з одного стійкого стану в інше здійснюється при певних рівнях вхідної напруги, названих граничними рівнями.

Узагальнена схема двухстабільного граничного пристрою (тригера Шмітта, далі ТШ) показана на рис.20.7. Для одержання триггерної характеристики в даній схемі необхідно, щоб коефіцієнт передачі по ланцюзі ПОС $\beta_{\text{п}}$ був більше коефіцієнта передачі по ланцюзі ООС $\beta_{\text{про}}$, тобто $\beta_{\text{п}} > \beta_{\text{про}}$, де $\beta_{\text{про}} = R_3 / (R_3 + R_4)$; $\beta_{\text{п}} = R_1 / (R_1 + R_2)$.

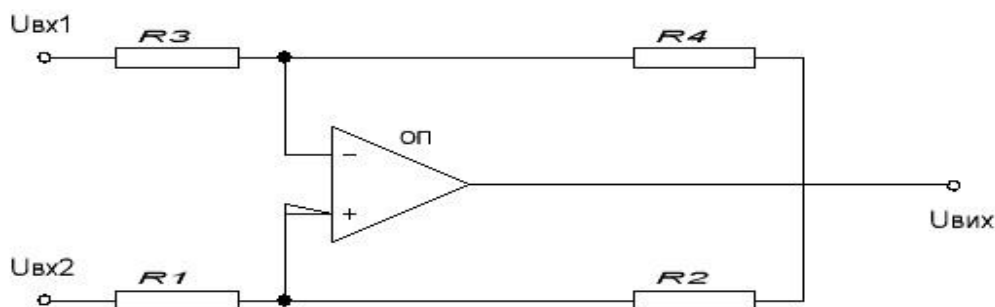


рис.20.7 Тригер з двома входами

Пороги перемикавання можна записати в наступному виді:

$$\text{По входу 1 } U_{\text{вх1}}^{\pm} = U_{\text{вх2}}^{\pm} * (\beta_{\text{про}} + \beta_{\text{п}}) / (1 - \beta_{\text{о}}) + U_{\text{вх2}}^{\pm} * (1 - \beta_{\text{п}}) / (1 - \beta_{\text{о}}), \quad (20.1)$$

$$\text{По входу 2 } U_{\text{вх2}}^{\pm} = -U_{\text{вх1}}^{\pm} * (\beta_{\text{про}} + \beta_{\text{п}}) / (1 - \beta_{\text{п}}) + U_{\text{вх1}}^{\pm} * (1 - \beta_{\text{о}}) / (1 - \beta_{\text{п}}) \quad (20.2)$$

Якщо в схемі відсутній резистор R_4 , то:

$$\text{По входу 1 } U_{\text{вх1}}^{\pm} = U_{\text{вх2}}^{\pm} * \beta_{\text{п}} + U_{\text{вх2}}^{\pm} * (1 - \beta_{\text{п}}), \quad (20.3)$$

$$\text{По входу 2 } U_{\text{вх2}}^{\pm} = -U_{\text{вх1}}^{\pm} * \beta_{\text{п}} / (1 - \beta_{\text{п}}) + U_{\text{вх1}}^{\pm} * (1 - \beta_{\text{п}}). \quad (20.4)$$

На малюнку 20.8. показані схеми тригерів, що відрізняються порогами й напрямками перемикавання в гістерезисній петлі мал. 20.9 відповідно.

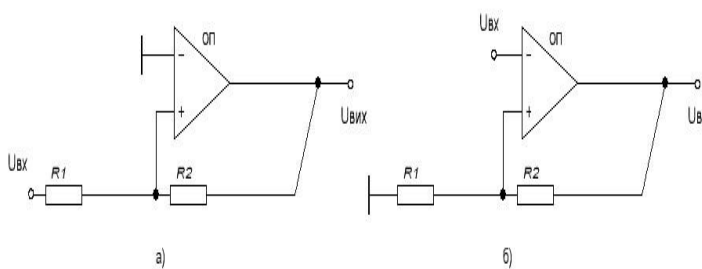


рис.20.8

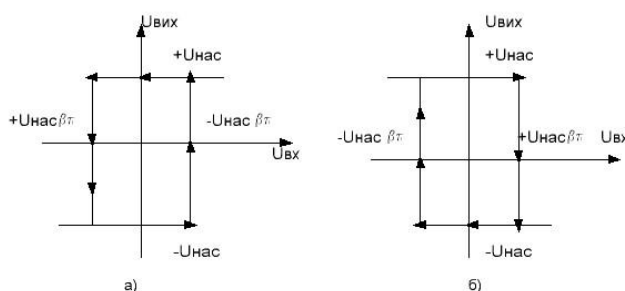


рис.20.9

Для схеми 20.8.а пороги перемикавання визначаються по формулі:

$$U_{\text{вх}}^{\pm} = U_{\text{вх}}^{\pm} * \beta_{\text{п}} = U_{\text{вх}}^{\pm} * R_1 / (R_1 + R_2); \quad (20.5)$$

$$\text{А для 20.8.б маємо: } U_{\text{вх}}^{\pm} = -U_{\text{вх}}^{\pm} * R_1 / R_2. \quad (20.6)$$

Оскільки пороги перемикавання в розглянутих схемах залежать від напруг насичення ОУ, то для їхньої стабілізації необхідно на виході ОУ включити двухполярний прецизійний обмежник вихідної напруги.

На рис.20.10 показана схема прецизійного ТШ, у якому пороги перемикавання залежать від опорних напруг E_1, E_2 .

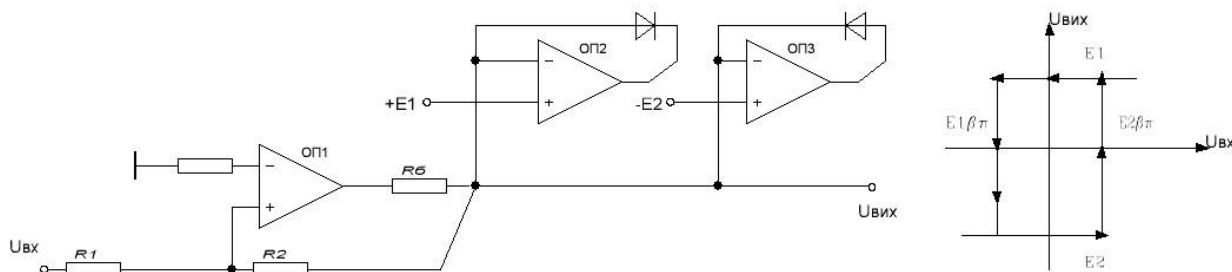


рис.20.10. Прецизійний тригер Шмітта. Принципова схема та амплітудна хар-ка.

Для даної схеми пороги перемикавання визначаються вираженнями:

$$U_{\text{вх}}^{-} = E_2 * \beta_{\text{п}} \text{ й } U_{\text{вх}}^{+} = E_1 * \beta_{\text{п}}, \text{ де } \beta_{\text{п}} = R_1 / (R_1 + R_2). \quad (20.7)$$

При розрахунку погрішностей граничних пристроїв необхідно пам'ятати, що вихідні струми ОП в режимі насичення істотно відрізняються від значень, даних у технічних умовах на ОП. Як правило, вхідний струм одного із входів різко зменшується, а іншого - різко зростає.

20.4 Контрольно-навчальний тест:

1. Кількість стійких станів у тригера? 1 – 2
2 – 1
3 – 4
4 – жодного
2. Різновид тригера Шмітта? 1 – JK-тригер
2 – гістерезисний
3 – прецензійний
3. Чим характеризується тригер Шмітта? 1 – напругою
2 – гістерезисом
3 – часом стійкого стану
4. Чи застосовуються діоди в тригерах на двох транзисторах? 1 – інколи
2 – ні
3 – завжди
5. Кількість інформації, яку здатен зберігати тригер? 1 – 2 біти
2 – 4 біти
3 – 1 біт
4 – 8(1 байт)
6. У скільки разів тригер ділить частоту вхідного сигналу? 1 – 4
2 – 2
3 – залежить від кількості бітів
4 – в залежності від тригера

