

## Лекція 17

### ТТЛШ. Розширення функціональних можливостей ТТЛ і ТТЛШ

**Мета лекції:** Вивчити принцип дії та особливості основних серій елементів ТТЛШ. Розглянути Розширення функціональних можливостей ТТЛ і ТТЛШ

#### **План лекції:**

- 17.1 Принцип роботи транзисторів Шотки.
- 17.2 Елементи ТТЛШ серії К530, К531.
- 17.3 Елементи ТТЛШ серії К533, К535.
- 17.4 Елементи ТТЛШ серії КР1531, КР1533.
- 17.5 Елементи ТТЛ та ТТЛШ з відкритим колекторним виходом і трьома станами.
- 17.6 Порівняльний аналіз параметрів елементів ТТЛ та ТТЛШ.
- 17.7 Контрольно-навчальний тест до лекції 17

### 17.1 Принцип роботи транзисторів Шотки.

Елементи ТТЛШ порівняно з ТТЛ мають вищу швидкодюю і меншу споживану потужність, що досягається застосуванням діодів Шотки.

Принцип роботи діода Шотки заснований на використанні потенційного бар'єра, що утворюється в приконтактній області між металом і напівпровідником. У діодах Шотки немає накопичення надлишкових зарядів, оскільки струм визначається переходом основних носіїв з напівпровідника в метал. Час перемикання діодів Шотки дуже малий (до 0,1 нс) і не залежить від температури. Порівняно з кремнієвими діодами пряме падіння напруги в діодах Шотки вдвічі менше (біля 0,3-0,4 В).

У режимі насичення на колекторі кремнієвого транзистора діє пряма напруга  $U_{KB} = 0,7 \text{ В}$ , внаслідок чого колектор відкривається та інjektує електрони в базу. Це викликає затримку вимикання, обумовлену часом розсмоктування  $t_{роз}$  (рис.17.1, а). При наявності між базою і колектором діода Шотки (рис.17.1, б) колектор при відкриванні транзистора не переходить у режим насичення, оскільки пряма напруга  $U_{KB} = 0,4 \text{ В}$ . Транзистор з діодом Шотки між базою і колектором називають транзистором Шотки (рис.17.1, в).

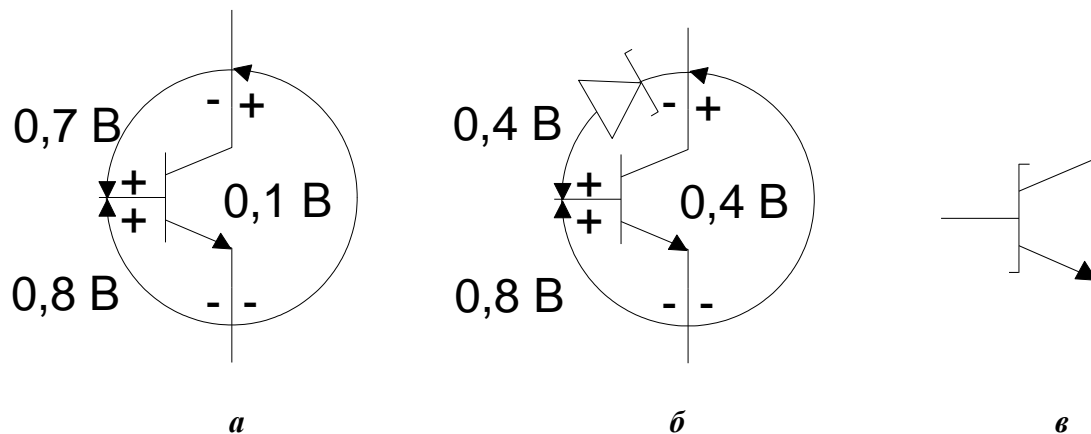


Рис.17.1. Розподіл напруг у відкритому транзисторі:

а - звичайному; б - з діодом Шотки; в - умовне позначення транзистора Шотки

Таким чином, транзистор Шотки не переходить у режим насичення і тим самим виключається затримка вимикання. При цьому швидкодюя збільшується приблизно в 3-5 разів.

### 17.2 Елементи ТТЛШ серії К530, К531.

Схема типового елемента ТТЛШ серії К530 і К531 показана на рис.17.2. Елемент реалізує операцію “І- НЕ” для двох змінних  $X_1$  та  $X_2$ .

Порівняно з елементом ТТЛ із складним інвертором (див. лекцію 16 ) у схему ТТЛШ серії К530 і К531 внесені такі зміни:

- використовують тільки діоди і транзистори Шотки (за винятком транзистора  $VT4$ , що не переходить у режим насичення);
- у фазиінверсний каскад додано корегуючий ланцюжок (транзистор  $VT6$ , резистори  $R3 R4$ ), який зміщує поріг вмикання елемента в бік більших входних напруг, завдяки чому підвищується завадостійкість схеми;
- у вихідний каскад вмонтована схема Дарлінгтона на транзисторах  $VT3$  і  $VT4$ , яка подвоює значення коефіцієнта підсилення базового струму, що забезпечує великі струми у авантаженні та підвищує швидкодію елемента;
- у колекторі транзистора  $VT4$  включений резистор  $R6$ , який обмежує амплітуду "наскрізного" струму від джерела живлення на спільний провід у моменти перемикання вихідних транзисторів; резистор  $R5$  забезпечує проходження оберненого струму  $I_{ко}$  транзистора  $VT4$ .

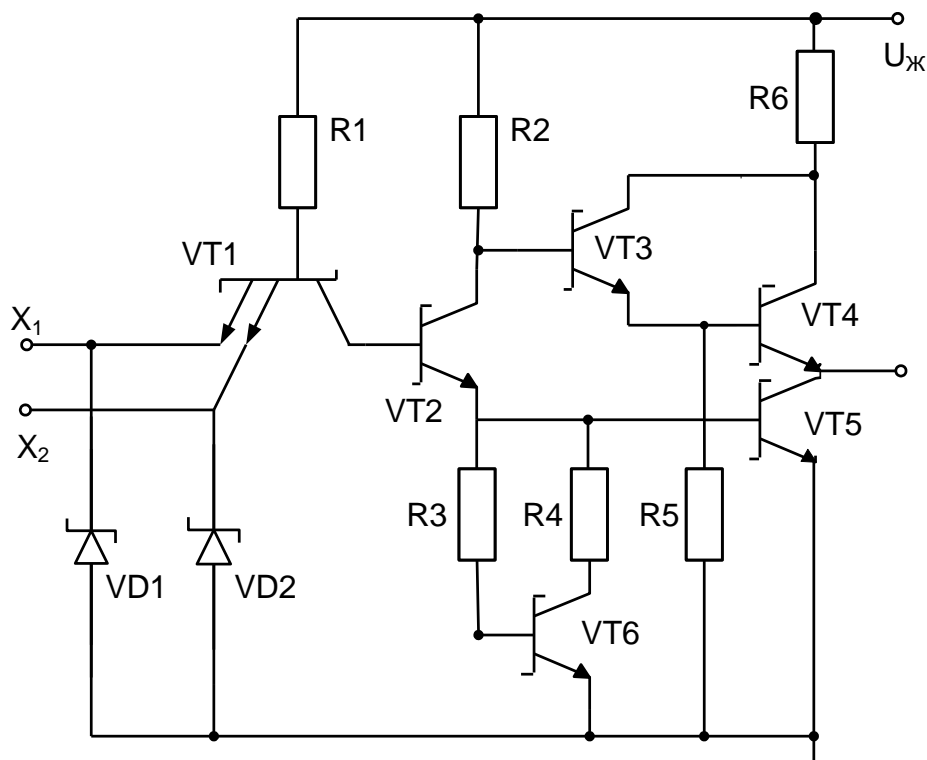


Рис.17.2. Схема елемента ТТЛШ серій К530, К531

Схема працює аналогічно елементу ТТЛ із складним інвертором. При описі роботи елементів ТТЛШ інших серій збережені буквено-цифрові позначення резисторів, діодів і транзисторів, призначення яких описано стосовно до схеми, зображеної на рис.17.2.

### 17.3 Елементи ТТЛШ серій К533, К535.

Схема типового елемента ТТЛШ серій К533 і К535 показана на рис.17.3. Елемент реалізує операцію "І – НЕ" для двох змінних  $X_1$  і  $X_2$ .

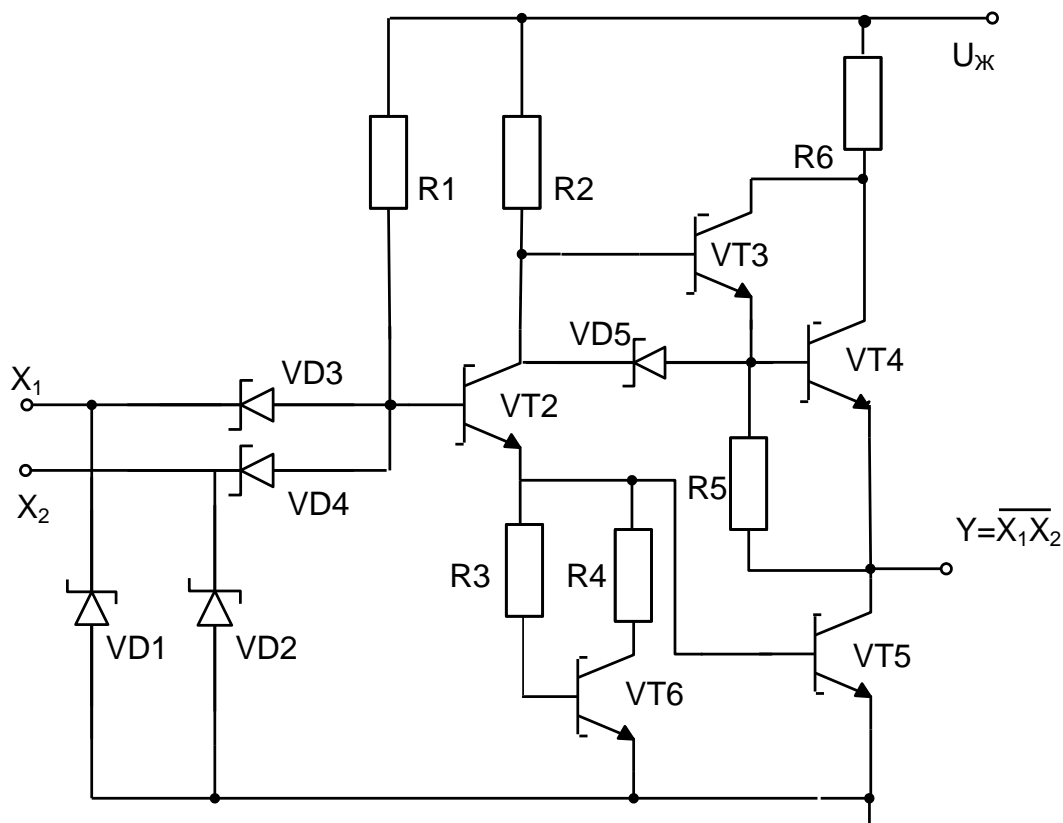


Рис.17.3. Схема елемента ТТЛШ серій К533, К535

У схемі аналізованого елемента не застосовують багатомітерний транзистор (БЕТ). Вхідний каскад утворюється схемою збігу на діодах  $VD3$ ,  $VD4$  і резисторі  $R1$ . Колектор транзистора  $VT2$  додатково сполучений з виходом через діод  $VD5$  і резистор  $R5$ ; це сприяє зменшенню часу перезарядження паразитних ємностей навантаження. При збігу високих рівнів вхідних напруг діоди  $VD3$  і  $VD4$  закриваються і струм від джерела живлення через резистор  $R1$  відкриває транзистор  $VT2$ ; при цьому вмикається також транзистор  $VT5$  і на виході встановлюється низький рівень напруги.

Якщо на один із входів подати низький рівень напруги, то даний діод відкривається і через нього протікає струм, який створюється джерелом живлення через резистор  $R1$ , у цьому випадку транзистори  $VT4$  і  $VT5$  закриті і схема Дарлінгтона встановлює високий рівень вихідної напруги.

### 17.4 Елементи ТТЛШ серій КР1531 і КР1533.

Елементи ТТЛШ нових серій КР1531 (умовна назва FAST) і КР1533 (умовна назва ALS) виготовляють за новітньою технологією "Ізопланар II", яка використовує іонну

імплантацію (точне дозоване впровадження атомів домішки в області напівпровідника), прецизійну фотолітографію, що дозволяє у вісім разів зменшити площу, яку елементи займають у кристалі. Істотно зменшені споживана потужність і робота перемикання, вхідні струми при низьких рівнях вхідних напруг ( $I_{IL} \leq 0,1 \text{ mA}$ ).

Схема типового елемента ТТЛШ серії КР1531 показана на рис.17.4. Елемент реалізує операцію “І – НЕ” для двох змінних  $X_1$  і  $X_2$ .

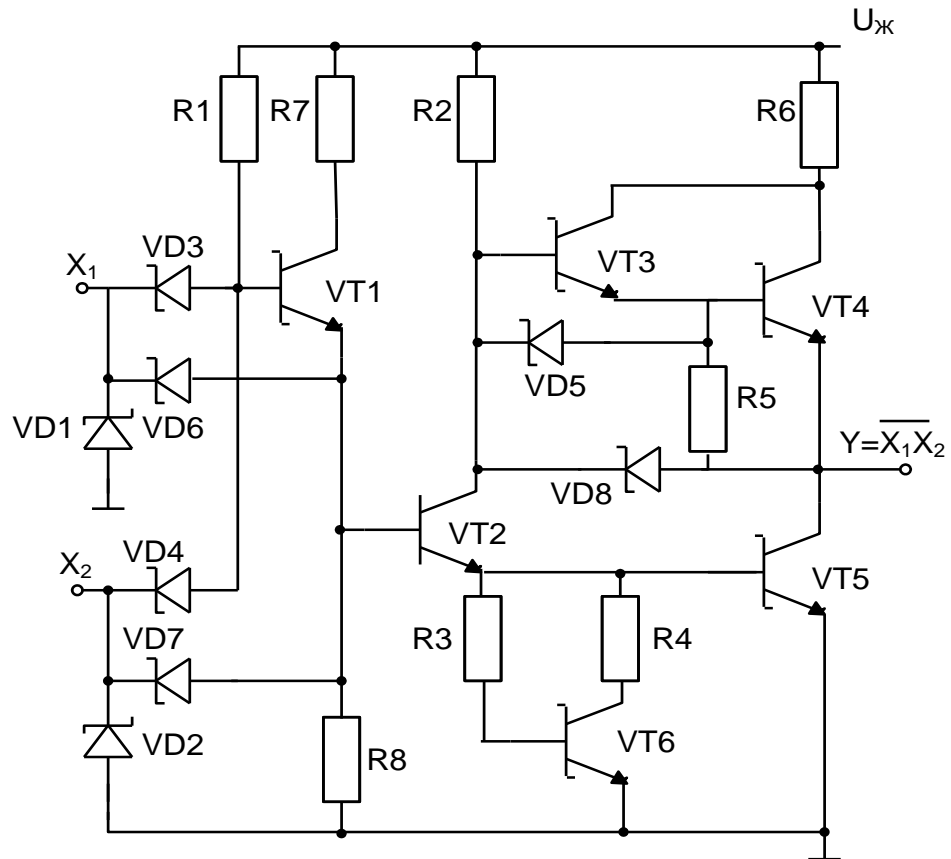


Рис.17.4. Схема елемента ТТЛШ серії КР1531

У розглянутому елементі на виході діодної схеми збігу увімкнений додатковий підсилювач на транзисторі  $VT1$ . При збігу високих вхідних рівнів напруги діоди  $VD3$  і  $VD4$  закриваються, а транзистор  $VT1$  відкривається. Струм його емітера створює на резисторі  $R8$  падіння напруги, яке керує фазоінверсним каскадом. Додаткові діоди  $VD6$ ,  $VD7$  емнісними струмами своїх переходів прискорюють процес перемикання транзистора  $VT1$ .

У елементах серії КР1533 (рис.17.5) як діоди схеми збігу використовують емітерні переходи  $p-n-p$  транзисторів  $VT7$  і  $VT8$ . Переходи закриті при збігу високих рівнів на входах; відкриваються транзистори  $VT1$ ,  $VT2$ ,  $VT5$  і  $VT6$ . Якщо хоч би на один з входів подано низький рівень, то струм, що протікає через резистор  $R1$ , замикається на спільний провід по колу емітер-колектор відкритого  $p-n-p$  транзистора. Внаслідок цього

транзистори  $VT1$ ,  $VT2$ ,  $VT5$  і  $VT6$  закриваються, а  $VT3$ ,  $VT4$  - відкриваються. Застосування на входах  $p-n-p$  транзисторів дозволило порівняно з ТТЛШ серії КР1531 у 20 разів зменшити вхідні струми  $I_{IL}$ , які витікають із входів.

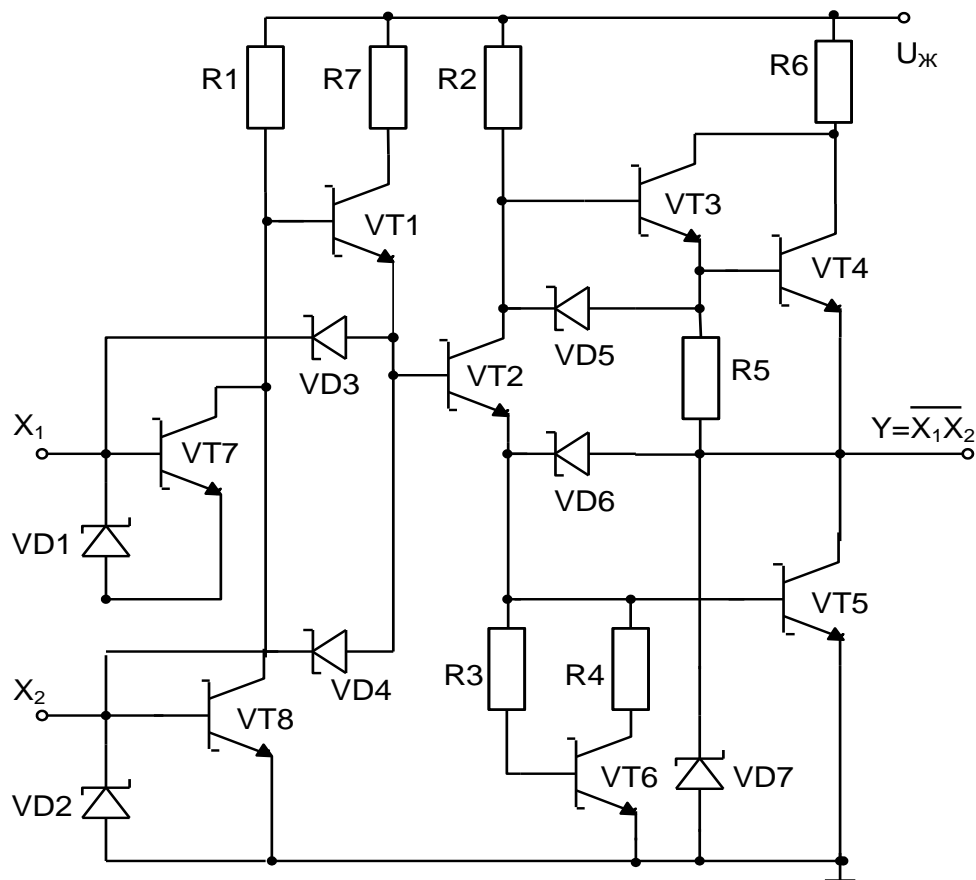


Рис.17.5. Схема елемента ТТЛШ серії КР1533

Застосування схеми збігу на  $p-n-p$  переходах транзисторів дозволило зменшити значення вхідних струмів  $I_{IL}$ .

### 17.5 Елементи ТТЛ і ТТЛШ з відкритим колекторним виходом і трьома станами

Для роботи на нестандартне навантаження, наприклад, лампу розжарювання (ЛР), обмотку реле випускають схеми елементів ТТЛ і ТТЛШ з відкритим колектором (рис.17.6,а). При збігу високих рівнів на входах транзистор  $VT3$  відкривається і ЛР світиться. Якщо хоча б на одному з входів буде низький рівень напруги, транзистор  $VT3$  розмикається і ЛР гасне.

Якщо виходи декількох елементів із відкритим колектором підключаються до джерела живлення через загальний колекторний резистор, то така схема реалізує функцію НІ-І-АБО (рис.17.6, в).

У схемах елементів ТТЛ і ТТЛШ з'єднання виходів декількох елементів для уникнення протікання високого струму від виходу з високим рівнем  $U_{OH}$  на вихід з низьким рівнем  $U_{OL}$  неприпустиме, оскільки може призвести до виходу з ладу

мікросхеми. При необхідності такого прямого з'єднання виходів (засіб "монтажне АБО") використовують елементи з трьома станами. Два стани виходів - це звичайна видача значень лог. 0 і лог. 1.

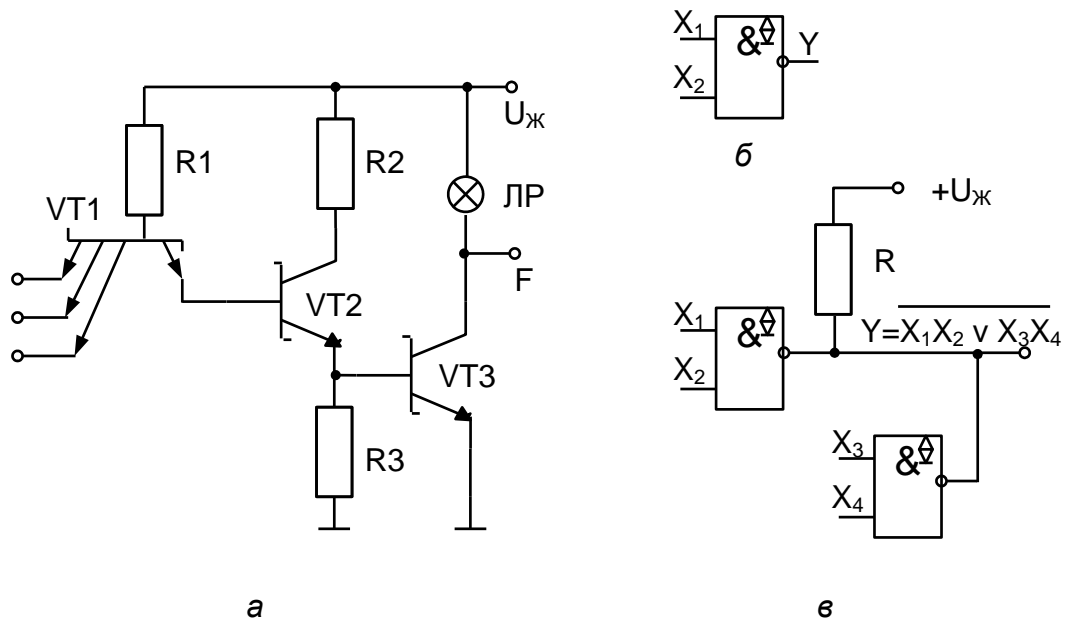


Рис.17.6. Елемент ТТЛШ з відкритим колектором:

*а* - схема; *б* - умовне позначення; *в* - підключення до загального навантаження

Третій стан характеризується нескінченно високим вихідним опором, коли елемент практично цілком відключається від навантаження, тобто не споживає і не видає струму. Це досягається рядом схемних рішень, у тому числі й найпростішим, показаним на рис.17.7, а. У цьому випадку, коли діод *VD1* підключено до емітера і колектора транзисторів *VT1* і *VT2*, а на катод діода подається керуючий сигнал *Z* з високим рівнем напруги (лог. 1), то схема працює як елемент "І - НЕ".

Якщо керуючий сигнал *Z* представлений низьким рівнем напруги (лог. 0), то БЕТ і колектор транзистора *VT2* (а відповідно і база транзистора *VT3*) підключаються через відкритий діод *VD1* до шини землі. У цьому випадку всі транзистори закриті й елемент переходить у третій стан (*Z* - стан). При об'єднанні виходів елементів ТТЛ з трьома станами (рис.17.7, в) керуючі сигнали  $Z_1$ ,  $Z_2$  і  $Z_3$  мають подаватися тільки по чергову. У серіях мікросхем часто керуючий сигнал є інверсним.

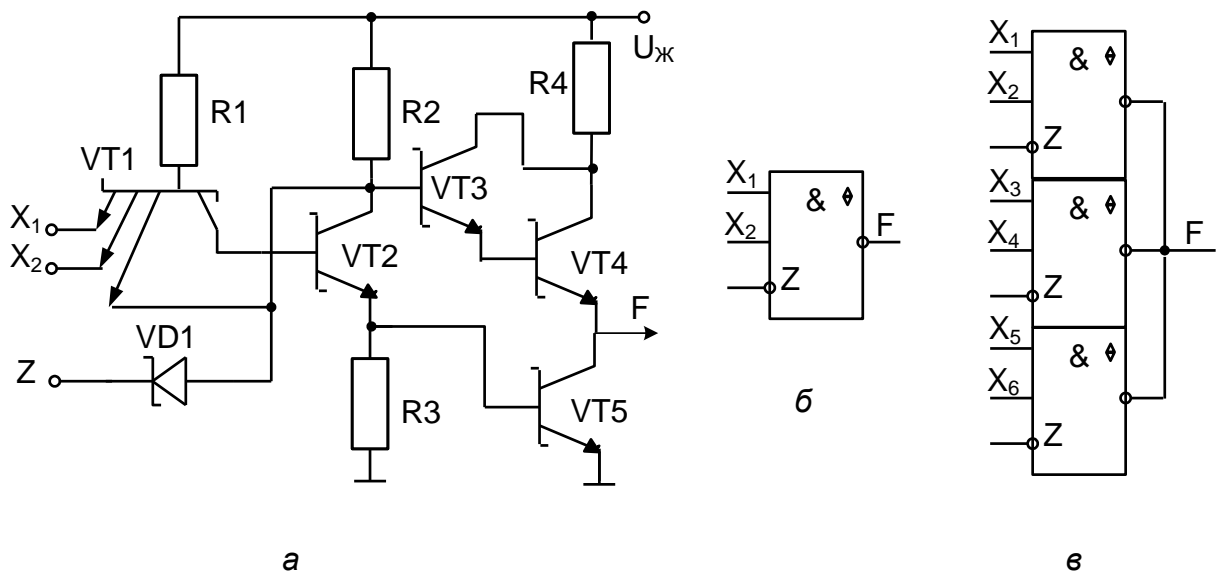


Рис.17.7. Елемент ТТЛ з трьома станами:

а - схема; б - умовне позначення; в - підключення до загального навантаження

Для елементів з трьома станами введені такі часові параметри для задання затримок поширення:

- $t_{0Z}$  і  $t_{1Z}$  - тривалість затримки при переході зі "нульового" і "єдиничного" станів у стан "вимкнено" відповідно;
- $t_{Z0}$  і  $t_{Z1}$  - тривалість затримки при переході зі стану "вимкнено" у "нульовий" і "єдиничний" стани відповідно.

### 17.6 Порівняльний аналіз параметрів елементів ТТЛ і ТТЛШ

Серії мікросхем ТТЛ і ТТЛШ вміщують широкий функціональний набір логічних елементів, тригерів, вузлів (реєстри, лічильники, суматори і т. ін.). Наявність готових вузлів у серіях дозволяє зменшувати число корпусів мікросхем і одержувати значний вигрaш в об'ємі апаратури.

Серії елементів ТТЛ і ТТЛШ мають функціональну і технічну повноту, працюють від джерела напруги плюс 5 В, сумісні за рівнями логічних сигналів, а частина - і за розведенням виводів корпусу мікросхеми. Рівні напруги лог. 0 і лог. 1 при позитивному кодуванні становлять: для елементів ТТЛ -  $U_L < 0,4$  В;  $U_H > 2,4$  В; для елементів ТТЛШ -  $U_L < 0,5$  В;  $U_H > 2,7$  В.

У елементах ТТЛ і ТТЛШ вдало поєднуються схемотехнічні, технологічні й конструктивні якості:

- високий рівень схемно-технологічного відпрацювання, що забезпечує високий відсоток виходу придатних мікросхем і низьку вартість виготовлення;
- порівняно високі швидкодія і заводостійкість;



- висока навантажувальна здатність  $N_0=10...30$  і помірна споживана потужність;
- широкий функціональний набір елементів і зручність застосування (монтаж, компонування, охолодження).

Значення затримок і споживаної потужності елементів ТТЛ і ТТЛШ різноманітних серій наведені в табл.7.1.

До недоліків елементів ТТЛШ відносяться: менша швидкодія порівняно з елементами ЕЗЛ, труднощі узгодження з низькоомним навантаженням, високий рівень утворюваних перешкод і зростання споживаної потужності з підвищенням частоти перемикавання, значне імпульсне споживання струму під час перемикавання, особливо при ємнісному навантаженні.

Таблиця 7.1

Групи мікросхем	Номер серії	$t_3$ , нс	$P_{ж}$ , мВт	$A_{л}$ , пДж
Стандартні ТТЛ	K133, K135	9	10	90
Швидкодіючі ТТЛ	K130, K131	6	22	132
Малопотужні ТТЛ	K134, K136	33	5	165
Стандартні ТТЛШ	K530, K531	3	19	57
Малопотужні ТТЛШ	K533, K535	9,5	2	19
FAST	KP1531	3	4	12
ALS	KP1533	4	1,2	4,8

Зусилля розробників спрямовані на розширення функціонального складу серій елементів ТТЛШ, функцій елементів і вузлів, а також на підвищення швидкодії, зменшення споживаної потужності та зниження вартості.

Елементи ТТЛ і ТТЛШ у даний час складають основу елементного базису комп'ютерної схемотехніки.

Вибір конкретної серії мікросхем для побудови цифрових пристроїв провадиться на основі таких рекомендацій:

- якщо до пристроїв не пред'являється особливих вимог, то використовують стандартні серії;
- якщо за умовами роботи потрібно забезпечити мале енергопостачання і допустимо знижену швидкодію, то використовують малопотужні (економічні) серії; пристрої підвищеної продуктивності проектують на швидкодіючих серіях елементів.

## 17.7 Контрольно-навчальний тест до лекції 17.

### Питання 17.1

ТТЛШ порівняно з ТТЛ характеризується:

Вибір правильної відповіді:

- 1 - більшою швидкістю;
- 2 - більшою споживаною потужністю;
- 3 - узгодженням з низькоомним навантаженням.

### Питання 17.2

В яких серіях елементів ТТЛШ використовується БЕТ (багатоємітерний транзистор)?

Вибір правильної відповіді:

- 1 - К531;
- 2 - К535;
- 3 - КР1533.

### Питання 17.3

Елементи ТТЛШ серій К530, К531, К533, К535, КР1533, КР1531 реалізують операцію:

Вибір правильної відповіді:

- 1 - І – АБО;
- 2 - І – НЕ;
- 3 - АБО – НЕ;

### Питання 17.4

Для чого в схемі ТТЛШ серій К530, К531 у фазоінверсний каскад додано корегуючу ланку (транзистор VT6, резистори R3, R4, див. рис. 17.2)?

Вибір правильної відповіді:

- 1 - для обмеження амплітуди „наскрізного” струму;
- 2 - для забезпечення великих струмів у навантаженні та підвищення швидкодії;
- 3 - для підвищення завадостійкості схеми.

### Питання 17.5

У елементах ТТЛШ серії КР1531 використовується:

Вибір правильної відповіді:

- 1 - на виході діодної схеми збігу додатковий підсилювач на транзисторі, який керує фазоінверсним каскадом;
- 2 - багатоємітерний транзистор для реалізації операції „І”, який використовується як логічний вхід;
- 3 - від’ємне джерело живлення і заземлення колекторних кіл, що зменшує залежність вхідного сигналу від перешкод у шинах живлення.

**Питання 17.6**

Які переваги надало елементам ТТЛШ серії КР1533, порівняно з серією КР1531, використання на входах *p-n-p* переходів транзисторів?

Вибір правильної відповіді:

- 1 - збільшило швидкодію;
- 2 - зменшило вхідні струми  $I_{IL}$ ;
- 3 - збільшило рівень вхідної напруги;

**Питання 17.7**

Третій стан елементів ТТЛ та ТТЛШ із відкритим колекторним входом характеризується:

Вибір правильної відповіді:

- 1 - високим рівнем споживання струму;
- 2 - підключенням до навантаження;
- 3 - нескінченно високим рівнем вхідного опору.

**Питання 17.8**

Якщо  $Z=0$  (низький рівень напруги), то що буде на виході схеми рис. 17.7, а?

Вибір правильної відповіді:

- 1 – логічний “0”
- 2 – логічна “1”;
- 3 –  $Z$  - стан.

**Питання 17.9**

Яке призначення резистора  $R_4$  у схемі рис 17.7, а?

Вибір правильної відповіді:

- 1 – збільшення вхідного струму;
- 2 – зменшення наскрізного струму;
- 3 – зменшення рівня напруги при формуванні логічного “0”.