

МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ

Харківський національний університет внутрішніх справ

Факультет № 4

Кафедра інформаційних технологій

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з дисципліни «Електроніка та схемотехніка»

***за темою* «Формувальники та генератори відеосигналів»**

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»

Спеціальність: 125 «Кібербезпека»

Ступень вищої освіти: бакалавр

Харків

2017 рік

Текст лекції призначений для використання при вивченні курсу „Електроніка” в рамках підготовки бакалаврів за спеціальністю 125 «Кібербезпека» в Харківському національному університеті внутрішніх справ.

СХВАЛЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ

_____ Протокол № ____
(дата, місяць, рік)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету № 4
Харківського національного університету
внутрішніх справ

_____ Протокол № ____
(дата, місяць, рік)

(підпис) (П.І.Б.)

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін

_____ Протокол № ____
(дата, місяць, рік)

(підпис) (П.І.Б.)

ЗАТВЕРДЖЕНО

На засіданні кафедри інформаційних
технологій факультету №4 ХНУВС

_____ Протокол № ____
(дата, місяць, рік)

(підпис) (П.І.Б.)

Рецензент:

Носов В.В., професор кафедри кібербезпеки факультету № 4 Харківського національного університету внутрішніх справ к.т.н., доцент.

Розробник: Тулупов Володимир Володимирович – м. Харків: Харківський національний університет внутрішніх справ, 2017 р.

Тулупов В.В., 2017

© Харківський національний університет внутрішніх справ

План лекції

1. Вступ.
2. Формувачі імпульсів
3. Генератори імпульсів

Література:

Основна:

1. Бريدلي К., Карр Дж. Карманный справочник инженера электронной техники/ Пер.с англ. - М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2002.- 480 с.
2. Булычев А.Л., Лямин П.М., Тулинов Е.С. Электронные приборы.- Мн.: Выс.шк., 1999.-415с.

Додаткова:

1. Жеребцов И.П. Основы электроники. – Л.: Энергоатомиздат, 1990. - 352 с.
2. Кучумов А.И. Электроника и схемотехника. – М.: Гелиос АРВ, 2002. - 304 с.
3. Лачин В.И., Савёлов Н.С. Электроника. – Ростов н/Д: изд-во «Феникс», 2002. - 576 с.

Текст лекції:

Формувачі і генератори імпульсів

У цифрових пристроях на мікросхемах велику роль відіграють різні формувачі імпульсів - від кнопок і перемикачів, з сигналів з пологими фронтами, що диференціюють ланцюга, а також мультивібратори. В даному розділі книги розглянуті деякі питання побудови таких формувачів і генераторів на мікросхемах серій КМОП.

Як відомо, безпосереднім впорскуванням сигналів від механічних контактів на входи інтегральних мікросхем допустима не завжди изза так званого «брязкоту» - багаторазового неконтрольованого замикання і розмикання контактів в момент їх перемикання. Якщо входи, на які подається сигнал, нечутливі до дризок, наприклад входи установки тригерів і лічильників, з безпосереднім впорскуванням сигналів допустима (рис. 282). Подача сигналів на рахункові входи вимагає спеціальних заходів з придушення брязкоту, без них можливо багаторазове спрацьовування тригерів і лічильників.

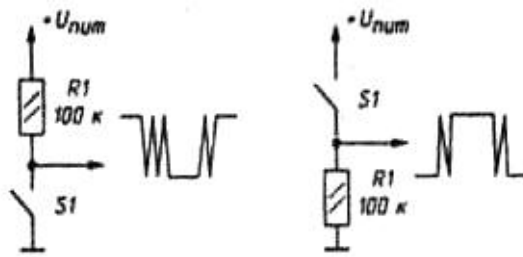


Рис. 282. Импульсы с «дребезгом»
на контактах кнопки

У пристроях на мікросхемах КМОП цілком можна застосувати заходи по боротьбі з вібрацією, відомі з досвіду роботи з мікросхемами ТТЛ, наприклад, включення статичного тригера на двох елементах І-НЕ (рис. 283, а, б) або АБО-НЕ. Однак надзвичайно високий вхідний опір мікросхем КМОП (порядку сотень і тисяч мегаом) і відносно високий вихідний опір (сотні ом - один кілоом) дозволяє спростити ланцюга придушення брязкоту, виключивши резистори (рис. 283, в, г). Варіантом схеми рис. 283 (г) є пристрій за схемою рис. 283 (д), зібране всього лише на одному неінвертуючому логічному елементі.

Тут слід сказати кілька слів про неінвертуючий логічних елементах серій КМОП. Більшість логічних елементів цих серій є інвертується. Неінвертуючий є мікросхеми К176ПУ3, К561ПУ4, КР1561ПУ4, К176ПУ5,564ПУ6, К561ПУ8, К561ЛН3, К176ЛП2, К561ЛП2, К561ЛП13, К561ЛП14, К176ЛС1, К176ЛС2, К176ЛП1, КР1561ЛП2, К561ПК1. Як зазначалося вище, мікросхеми, що містять в своєму позначенні букви <ПУ>, служать для узгодження мікросхем КМОП з мікросхемами ТТЛ. З цієї причини їх вихідні струми при подачі на їх виходи напруги харчування або з'єднанні виходів із загальним проводом в пристрої за схемами рис. 283 (в, г, д) можуть досягати багатьох десятків міліампер,

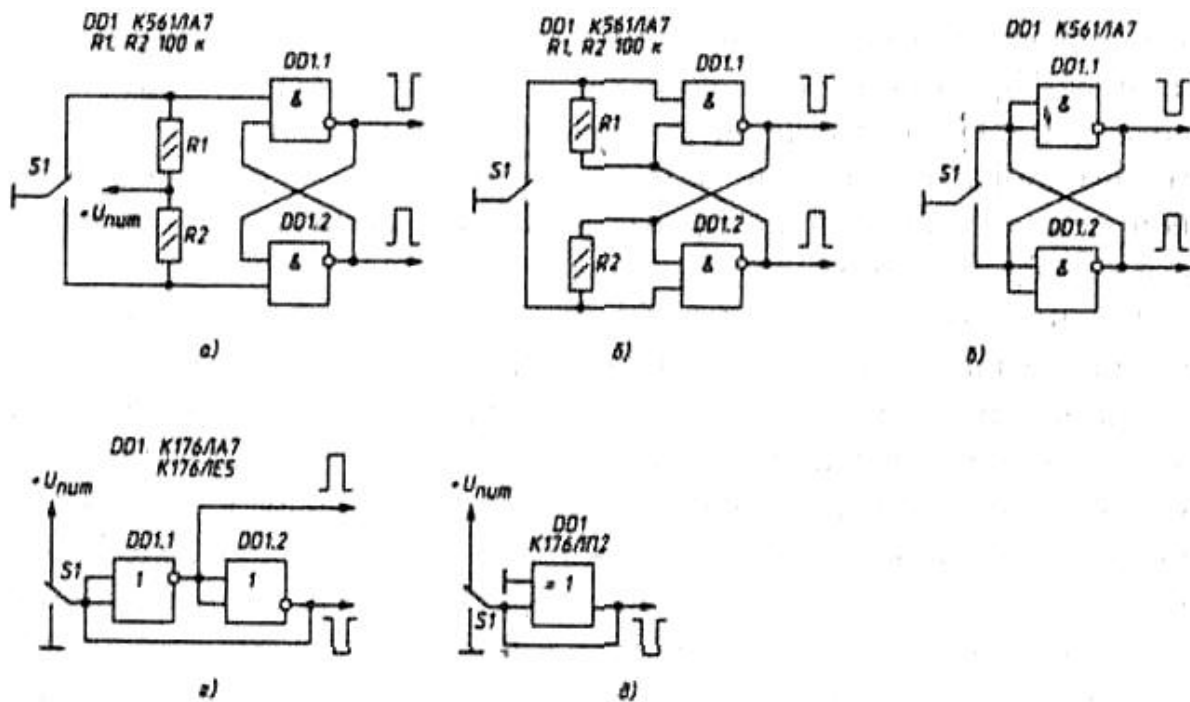


Рис. 283. Подавление дребезга при помощи триггера: а) стандартная схема, б) схема с пониженной мощностью потребления, в) схема без резисторов, г) с управлением по выходу, д) на неинвертирующем логическом элементе

що негативно позначається на надійності пристроїв і може служити потужним джерелом перешкод. У мультивібраторах і тригерах Шмітта, описуваних нижче, також невигідно застосовувати такі мікросхеми через великі струми, споживаних ними в процесі плавної зміни вхідного сигналу. З тих же причин не рекомендується в описуваних тут пристроях використовувати інвертують мікросхеми K176ПУ1, K176ПУ2, K561ЛН1, K561ЛН2.

Тому в подальшому під неінвертуючого логічним елементом розуміється або два послідовно включених будь-яких інвертуючих елемента (крім зазначених вище), або мікросхема КР1561ЛП1, або мікросхеми K176ЛП2, K561ЛП2, K561ЛП13, K561ЛП14, K176ЛС1, K561ЛС2, K561ІК1. включені як неінвертуючий елементи. Про можливості їх використання в якості неінвертуючий зазначено в попередньому розділі книги. Іноді зручно як неінвертуючого елемента використовувати вільний тригер мікросхеми K176ТМ2 або K561ТМ2 (рис. 284).

Мікросхему К176ЛП1 також можна використовувати як неінвертуючий елемент розглянутих далі пристроїв, проте

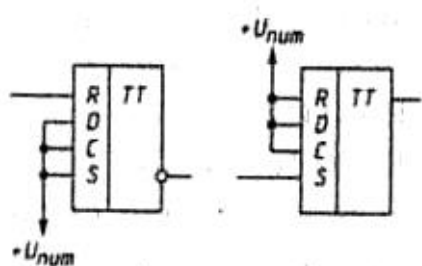


Рис. 284. Использование D-триггера в качестве неинвертирующего элемента

це не дуже зручно, так як в одній мікросхемі міститься всього один дев'ятиходовий неінвертуючий елемент І і один інвертор.

Великий вхідний опір мікросхем КМОП дозволяє в деяких випадках обійтися взагалі без активних елементів для придушення брязкоту. На рис. 285 (а) наведена схема подачі імпульсів від кнопки на рахунковий вхід тригера або лічильника. Конденсатор С1 в початковому стані заряджений до напруги харчування. При натисканні на кнопку розмикання нормально замкнутого контакту не призведе до зміни напруги на конденсаторі С1. Перше торкання рухомого і нормально розімкнутого контакту призведе до швидкого розрядів ду конденсатора С1 і напруга на ньому стане рівним нулю. Подальший брязкіт контактів не приведе до зміни напруги на конденсаторі. Недоліком схеми є небезпека наведень перешкод на провідник, який з'єднує кнопку і вхід мікросхеми. Якщо наведення дійсно виникають, цей провідник слід заекранувати.

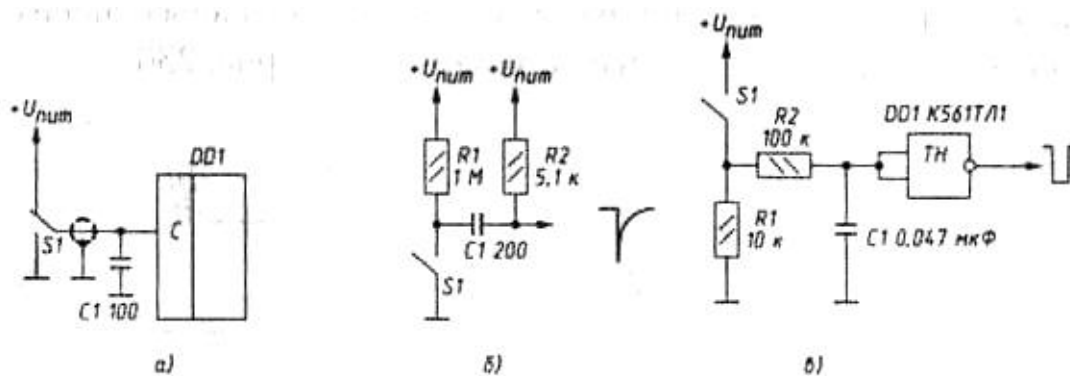


Рис. 285. Формирование импульсов без активных элементов (а), формирование короткого импульса от кнопки (б), формирование длинного импульса с помощью триггера Шмитта (в)

Всі розглянуті вище схеми придушення брязкоту вимагали застосування переключаючих контактів кнопок. Якщо виконання цієї вимоги утруднено, можливе використання пристроїв за схемами рис. 285 (б, в). Ланцюг на схемі рис. 285 (б) формує короткий імпульс негативної полярності (близько 0,7 мкс на рівні 0,5) в момент першого торкання контактів кнопки, в результаті чого конденсатор C1 швидко заряджається через резистор R2. Подальший брязкіт контактів кнопки не впливає на вихідну напругу, так як розряд конденсатора C1 відбувається через резистор R1 значно більшої величини.

Якщо необхідно отримати тривалість вихідного імпульсу, що дорівнює тривалості натискання на кнопку з однією парою контактів, можна використовувати придушення брязкоту за допомогою інтегруючого ланцюга і тригера Шмітта (рис. 285, в). Брязкіт імпульсу на резисторі R1 згладжується ланцюгом R2C1. Тригер Шмітта DD1 формує круті фронти вихідного сигналу.

Для придушення брязкоту контактів кнопки з однією парою контактів можна використовувати ланцюг, три варіанти схеми якої наведені на рис. 286. Ланцюг за схемою рис. 286 (а) за функціонуванням близька інтегруючого ланцюга і триггеру Шмітта рис. 285 (в). У початковому стані на вході і виході ланцюга лог. 1. При замиканні кнопки S1 на лівій обкладці конденсатора C1 напруга починає

знижуватися і, якщо постійна часу $R2C1$ обрана досить великий, досягає порогу перемикання елемента DD1.1 після припинення брязкоту. Елементи DD1.1 і DD1.2 перемикаються, на виході з'являється лог. 0. Позитивний зворотний зв'язок забезпечує круті фронти сигналу на виході елемента DD1.2. При розмиканні контактів перемикання відбувається аналогічно. В результаті на виході ланцюга формується імпульс, тривалість якого відповідає часу замикання контактів, а фронт і спад імпульсу кілька затримані щодо моментів замикання і розмикання контактів (рис. 286, б).

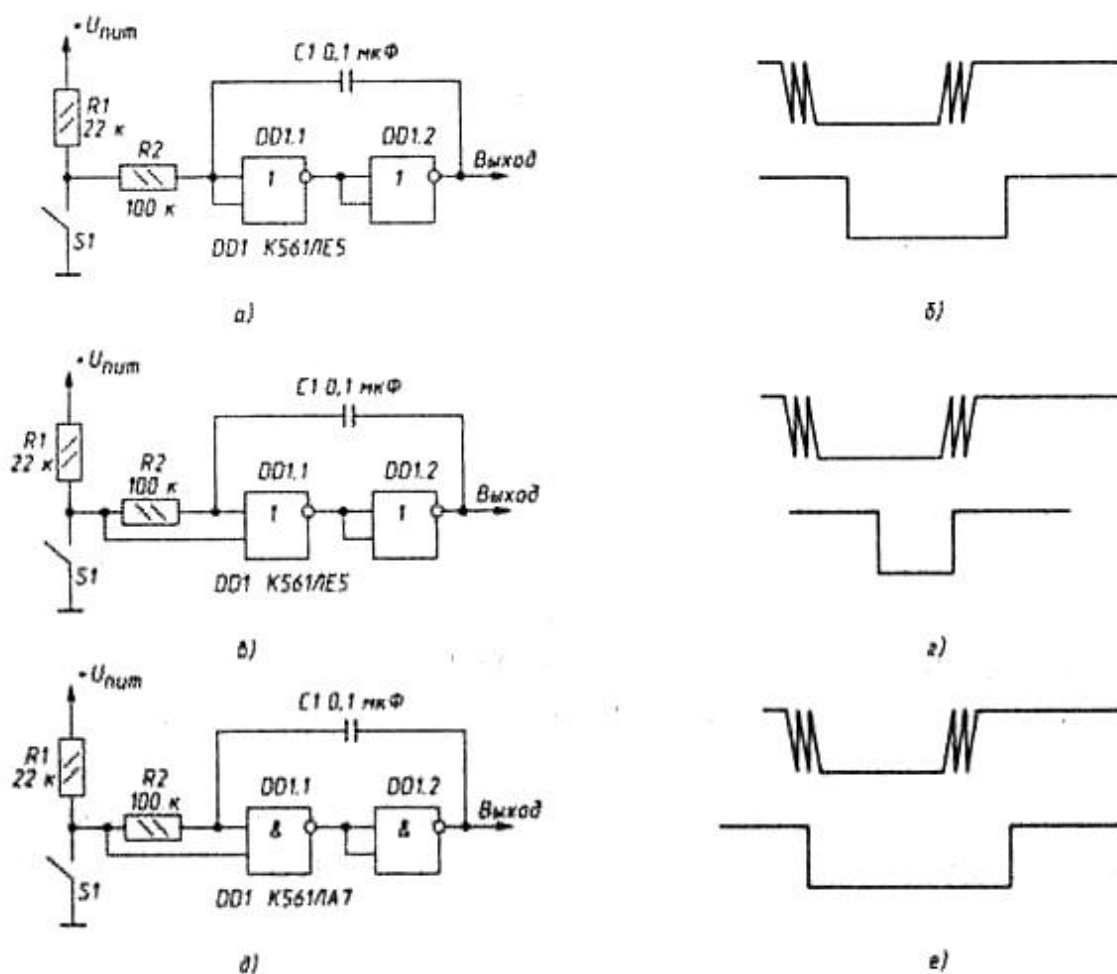


Рис. 286. Подавление дребезга кнопки с одной парой контактов: а) с задержкой включения и выключения, в) с задержкой включения, д) с задержкой выключения, б), г), е) – временные диаграммы их работы

Якщо необхідно отримати фронти вихідного сигналу точно в моменти розмикання або замикання кнопки, можна використовувати варіанти ланцюга за схемами рис.

286 (в, д). Перша з них (рис. 286, в) при замиканні кнопки формує на виході лог. 1. Проаналогічно ланцюга рис. 286 (а). При розмиканні кнопки лог. 1 надходить на нижній за схемою вхід елемента DD1.1, обидва елементи DD1.1 і DD1.2 перемикаються, лог. 1 з виходу елемента DD1.2 через конденсатор C1 надходить на вхід елемента DD1.1 і утримує його у включеному стані на час брязкоту контактів кнопки S1 (рис. 286, г).

Аналогічно працює ланцюг по схемі рис. 286 (д), однак її включення відбувається при першому замиканні контактів кнопки S1, вимикання - після закінчення брязкоту разомкнуті кнопки (рис. 286, е).

Перемикачі з можна побудувати на основі багатостабільного тригера. Варіант схеми перемикача на три положення наведено на рис. 287. При включенні харчування лог. 0 з розрядженого конденсатора C1 через діод VD1 надходить на входи елементів DD1.1 і DD1.2 і вимикає їх. На їх виходах з'являються лог. 1, які, вступаючи через резистори R1 і R2 на входи елемента DD1.3, включають його, і лог. 0 з його виходу утримує елементи DD1.1 і DD1.2 в вимкненому стані і після заряду конденсатора C1 через резистор R4. Таким чином, в початковому стані на виходах 1 і 2 лог. 1, на виході 3 - лог. 0.

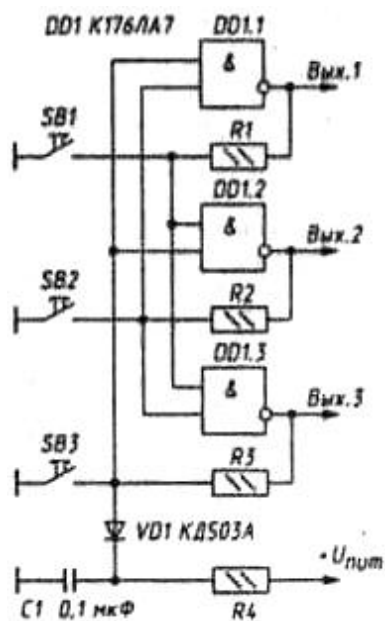


Рис. 287. Переключатель
с взаимовыключением на
основе трехстабильного
триггера

При натисканні на кнопку SB1 на виходах 2 і 3 з'являється лог. 1, на виході 1 - лог. 0. Аналогічно при натисканні на кнопку SB2 лог. 0 з'являється на виході 2, на кнопку SB3 - на виході 3. Перемикання вихідних сигналів відбувається без брязкоту.

При одночасному натисканні двох або трьох кнопок на всіх трьох входах з'являється лог. 1, що відповідає відсутності активних вихідних сигналів. При відпуску кнопок лог. 0 з'явиться на виході, відповідному останньої кнопки. Однак зняття і поява вихідних сигналів при натисканні декількох кнопок відбувається без придушення брязкоту.

Недолік такого перемикача - необхідність застосування логічних елементів з великим числом входів для побудови перемикачів на велике число положень. Для перемикача на

чотири положення необхідно чотири трехвходових елемента І-НЕ (АБО-НЕ), для перемикача на п'ять положень - п'ять

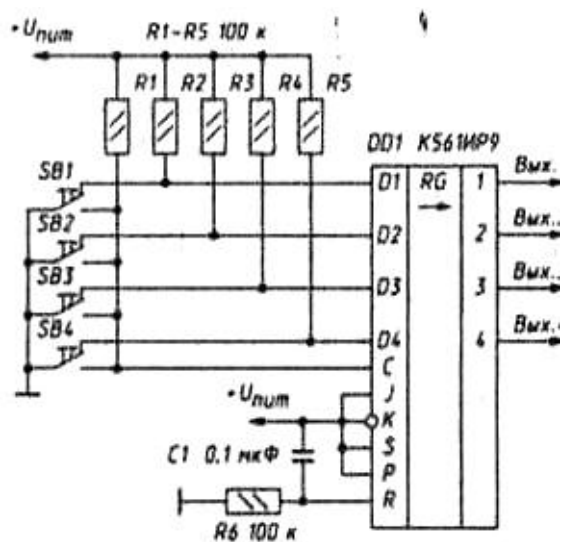


Рис. 288. Переключатель на микросхеме K561IP9

чотиривходових елементів. При більшій кількості положень перемикачі доцільно будувати на інших принципах.

На рис. 288 приведена схема перемикача на чотири положення. При включенні харчування ланцюг C1R6 встановлює всі тригери мікросхеми DD1 в нульовий стан. При натисканні будь-якої з кнопок, наприклад SB1, в момент розмикання верхнього за схемою контакту кнопки на вхід D1 мікросхеми приходить лог. 1, в момент замикання нижнього контакту на вхід C - лог. 0. При розмиканні кнопки зміна сигналу на вході C з лог. 0 на лог. 1 встановить тригер зі входом D1 в одиничний стан, на виході 1 з'явиться лог. 1. Так працював би перемикач, якби не було брязкоту контактів. Через брязкоту одиниця записується в тригер при натисканні кнопки.

При натисканні будь-який інший кнопки після відпускання першої в одиничний стан встановиться відповідний їй тригер, а перший тригер скинеться. Якщо

натиснути другу кнопку, не відпускаючи першої, лог. 1 залишиться на виході, відповідному першій кнопці. Однак якщо спочатку буде відпущена перша кнопка, потім друга, в момент відпускання другої кнопки лог. 1 з'явиться на виході, відповідному другий кнопці.

Перемикач по схемі рис. 288 може бути виготовлений і на більше число положень, його недоліком є необхідність використання контактів кнопок. Якщо необхідно виготовити перемикач на велику кількість положень при використанні кнопок з однією парою замикаючих контактів, можна скористатися схемою рис. 289.

Ланцюг C1R5 служить для початкової установки в нульовий стан тригерів мікросхем DD3 і DD4. При натисканні будь-якої з кнопок, наприклад SB1, лог. 1 надходить на відповідний вхід однієї з мікросхем DD3 або DD4, в даному випадку на вхід D1 мікросхеми DD3. Крім того, лог. 1 через елемент АБО (DD1, DD2.1) надходить на ланцюг придушення брязкоту R6, C2, DD2.2, DD2.3 і з невеликою затримкою

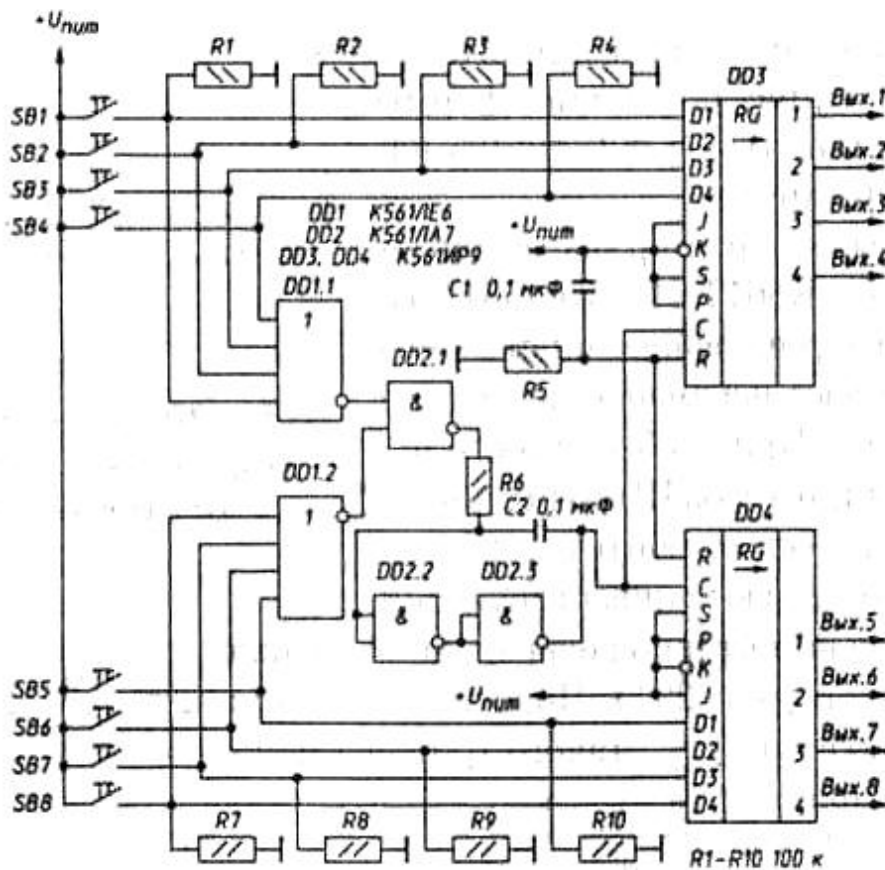


Рис. 289. Переключатель на 8 положений

з'являється на входах 3 мікросхем DD3 і DD4. В результаті відповідний тригер встановлюється в одиничне стан і на виході перемикача з'являється лог. 1. В даному випадку лог. 1 з'явиться на виході 1 перемикача.

Якщо при кнопці натиснути ще одну або кілька кнопок перемикача, змін в стані перемикача не відбудеться як при натисканні, так і при відпуску кнопок. Запис в тригери перемикача можлива тільки при натисканні кнопки зі стану, в якому все кнопки відпущені.

Принципово в перемикачах за схемами рис. 288 і 289 можлива поява одночасно двох вихідних сигналів при одночасному натисканні двох кнопок. Для перемикача за схемою рис. 288 це можливо в тому випадку, коли при натисканні двох кнопок їх рухливі контакти будуть одночасно перебувати в незамкнутому ні з одним нерухомим контактом стані. Для перемикача за схемою рис. 289 одночасна

поява двох вихідних сигналів відбудеться в разі, коли інтервал часу між натисканням кнопок буде менше затримки ланцюга придушення брязкоту.

Для перетворення напруги з синусоїдальної або іншої форми з плавними фронтами в прямокутні імпульси з хорошою формою використовуються тригери Шмітта (рис. 290). Для цієї схеми ефективне значення вхідної напруги синусоїдальної форми має становити від 0,25 до 0,5 напруги живлення.

Описані в першому розділі тригери мікросхем К561ТЛ1 і КР1561ТЛ1, а також тригер на основі мікросхеми К176ЛП1 мають незмінні пороги перемикання. При необхідності використання тригерів Шмітта з іншими порогоми можна будувати їх, охоплюючи зворотним зв'язком неінвертуючий логічний елемент і подаючи вхідний сигнал через резистор (рис. 291). Пороги включення $U_{вкл}$ і виключення $U_{викл}$ такого тригера можна знайти за формулами:

$$U_{вкл} = (1 + R1 / R2) U_{пор}$$

$$U_{викл} = U_{пор} - (U_{пит} - U_{пор}) R1 / R2 \text{ де } U_{пор} - \text{порогове напруга}$$

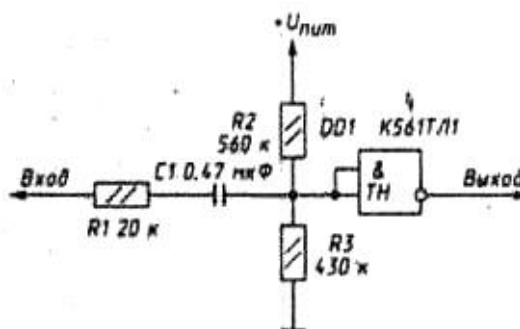


Рис. 290. Преобразователь
синусоидального напряжения
в прямоугольные импульсы

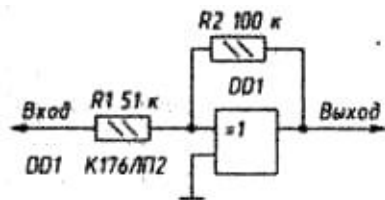


Рис. 291. Триггер Шмитта
на неинвертирующем
логическом элементе

логічно го елемента. Зазвичай порогова напруга логічних елементів близько до половини напруги живлення, тому пороги включення і виключення можна обчислити за формулами:

$$U_{\text{вкл}} = (1 + R1 / R2) U_{\text{пит}} / 2;$$

$$U_{\text{викл}} = (1 - R1 / R2) U_{\text{пит}} / 2.$$

Ширина петлі гистерезиса $U_{\text{г}}$ (різниця порогів включення і виключення) не залежить від $U_{\text{пор}}$ і дорівнює:

$$U_{\text{г}} = U_{\text{пит}} R1 / R2.$$

Для формування коротких імпульсів з перепадів на виходах мікросхем застосовують диференціюючі ланцюги. На рис. 292 (а) показана диференціюючий ланцюг для отримання імпульсу по фронту вхідного імпульсу позитивної полярності, на рис. 292 (б) - по спаду. Діоди VD1 і VD2 є захисними і входять до складу мікросхем серій К561, КР1561,564 і серії К176 випуску останніх років. Як вказувалося в першому розділі, в мікросхемах серії К176 старих випусків встановлений тільки один діод - стабілітрон VD2 з напругою включення близько 30 В.

Резистор R2 служить для обмеження вхідного струму через конденсатор СГІ вхідні діоди VD1 і VD2. Навантажуючи мікросхему - джерело сигналу, цей струм

збільшує тривалість фронту на виході мікросхеми - джерела, а струм більше 20 мА, поточний через захисні

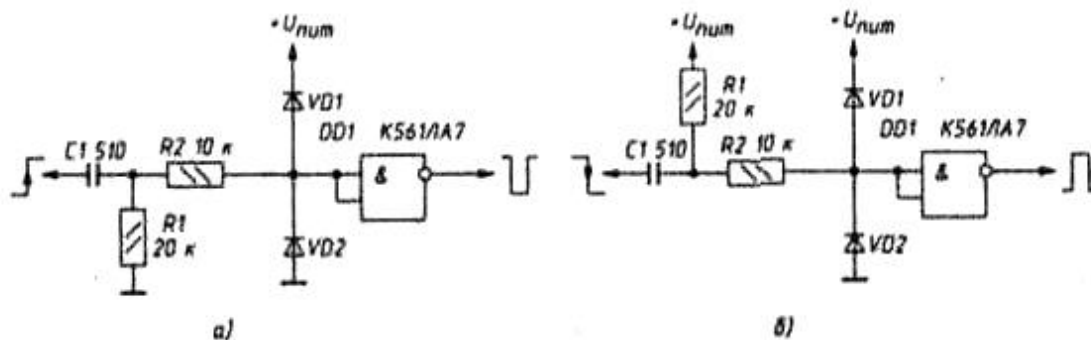


Рис. 292. Дифференцирующие цепочки, работающие по фронту (а) и спаду (б) импульсов

діоди, може привести до псування мікросхем, підключених до входу і виходу диференціюються ланцюжка, особливо при харчуванні пристрою від джерела живлення з напругою понад 9 В. Опір резистора R2 вибирають близько 3 ... 10 кОм, якщо напруга живлення менше 9 В і збільшення навантаження на мікросхему - джерело сигналу не є принциповим, цей резистор не ставлять.

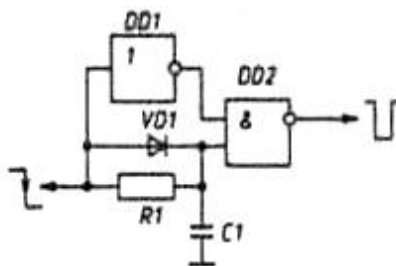


Рис. 293. RCD-цель для
формирования коротких
импульсов

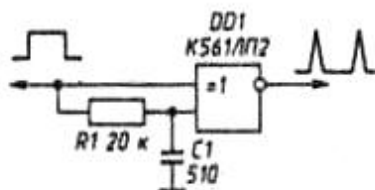


Рис. 294. Формирователь
импульсов по фронту
и спаду входного

Ефективна тривалість імпульсів на виході диференціюються ланцюжка $0,7R_1C_1$, тривалість спаду - $2R_1C_1$.

У радіоаматорських конструкціях для формування коротких імпульсів з перепадів можна зустріти так звану RCD-ланцюг, схема одного з варіантів якої наведена на рис. 293, іноді вона використовується без діода. Така ланцюг по результату своєї роботи еквівалентна найпростішій диференційній ланцюжці, але складніше її, не має ніяких переваг і тому не може бути рекомендована до застосування.

В цьому відношенні цікава ланцюг по схемі рис. 294, що формує короткі вихідні імпульси по фронту і спаду вхідного. Тривалість імпульсів на виході формувачів за схемами рис. 293 і 294 така ж, як і для диференційної ланцюжки, - $0,7R_1C_1$.

Імпульси з фронтами або спадами тривалістю понад 10 мкс, вступаючи на входи мікросхем КМОП, можуть викликати їх генерацію, нестійку роботу тригерів і лічильників, тому при необхідності отримання імпульсів з тривалістю більше 10 мкс після диференціюючого ланцюжка доцільно встановити тригер Шмітта.

Іншим рішенням для формування тривалих імпульсів є застосування чекають мультивібраторів.

Описані вище чекають мультивібратори КР1561АГ1 не завжди доступні, а якщо в пристрої потрібен всього один чекає мультивібратор, його тим більше зручно зібрати на логічних елементах. На рис. 295

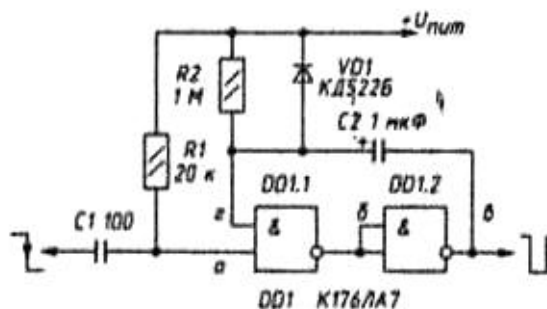


Рис. 295. Основная схема ждущего мультивибратора

приведена основна схема чекає мультивібратора на елементах І-НЕ, що запускається спадом позитивного імпульсу. У початковому стані конденсатор C2 розряджений, на обох входах елемента DD1.1 і на виході елемента DD1.2 лог. 1. При надходженні з виходу диференціюються ланцюжка короткого імпульсу негативної полярності елемент DD1.1 вимикається (рис. 296), DD1.2 включається і на його виході з'являється лог. 0. Спад напруги з виходу елемента DD1.2 через конденсатор C2 передається на вхід елемента DD1.1 і підтримує його у вимкненому стані. Конденсатор C2 починає заряджатися струмом через резистор

R2 від нуля до напруги харчування. Коли напруга на лівій по схемі обкладанні конденсатора C2 досягне порога включення елемента DD1.1, він включиться, на виході елемента DD1.2 напруга почне підвищуватися, це підвищення, передаючись через C2 на вхід DD1.1, викличе лавиноподібне

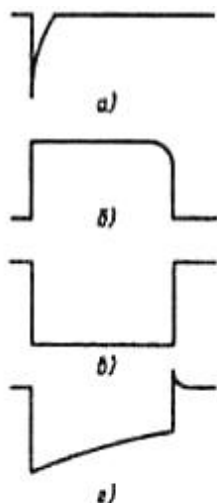


Рис. 296. Временная диаграмма работы ждущего мультивибратора

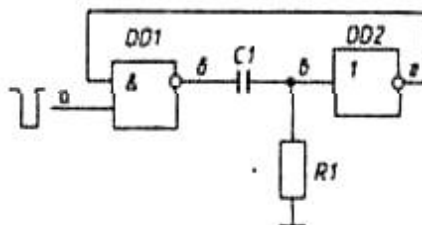


Рис. 297. Вариант схемы ждущего мультивибратора

процес перемикання обох елементів. Діод VD1 необхідний, якщо потрібне швидке відновлення вихідного стану чекає мультивібратора. Він не потрібен, якщо використовуються елементи мікросхем серій K561, KP1561, 564 або K176 з двома захисними діодами, так як діоди входять до їх складу.

У радіоаматорських конструкціях поширений чекає мультівібратор за схемою рис. 297. При запуску мультивібратора коротким імпульсом негативної полярності обидва інвертора перемикаються і напруга на вході інвертора DD2 починає

знижуватися по експоненті, прагнучи в межі до нуля (рис. 298). Коли воно наближається до порогу перемикання інвертора DD2, напруга на його виході починає плавно підвищуватися, і коли воно досягне порога перемикання елемента DD1, напруга на його виході починає знижуватися, замикається позитивний зворотний зв'язок, виникає лавиноподібний процес перемикання елементів мультивібратора.

Неважко бачити, що спад імпульсу, сформованого таким чекають мультивібратором на виході DD2, має затягнутий ділянку, сигнал з цього виходу використовувати небажано, слід використовувати імпульси з виходу елемента DD1.

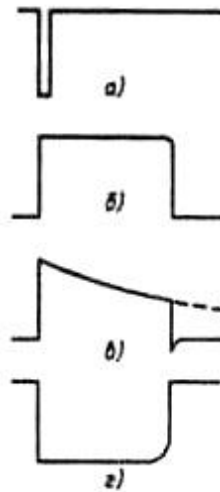


Рис. 298. Временная диаграмма работы ждущего мультивибратора рис. 297 при запуске коротким импульсом

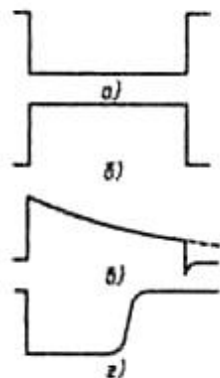


Рис. 299. Временная диаграмма работы ждущего мультивибратора рис. 297 при запуске длинным импульсом

Іноді в радіоаматорських конструкціях можна зустріти випадки запуску чекає мультивібратора, зібраного за схемою рис. 297, імпульсом, тривалість якого перевищує тривалість вихідного імпульсу, без диференціюються ланцюга на вході. В цьому випадку пристрій формує вихідний імпульс відповідної тривалості

з пологим спадом (рис. 299, г). Однак позитивний зворотний зв'язок не замикається, з'єднання виходу інвертора DD2 зі входом DD1 ніякої ролі не грає. При такому запуску пристрій еквівалентно двом інверторів, між якими включена диференціююча ланцюг. Доцільніше застосувати описаний вище чекає мультівібратор, зібраний за схемою рис. 295. В ньому імпульс на виході DD1.2 не має затягнутих фронтів (рис. 296), вхідний імпульс для DD1.1, як для чекає мультівібратора за схемою рис. 297, повинен бути коротше вихідного.

Використання мікросхем, які можуть працювати в якості логічних неінвертуючих елементів І чи АБО, дозволяє спростити схеми чекають мультівібраторів. На рис. 300 (а) наведена схема чекає мультівібратора на одному логічному елементі АБО з мікросхеми К561ЛС2, на обидва керуючих входу якої подано напруга живлення. На рис. 300 (б) проілюстрована

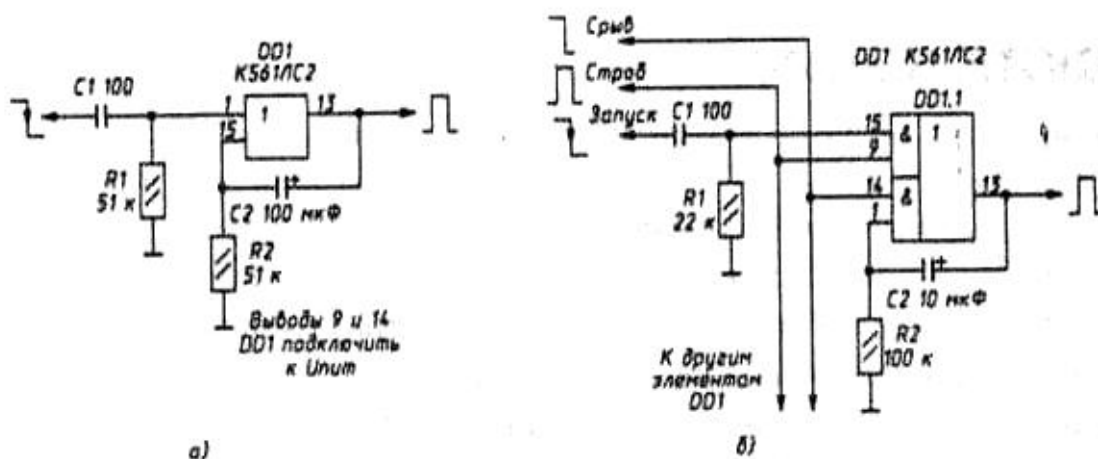


Рис. 300. Ждущий мультівібратор на елементі мікросхеми К561ЛС2 (а),
с можливістю стробування (б)

можливість стробування запуску чотирьох чекають мультівібраторів на мікросхемі К561ЛС2. Мультівібратор може запускатися лише при подачі на вхід Строб лог. 1 і фронту позитивного імпульсу на вхід запуску. Генерується імпульс може бути обірваний подачею лог. 0 на вхід Срив.

Великою гнучкістю щодо свого запуску мають чекають мультивібратори на JK- і D-тригерах. Пристрої за схемою рис. 301 можуть бути запуснені або коротким імпульсом, що подається на вхід S тригера, або фронтом позитивного імпульсу, що подається на вхід C. Лог. 1, що з'являється на прямому виході тригера при запуску, через резистор R1 починає заряджати конденсатор C1. Коли напруга на конденсаторі досягне порога перемикавання тригера по входу R, тригер перемкнеться в початковий стан. Діод VD1 служить для прискорення розряду конденсатора і відновлення вихідного стану, в багатьох випадках він може бути виключений. Тривалість імпульсів для чекає мультивібратора визначається за тією ж формулою, що і для диференціюючої ланцюжка.

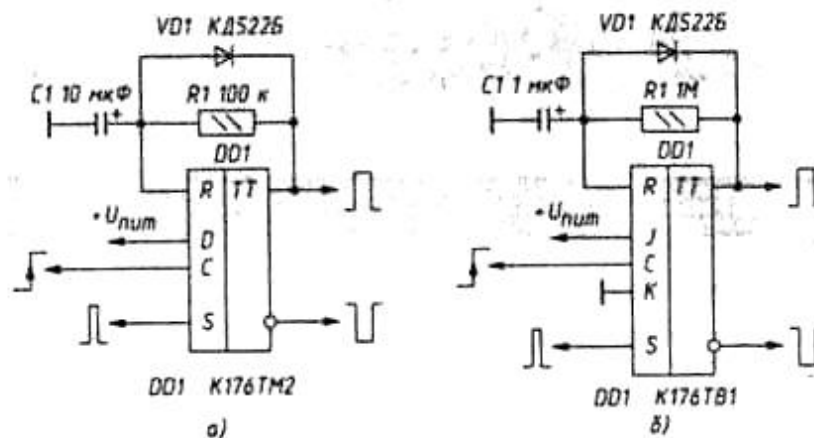


Рис. 301. Ждущие мультивібратори на D-тригері (а) і на JK-тригері (б)

Тривалість імпульсів, що подаються на вхід S тригерів для запуску мультивібраторів, повинна бути менше тривалості формованих імпульсів. За входів C мультивібратори запускаються по фронтах імпульсів незалежно від їх тривалості. Недолік чекають мультивібраторів, зібраних за схемами рис. 301, - велика тривалість спадів формуються на обох виходах імпульсів, що призводить до неодночасовому переключенню елементів, підключених до них. У всіх описаних вище мультивібраторах можливе застосування полярних конденсаторів.

Якщо в чекають мультивібраторах на JK- і D-тригерах лівий по схемі виведення конденсатора відключити від загального проводу і підключити до інверсного виходу тригера (рис. 302), можна істотно зменшити тривалість спаду формованого імпульсу на інверсному виході тригера. У цих чекають мультивібраторах не можна, однак, застосовувати полярні конденсатори.

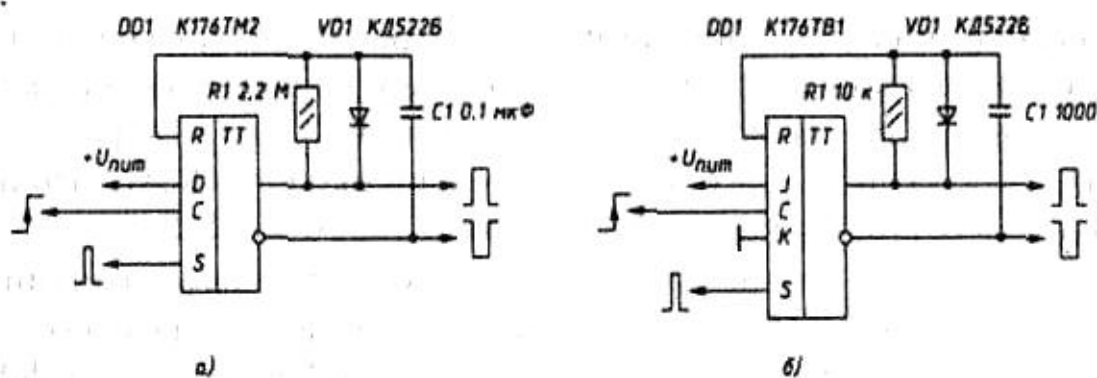


Рис. 302. Ждущие мультивибраторы с увеличенной крутизной фронтов выходных импульсов на D-триггере (а) и на JK-триггере (б)

Мала тривалість спаду на інверсному виході тригера пояснюється тим, що позитивний зворотний зв'язок замикається через часозадаючий конденсатор при незначному зростанні напруги на цьому виході, а не коли воно досягне порога перемикання елемента.

Тим не менш, якщо не потрібна можливість запуску чекає мультивібратора за двома входів, з яких один чутливий саме до фронту імпульсу, застосовувати чекають мультивібратори на JK-і D-тригерах недоцільно. Більш того, якщо можна обійтися диференцією ланцюжком, ніякої чекає мультивібратор краще не використовувати взагалі.

Широко використовувана схема простого генератора імпульсів (мультивібратору) приведена на рис. 303. Робота такого мультивібратора дещо відрізняється для випадків застосування в них мікросхем серії К176 з одним захисним діодом або серії К176 і інших серій з двома діодами.

Форма коливань в генераторі на мікросхемах з одним діодом приведена на рис. 304. Верхня діаграма показує залежність від часу напруги на лівій обкладці конденсатора, нижня - на виході генератора. спад напруги

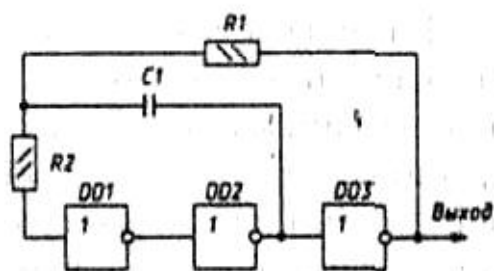


Рис. 303. Генератор імпульсов на трьох інверторах

з виходу елемента DD2, вступаючи на вхід елемента DD1 через конденсатор C1 і резистор R2, обмежується вхідним діодом на рівні, близькому до лог. 0, після чого починається заряд конденсатора через резистор R1, що підвищує напругу на лівій обкладці конденсатора. Час його заряду до порогового напруги приблизно дорівнює $0.7R_1C_1$. Лавиноподібний процес перемикавання елементів призведе до передачі з виходу елемента DD2 на вхід елемента DD1 позитивного перепаду напруги з амплітудою, що дорівнює напрузі харчування. Перезаряд конденсатора C1 в бік зменшення напруги на лівій обкладці почнеться від напруги $U_{пит} + U_{пор}$, в результаті чого на цей процес піде більше часу - близько $1.1R_1C_1$. Повний період коливань складе $1.8R_1C_1$, частота - $0.55 / R_1C_1$.

Якщо в генератор встановлені мікросхеми з двома захисними діодами, тривалість обох процесів перезарядження конденсатора буде однаковою - $0.7R_1C_1$, повний період - $1.4R_1C_1$, частота - $0.7 / R_1C_1$.

Резистор R_2 потрібен, як і в диференціюючих ланцюжках, для обмеження струму через вхідні діоди і зменшення навантаження на елемент DD2. Якщо його величина значно менше, ніж у резистора R_1 , він на частоту генерації не впливає. При порівнянних величинах R_1 і R_2 частота генерації дещо знижується в порівнянні з розрахованою за наведеними вище формулами. Часто резистор R_2 не ставлять або встановлюють послідовно з конденсатором C_1 .

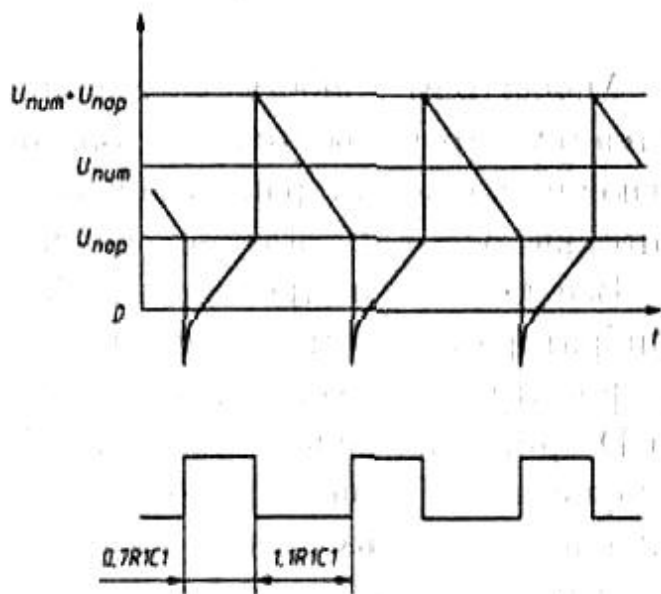


Рис. 304. Временная диаграмма работы генератора

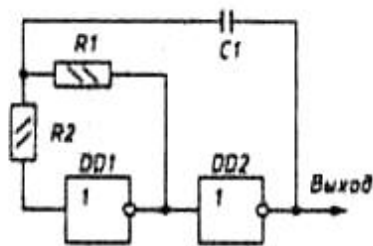


Рис. 305. Генератор
импульсов на двух
инверторах

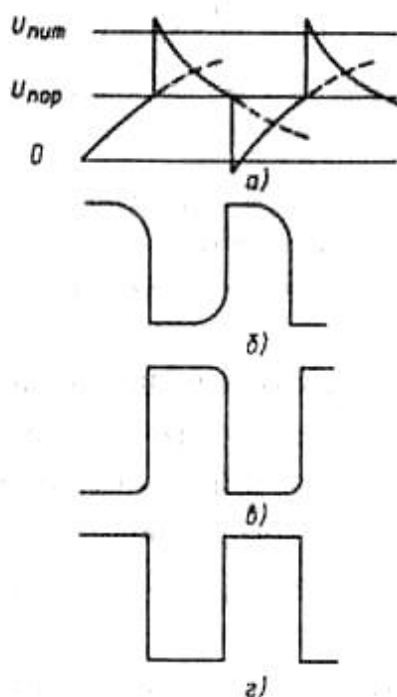


Рис. 306. Временная
диаграмма работы
генератора рис. 303

Добре відома також схема мультивібратора на двох інверторах (рис. 305), але частота генерації в ньому менш стабільна.

Наведене вище опис роботи мультивібратора спиралося на ідеалізовану модель інвертора, в якому вихідний сигнал дорівнює напрузі харчування, поки вхідна напруга менше порога перемикання, і дорівнює нулю, якщо вхідна напруга вище порога. Однак в реальних мікросхемах є більш-менш протяжна ділянка залежності вихідної напруги від вхідного, на якому плавну зміну вхідного сигналу призводить до плавного зміни вихідного (рис. 161). Він добре помітний в

інверторах мікросхеми K561ЛН2, елементах АБО-НЕ серії K561, інверторах генераторів мікросхем K176IE5, K176IE12, K176IE18. У більшості мікросхем серії K176 і всіх мікросхемах серії КР1561 є два додаткових інвертора, які роблять передавальний характеристику дуже різкою, іноді навіть гистерезисной. Наявність плавного ділянки і призводить до різниці в роботі генераторів за схемами рис. 303 і 305.