



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Учебное пособие

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по единому комплексному заданию по блоку дисциплины

«Электроника и микроэлектроника»

МГТУ имени Н.Э. Баумана

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по курсу

«Электроника и микроэлектроника»

Москва
МГТУ имени Н.Э. Баумана

2012

УДК 681.3.06(075.8)
ББК 32.973-018
И201

Методические указания по выполнению лабораторных работ по единому комплексному заданию по блоку дисциплины «Электроника и микроэлектроника» / Коллектив авторов – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 16 с.: ил.

В методических указаниях рассмотрены основные этапы, их последовательность и содержание по выполнению лабораторных работ по единому комплексному заданию по блоку дисциплин «Электроника и микроэлектроника».

Ил. 39. Табл. 5. Библиогр. 7 назв.

УДК 681.3.06(075.8)

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012

АННОТАЦИЯ

В данной лабораторной работе представлены к проработки следующие темы: работа принципиальных электрических схем, в составе которых присутствуют ключи, изучения режимов работы последовательно включенных схем с ключами и параллельно включенных схем с ключами, изучение переходного процесса схемы с ключом и анализ мощностных характеристик схемы.

ANNOTATION

This paper presents a laboratory to study the following topics: the work of schematic diagrams, which are present in the keys, the study of modes of series-connected circuits with keys and circuits connected in parallel with the keys, the study of transient circuit analysis with the key and power characteristics of the circuit.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ СХЕМ С КЛЮЧАМИ.....	7
1.1 Анализ работы схем с ключом.....	7
1.2 Измерение потребляемой мощности схемой.....	12
ВЫВОДЫ.....	15
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	16

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы – получение и исследование основных электрических характеристик и параметров транзисторно-транзисторного ключа.

Обычно во входной цепи таких ключей применяются многоэмиттерные транзисторы, что позволяет иметь у микросхемы несколько равноценных входов (до восьми) и реализовать на её основе логическую функцию И-НЕ. Закон функционирования элемента с двумя входами x_1 , x_2 и одним инверсным выходом y отображается уравнением $y = \overline{x_1 x_2}$.

По этой причине рассматриваемые ключи называются транзисторно-транзисторными логическими элементами (ТТЛ-элементами). В свою очередь, более сложные логические элементы серии строятся на основе простейших ТТЛ-ключей.

На рис. 19 показана принципиальная схема ТТЛ-ключа с двумя входами. Логическая операция И реализуется с помощью двухэмиттерного транзистора $VT1$ и резистора $R1$, а операция НЕ – на оставшихся транзисторах $VT2-VT5$, диоде $VD1$ и резисторах $R2...R5$, на которых построен сложный инвертор.

Рассмотрим особенности работы такого ключа. Если хотя бы на одном из входов схемы имеется низкий уровень напряжения (логический нуль), то соответствующий эмиттерный переход многоэмиттерного транзистора $VT1$ откроется. Поскольку в этой ситуации втекающий в коллектор транзистора $VT1$ ток ограничен на уровне $I_{ко}$ транзистора $VT2$, то многоэмиттерный транзистор $VT1$ насыщается и его остаточное напряжение $U_{к.э.н1}$

составляет при этом не более 0,3В. Потенциал базы $VT2$, равный $U^{ох} + U_{к.э.н1}$, недостаточен для открывания двух последовательно включенных эмиттерных переходов транзисторов $VT2$ и $VT5$, а вместе с ними заперт и транзистор $VT3$.

В свою очередь, транзистор $VT4$ и диод $VD1$ открыты за счет подключения базы $VT4$ через резистор $R2$ к положительному полюсу источника питания. При этом на выходе схемы возникает высокий уровень напряжения $V_{вых} = E_n - I_{б4} R_2 - U_{бэ4} - U_{ак1}$, достигающий значения 3,6...4,2 В (на открытом эмиттерном переходе транзистора падает напряжение от 0,65 до 0,75 В, а ток в цепи базы $VT4$ незначителен).

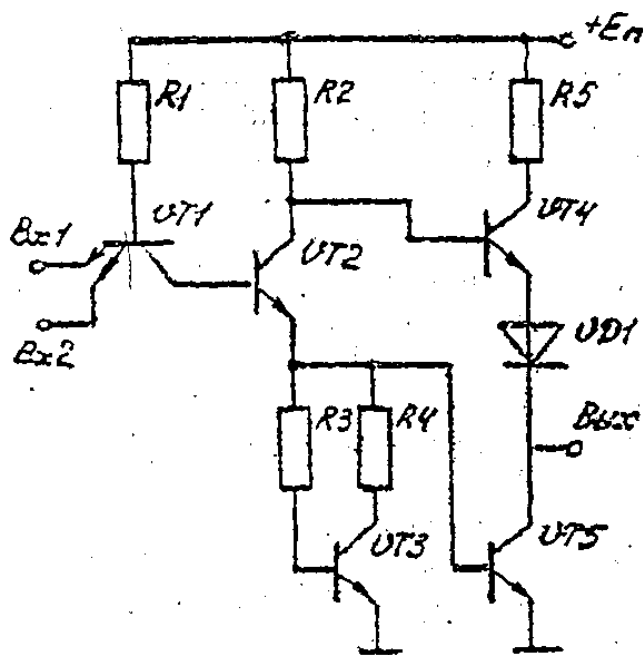


Рисунок - 1 Принципиальная электрическая схема ТТЛ-ключа

Если на всех входах ключа одновременно присутствует высокий уровень напряжения (логическая единица), то эмиттерные переходы транзистора $VT1$ заперты, его коллекторный переход отпирается и связывает последовательно включенные эмиттерные переходы транзисторов $VT2$ и $VT5$ через резистор $R1$ с источником питания схемы. В результате этого транзисторы $VT2$ и $VT5$ отпираются до насыщения и выходное напряжение, равное $U_{к.э.5}$, падает до нескольких десятых долей вольта (имеем низкий уровень напряжения на выходе схемы, соответствующий логическому нулю). Понижению уровня выходного напряжения способствует запираание транзистора $VT4$ и диода $VD1$, возникающее вследствие недостаточной разности потенциалов между базой $VT4$ и коллектором $VT5$. Эта разность потенциалов образуется из $U_{к.э.н2} \sim 0.3\text{В}$ и $U_{б.к.н5} \sim 0.7\text{В}$, т.е. приблизительно $1,0\text{В}$, что недостаточно для отпираания последовательно соединенных эмиттерного перехода транзистора $VT4$ и диода $VD1$.

Цепочка из $VT3$, $R3$ и $R4$ препятствует глубокому насыщению транзистора $VT5$ после его отпираания за счет отбора части базового тока $VT5$. Кроме того, транзистор $VT3$ при выключении транзистора $VT5$, оставаясь дольше него в насыщении, обеспечивает быстрое удаление избыточного заряда неосновных носителей из области базы. В схеме ТТЛ-ключа каскад на транзисторе $VT2$ – фазорасщепляющий усилитель, который обеспечивает получение парафазного сигнала для управления транзисторами $VT4$ и $VT5$. Одновременно с этим эмиттерный переход транзистора $VT2$ выполняет роль “диода” смещения, увеличивая порог переключения схемы и повышая её

помехоустойчивость.

Резистор $R5$ ограничивает ток в цепи транзисторов $VT4$, $VT5$ и диода $VD1$ при выключении схемы, когда транзистор $VT5$ ещё не вышел из насыщения, а транзистор $VT4$ уже открылся.

При включении ключа коллекторный ток транзистора $VT5$ обеспечивает быстрый разряд емкости в выходной цепи ключа, благодаря чему отрицательный перепад напряжения на выходе имеет малую длительность. При выключении ключа транзистор $VT5$ запирается, а $VT4$ отпирается и работает в активном режиме. Эмиттерный ток транзистора $VT4$ обеспечивает быстрый заряд емкостей на выходе схемы, благодаря чему положительный перепад напряжения на выходе получается коротким. Таким образом, сложный выходной каскад обеспечивает малое время срабатывания ключа даже при значительных емкостных нагрузках.

1 ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВ ПОДКЛЮЧЕНИЯ СХЕМ С КЛЮЧАМИ

1.1 Анализ работы схем с ключом

Передаточная характеристика ТТЛ ключа:

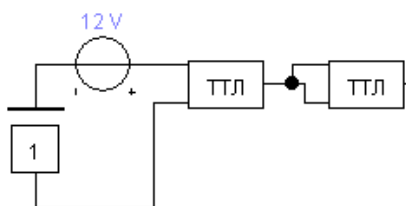


Рисунок - 2 Структурная схема ключа

Осциллограммы входного и выходного сигналов:

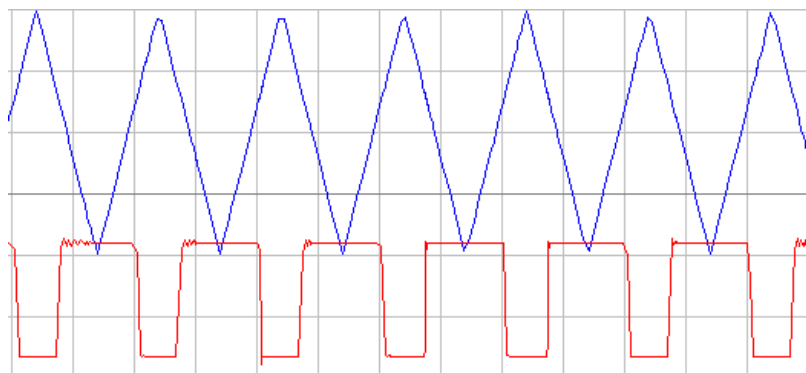


Рисунок - 3 Входной и выходной сигнал на схеме

Сигнал пройдя выпрямительный элемент, роль которого может выполнить диодный мост становится импульсным с верхним и нижним уровнями.

$U_{ВХ1} = 4,3 \text{ В};$
 $U_{ВЫХ1} = 4,3 \text{ В};$
 $U_{ВХ0} = 0,72 \text{ В};$
 $U_{ВЫХ0} = 0,72 \text{ В};$
 $U_{пор}^0 = 1,06 \text{ В};$
 $U_{пор}^1 = 1,4 \text{ В};$

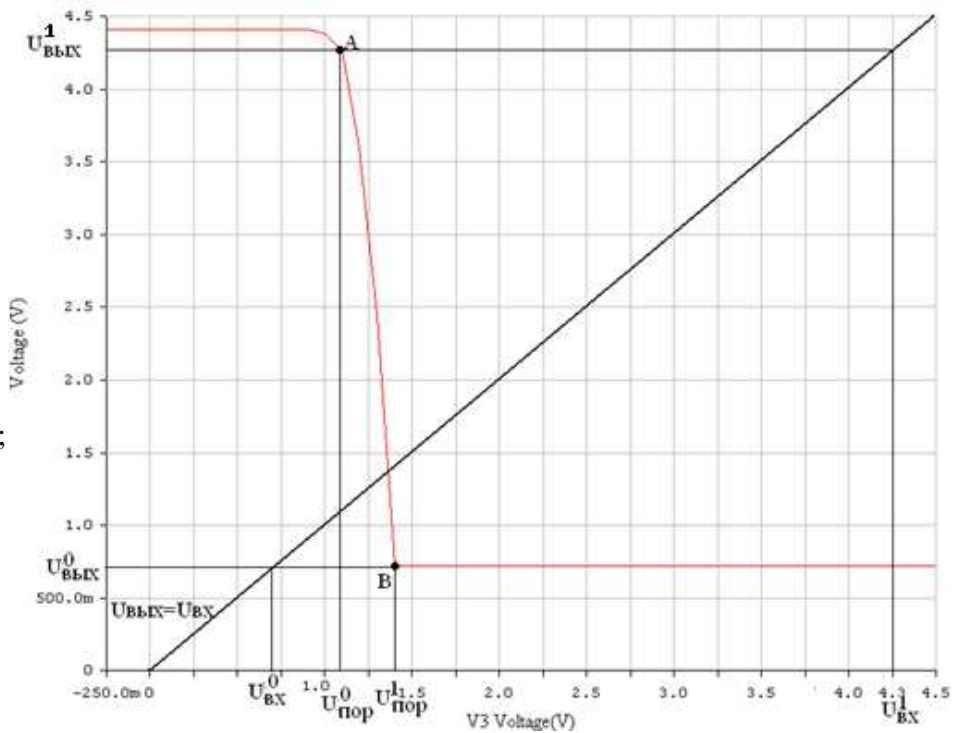


Рисунок - 4 График зависимости выходного напряжения цепи от входного напряжения

Входная характеристика ТТЛ ключа:

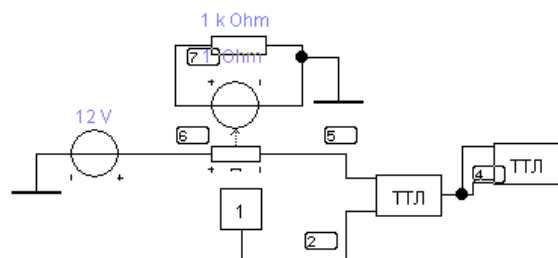


Рисунок - 5 Структурная схема ключа с дополнительными элементами

На структурной схеме видно, что к старой схеме с ключом добавлены новые элементы, которые повлияют на работу цепи в целом

$I_{BX}^0 = 36,8 \text{ мкА};$
 $I_{BX}^1 = -946,7 \text{ мкА}.$

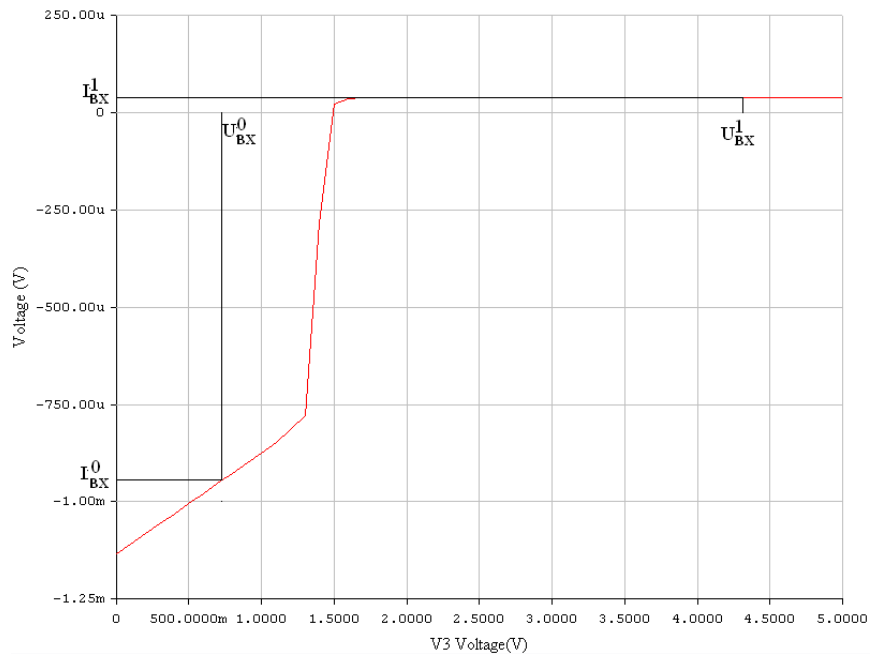


Рисунок - 6 График зависимости выходного напряжения цепи с дополнительными элементами от входного напряжения

Выходные характеристики ТТЛ ключа:

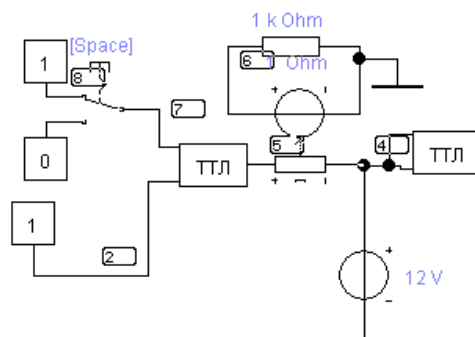


Рисунок - 7 Структурная схема ключа с дополнительными элементами и с ключом

На структурной схеме видно, что к старой схеме с ключом добавлены новые элементы, которые повлияют на работу цепи в целом

Во включенном состоянии:

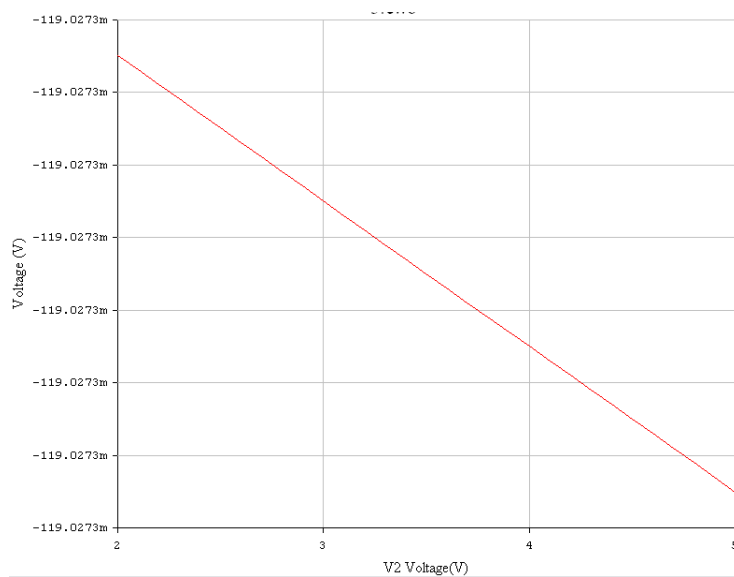


Рисунок - 8 Осциллограмма цепи во включенном состоянии

В выключенном состоянии:

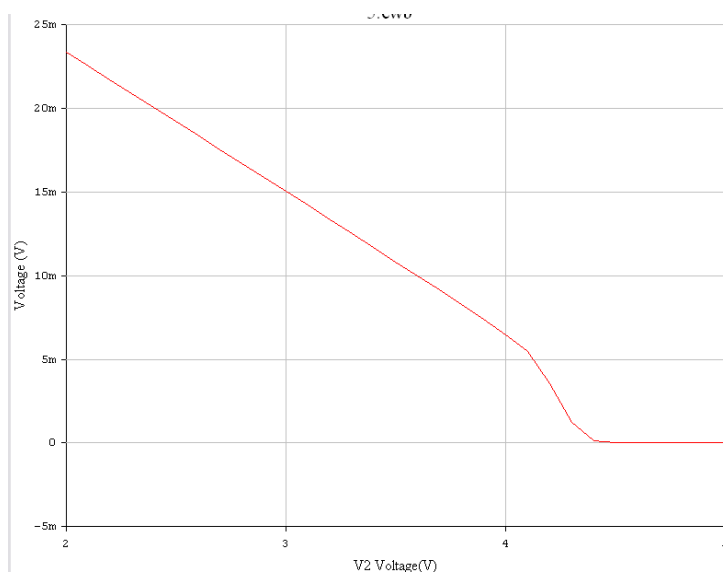


Рисунок - 9 Осциллограмма цепи в выключенном состоянии

Во включенном состоянии осциллограмма стремится к определенному экстремумы.

1.2 Измерение потребляемой мощности схемой

Измерение потребляемой схемой мощности:

1: $I = 3,247 \text{ mA}$; $P_1 = 16,235 \text{ мВт}$; 0: $I = 1,081 \text{ mA}$; $P_2 = 5,405 \text{ мВт}$. $P_{\text{потр.}} = 10,82 \text{ мВт}$.

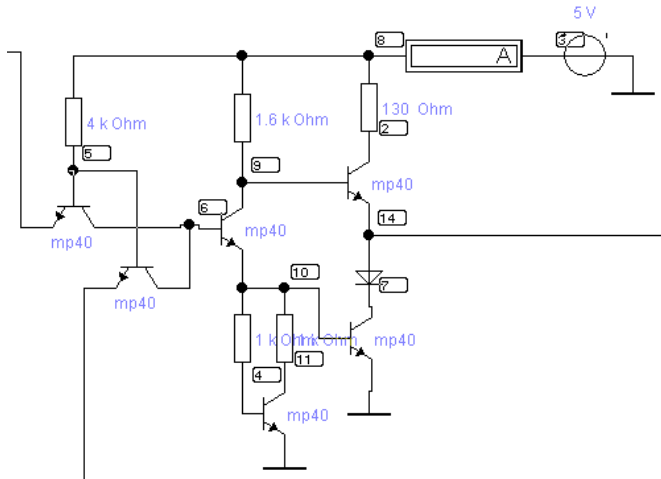


Рисунок - 10 Принципиальная электрическая схема с каскадным усилением и с защитным диодом

Автогенератор прямоугольных импульсов:

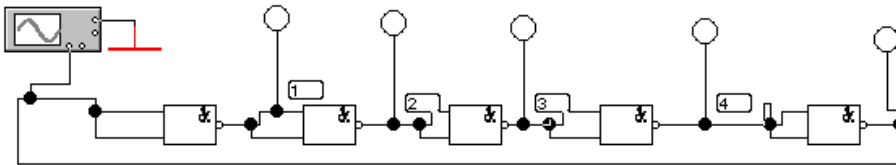


Рисунок - 11 Структурная схема последовательно включенных ключей
На структурной схеме изображены последовательно включенные ключи

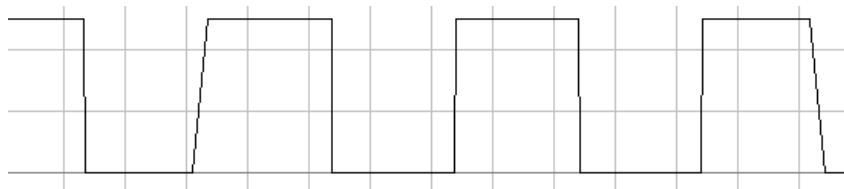


Рисунок - 12 Осциллограмма выходного сигнала ключа, который не закрыт

Определение средней задержки распространения сигнала в ТТЛ ключе.

$$t_{\text{зад}} = \frac{t_{\Sigma}}{N} = \frac{40,1 \times 10^{-9}}{5} = 8,02 \text{ (нс)}$$

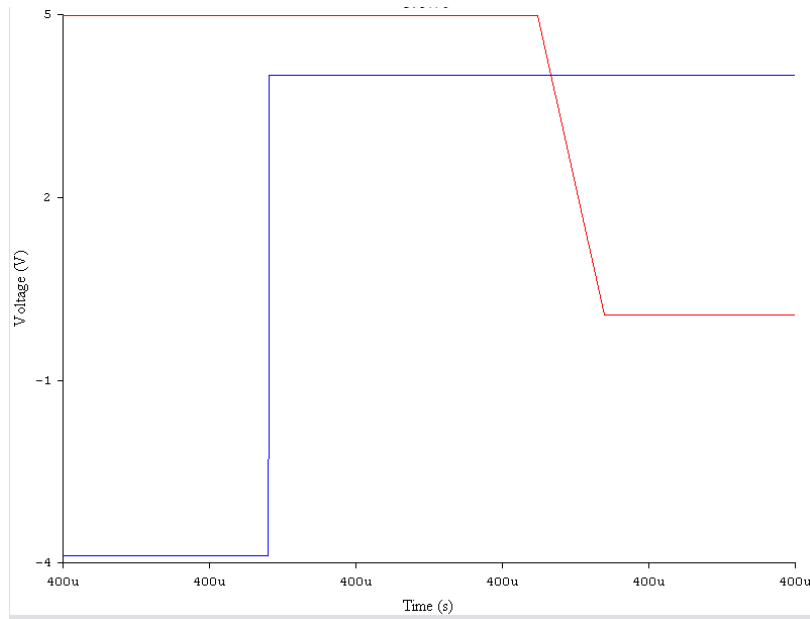


Рисунок - 13 Осциллограмма задержки в ключе

Таблица истинности ТТЛ ключа:

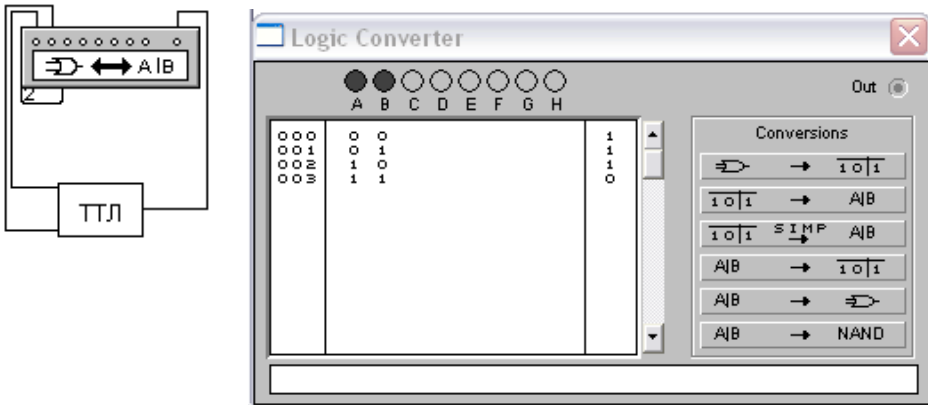


Рисунок - 14 Схема виртуальных индикаторов

Виртуальные индикаторы показывают, что первый и второй ключ открыты, а третий закрыт

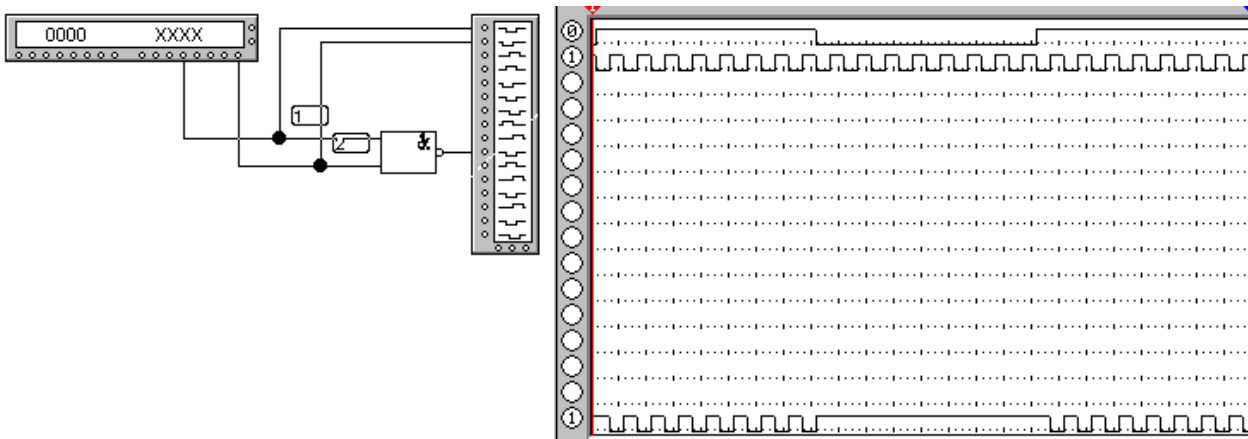


Рисунок - 15 Осциллограмма виртуального тестового блока

На основе осциллограммы можно сделать вывод что не все ячейки находятся в рабочем состоянии

RS-триггер:

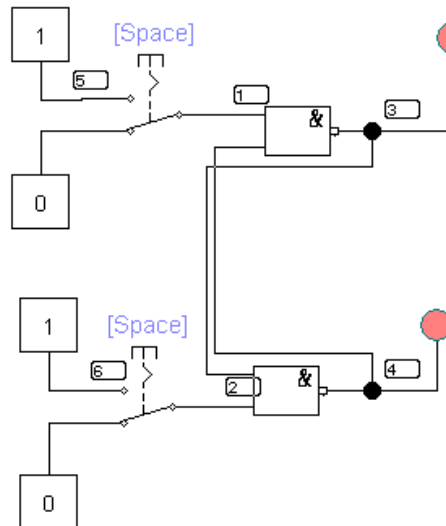


Рисунок - 11 Структурная схема паралельно включенных ключей

Таблица 1 – Уровни сигналов до и после переходного процесса

Q(t)	S	R	Q(t+1)
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	*
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	*

Уровни сигналов до переходного процесса и после переходного процесса могут отличаться, а могут совпадать

ВЫВОДЫ

Подключение форсирующего конденсатора увеличивает время быстрого действия ключа. Из-за ёмкостной нагрузки быстрое действие ключа значительно снижается.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы теории цепей: Учебник для вузов/ Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. – 5-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 528 с.
2. Теоретические основы электротехники. В 3-х ч. – Ч. I. Атабеков Г.И. Линейные электрические цепи: Учебник для вузов. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Энергия, 2008. – 592 с.
3. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. В 2-х т.: Учебник для вузов. Том 1. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат, 2007. – 536 с.