

Лабораторная работа №4

Построение цифровых схем на ПАИС.

Цель работы: обучение построению схем на ПАИС с использованием блока SPM. Изучение и повторение теории цифровой электроники.

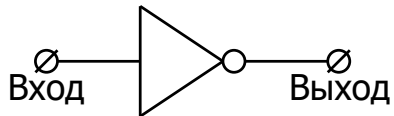
Оборудование: микросхема 5400TP035, отладочная плата, программатор, комплект интерфейсных проводов, персональный компьютер, генератор электрических сигналов, осциллограф, блок питания.

Программное обеспечение: ПО программатора «DCSProg», САПР «Electric VLSI Design System».

Продолжительность работы: 4 академических часа.

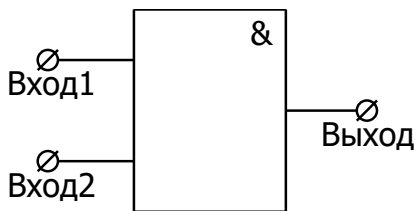
Теоретические сведения

1.1. Инвертор



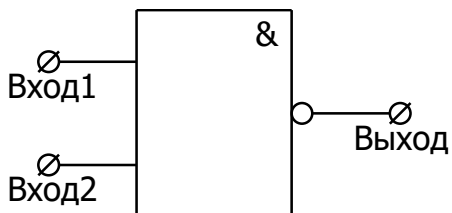
Вход	Выход
0	1
1	0

1.2. Логический элемент «2И»



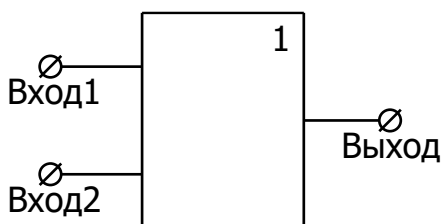
Вход1	Вход2	Выход
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

1.3. Логический элемент «2И-НЕ»



Вход1	Вход2	Выход
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

1.4. Логический элемент «2ИЛИ»



Вход1	Вход2	Выход
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

1.5. Логический элемент «2ИЛИ-НЕ»



1.6. Аналоговый ключ

Аналоговый ключ – устройство, которое передает сигнал со входа на выход в зависимости от управляющего сигнала. Функциональная схема аналогового ключа показана на рисунке 1.

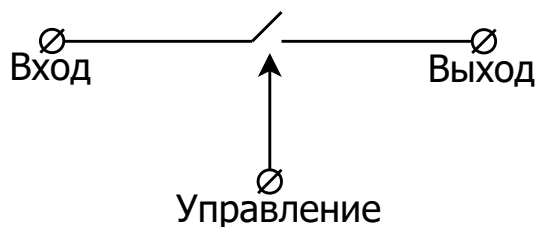


Рисунок 1. Функциональная схема аналогового ключа.

Лабораторное задание

1) Построить инвертор.

Подать на вход сигнал с внешнего источника прямоугольных импульсов амплитудой от 0 В до 5 В с частотой 250 кГц.

Построить инвертор по схеме, изображенной на рисунке 2. Определить задержку переключения и время переключения выходного сигнала. Внести результаты измерений в таблицу 3.

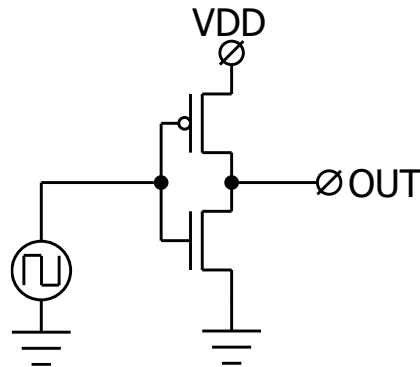


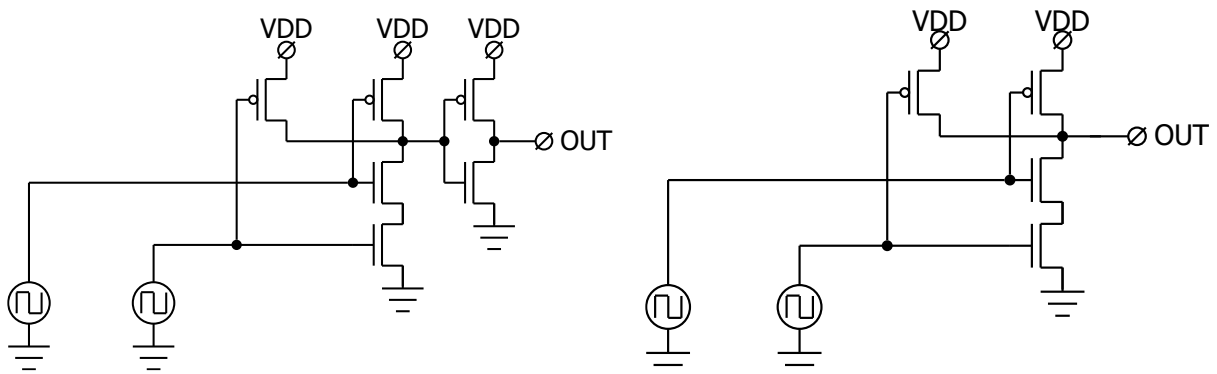
Рисунок 2. Функциональная схема инвертора

Для данного пункта лабораторной работы необходимо использовать выходной цифровой буфер OUTPUT_DDR. Рекомендуется установить время моделирования 32 мкс ($t_{stop}=32 \mu$) с шагом моделирования 100 нс ($t_{step}=100n$), а также время задержки 4 мкс ($TD=4 \mu$) на источнике прямоугольных импульсов (v_{pulse}).

2) Построить схему заданной логической функции.

Подать на вход сигнал с внешнего источника прямоугольных импульсов амплитудой от 0 В до 5 В с частотой 500 Гц.

Построить логический элемент по схемам на рисунке 3 (а,б,в,г,д,е,ж,з) в соответствии с вариантом из таблицы 1. Определить задержку переключения и время переключения выходного сигнала. Внести результаты измерений в таблицу 3.



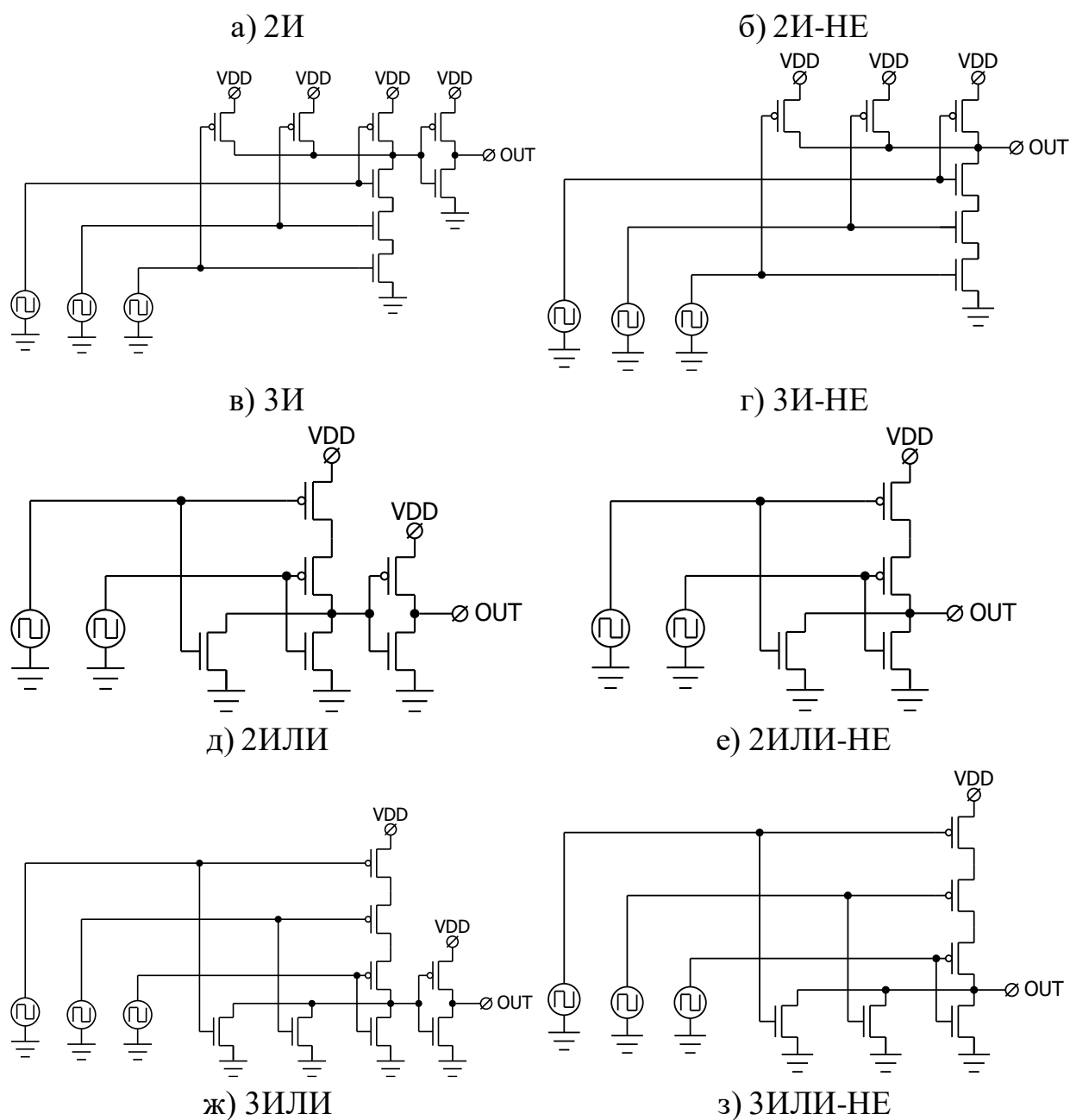


Рисунок 3. Функциональная схема логических элементов

Для данного пункта лабораторной работы необходимо использовать выходной цифровой буфер OUTPUT_DDR. Рекомендуется установить время моделирования 4 мс ($t_{stop}=4\text{ m}$) с шагом моделирования 100 нс ($t_{step}=100\text{ n}$), а также время задержки 4 мкс ($T_D=4\text{ u.}$) на источниках синусоидального (v_{sin}) и прямоугольного (v_{pulse}) импульсов.

3) Построить аналоговый ключ.

Подать на вход с внешнего источника синусоидальный сигнал с частотой 500 Гц и амплитудой 1 В относительно уровня 2,5 В.

На управляющий вход подать сигнал с внешнего источника прямоугольных импульсов амплитудой от 0 В до 5 В с частотой 1 кГц.

Построить комплементарный аналоговый ключ по схеме на рисунке 4. Определить задержку переключения, время переключения, выходное напряжение при открытом и закрытом ключе. Внести результаты измерений в таблицу 4.

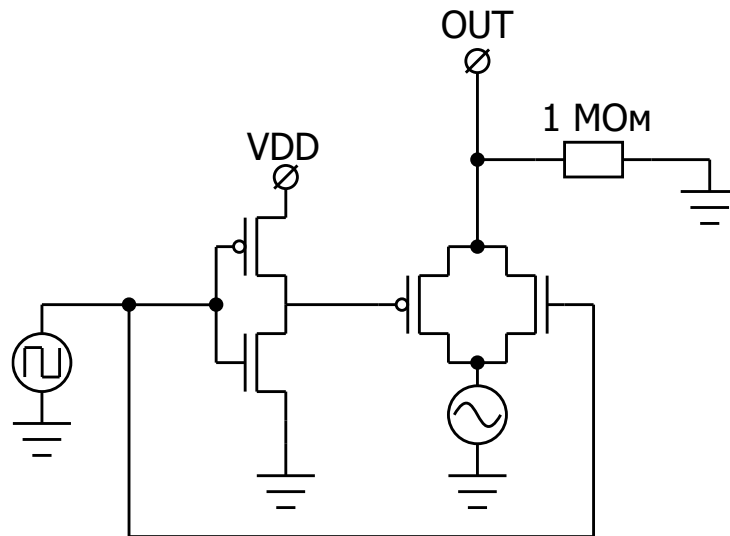


Рисунок 4. Функциональная схема аналогового ключа

Для данного пункта лабораторной работы необходимо использовать выходной аналоговый буфер OUTPUT_ADR. Рекомендуется установить время моделирования 4 мс ($t_{stop}=4\text{ m}$) с шагом моделирования 100 нс ($t_{step}=100\text{ u}$), а также время задержки 4 мкс ($T_D=4\text{ u}$) на источниках синусоидального (v_{sin}) и прямоугольного (v_{pulse}) импульсов.

Для всех пунктов задания необходимо промоделировать схему в программе «Electric VLSI Design System». Запрограммировать микросхему с помощью программатора и ПО программатора «DCSProg». С помощью генератора подать входные сигналы на соответствующие выводы микросхемы на отладочной плате. С помощью осциллографа зарегистрировать значения выходного сигнала.

Логическая функция в пункте 2 определяется номером варианта согласно таблице 1. Номер варианта определяется преподавателем. Задания 1 и 3 одинаковы для всех вариантов.

Таблица 1. Соответствие номера варианта и условия задания пункта 2

Вариант	Логическая функция
1	2И, 3ИЛИ-НЕ
2	2И-НЕ, 3ИЛИ
3	2ИЛИ, 3И-НЕ
4	2ИЛИ-НЕ, 3И

Порядок выполнения работы

Общие указания

Выполнение работы начинается с проектирования схемы в программе «Electric VLSI Design System». Для начала работы, выполните следующие действия:

- Запустите программу «Electric VLSI Design System»
- Откройте библиотеку:
 - Выполните команду: File → Open Library.
 - В открывшемся окне откройте файл simulation.jelib

Путь к файлу C:\CYGELENG\PROJECTS\5400TP035

Создайте свою схему в библиотеке:

- Правой кнопкой мыши нажмите на библиотеку «simulation», в контекстном меню выберите пункт «Create New Cell».
- В появившемся окне «New Cell» в списке «View» выберите тип файла «schematic».
- В пункте «Name» назовите свою схему и нажмите «ОК». Название должно содержать только латинские буквы, цифры и знак «_» без пробелов. Рекомендуемый формат: lab4_scheme_1.
- Дважды нажмите левой кнопкой мыши на свою созданную схему.

Блоки, из которых проектируется схема, расположены в библиотеке symbol (рисунок 5). Чтобы перенести компоненты из библиотеки в рабочее пространство, нажмите левой кнопкой мыши на нужный блок и, не отпуская кнопку, перетащите в рабочее пространство.

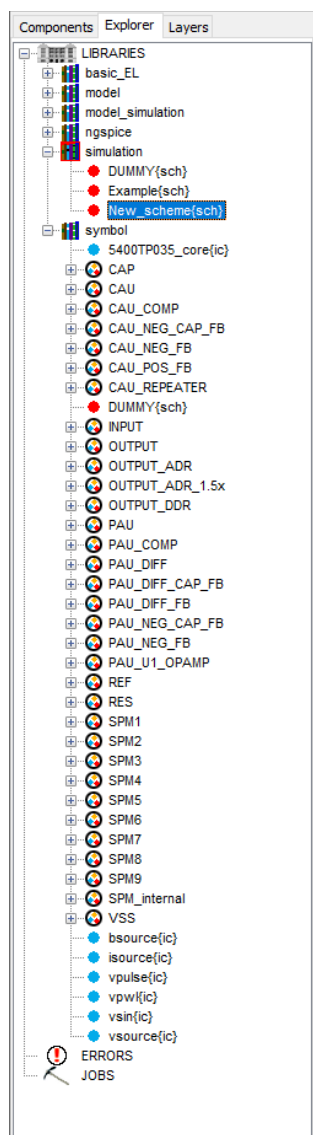


Рисунок 5. Расположение блоков библиотеки symbol в программе «Electric VLSI Design System».

Таблица 2. Описание используемых в лабораторной работе блоков

Название блока	Описание блока
5400TP035_core	Параметры моделирования по времени
INPUT	Блок ввода
OUTPUT_ADR	Блок вывода с аналоговым буфером
OUTPUT_DDR	Блок вывода с цифровым буфером
RES	Резистор с настраиваемым сопротивлением
SPM	Блок свободной конфигурации.
VSS	«Общий» вывод
vsin	Источник синусоидальных импульсов для подачи внешних воздействий
vpulse	Источник прямоугольных импульсов для подачи внешних воздействий

- А – n-канальный МОП-транзистор;
- Б – p-канальный МОП-транзистор;
- В – вывод подключения к VDDA;
- Г – вывод подключения к VSSA;
- Д – резисторы 16 кОм и 76 кОм;
- Е – конденсатор 1 пФ.

Для замыкания ключа следует нажать на один из контактов ключа левой кнопкой мыши, а затем на противоположный контакт правой кнопкой мыши. Для правильного замыкания ключ подсвечивается желтым цветом при наведении на него курсора мыши.

Резистор с настраиваемым сопротивлением

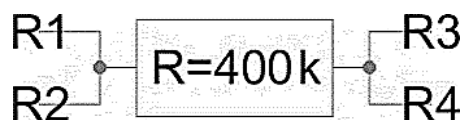


Рисунок 8. Резистор с настраиваемым сопротивлением.

Для того, чтобы запрограммировать резистор RES на необходимое значение сопротивления нужно зажать клавишу «Ctrl», навести курсор на заданное по умолчанию значение соответствующего резистора и нажать левой кнопкой мыши, затем отпустить клавишу «Ctrl» и нажать левой кнопкой на это же значение резистора и заменить на нужное.

Максимальное значение сопротивления – 400 кОм, минимальное значение сопротивления – 80 кОм, шаг – 80 кОм.

Общий вывод

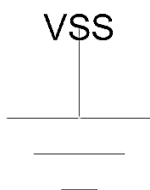


Рисунок 9. «Общий» вывод.

Для коммутации блоков между собой следует нажать на один из контактов блока левой кнопкой мыши, а затем на контакт другого блока правой кнопкой мыши, либо произвести коммутацию вручную путем последовательной отрисовки проводника в необходимых областях. Для этого нужно нажать левую кнопку мыши на начальную точку, затем перевести курсор в необходимую область и нажать правую кнопку, повторять операцию до тех пор, пока не будет осуществлена коммутация нужных блоков.

Для автоматической трассировки важно, чтобы одному выводу блока соответствовало не более 1 провода. В противном случае схема будет разведена не полностью.

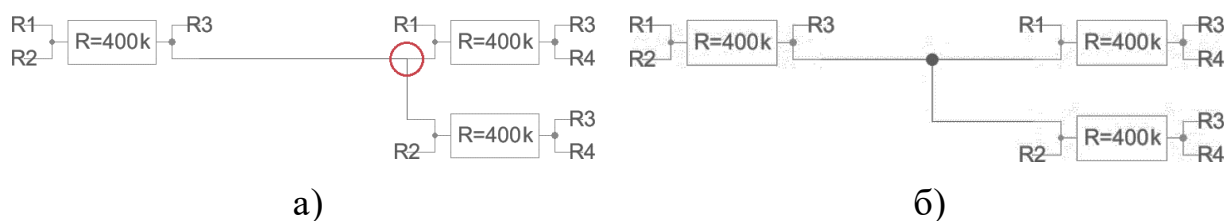


Рисунок 10. а) пример неправильного построения схемы; б) пример правильного построения схемы.

В некоторых случаях в работе автоматической трассировки могут возникать ошибки из-за некорректных замыканий связей. Для автоматического исправления связей используется команда Cleanup Pins (горячая клавиша «F8»).

Моделирование

После того, как схема собрана, необходимо промоделировать ее и создать конфигурационную последовательность для дальнейшей зашивки.

С помощью источников напряжения задать внешние воздействия, для этого нужно перенести компоненты из библиотеки `symbol` в рабочее пространство. Чтобы перенести блоки в рабочее пространство нажмите левой кнопкой мыши на нужный блок и, не отпуская кнопку, перетащите в рабочее пространство.

Важно!

Источники напряжения необходимо подключать ко входу «source» блока ввода «INPUT». Выход блока «INPUT» нужно коммутировать с тем элементом, на который необходимо подать входной сигнал с используемого источника.

Источники сигналов имеют следующие параметры:

- `vpulse` – источник прямоугольных импульсов:
 - `V1` – значение напряжения нижнего уровня;
 - `V2` – значение напряжения верхнего уровня;
 - `TD` – время задержки;
 - `TR` – время фронта (рекомендуемое значение 100 пс);
 - `TF` – время среза (рекомендуемое значение 100 пс);
 - `PW` – ширина импульса;
 - `PER` – период.
- `vsin` – источник синусоидальных импульсов:
 - `VO` – напряжение смещения;
 - `VA` – амплитуда;
 - `FREQ` – частота;
 - `TD` – время задержки;
 - `THETA` – коэффициент затухания.

Для задания параметров источников напряжения дважды нажать на параметр левой кнопкой мыши и вписать значение. Значения параметра вводится без указания единиц измерения. Чтобы ввести десятичную приставку, используются следующие обозначения: фемто-f, пико-p, нано-n, микро-u, милли-m, кило-K, мега-Meg, гига-G, тера-T.

Примечание:

Если после значения Вы напишите букву «М», то программа сочтет это за приставку «милли», точно так же, как и в случае с «m»! Поэтому, если Вам необходима приставка «мега», то после значения нужно вводить символы: «Meg».

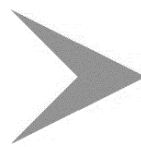
После установки параметров источников, нужно задать параметры моделирования. Для этого необходимо перенести из библиотеки symbol блок «5400TP035_core». Чтобы перенести блоки в рабочее пространство нажмите левой кнопкой мыши на нужный блок и, не отпуская кнопку, перетащите в рабочее пространство.

Важно!

При построении логических элементов с тремя логическими входами необходимо использовать делитель частоты, который реализован в блоке SPM2 библиотеки symbol, так как лабораторное оборудование может не обеспечить подачу трех различных сигналов на вход схемы по причине отсутствия достаточного количества каналов. В случае подачи на вход схемы одного сигнала, необходимо использовать два делителя частоты. Допускается использование одного и того же блока SPM2 для двух разных делителей.

В данной лабораторной работе выполняется анализ по времени:

- tstep – шаг моделирования. Чем меньше значение, тем детальнее график (больше точек в единицу времени) и тем дольше процесс моделирования.
- tstop – время моделирования.



```
tran_control
tstep=100n
tstop=4u
rshunt=10G
pref_key=16
LDO_voltage=5
```

Рисунок 11. Параметры tran-моделирования.

Далее требуется обозначить выводы, которые необходимо контролировать (IN, OUT, REF и т.д.). Для обозначения вывода необходимо зайти в его свойства (клавиша «q» или двойное нажатие левой кнопкой мыши по проводу) и в поле «Name» ввести название (рисунок 12).

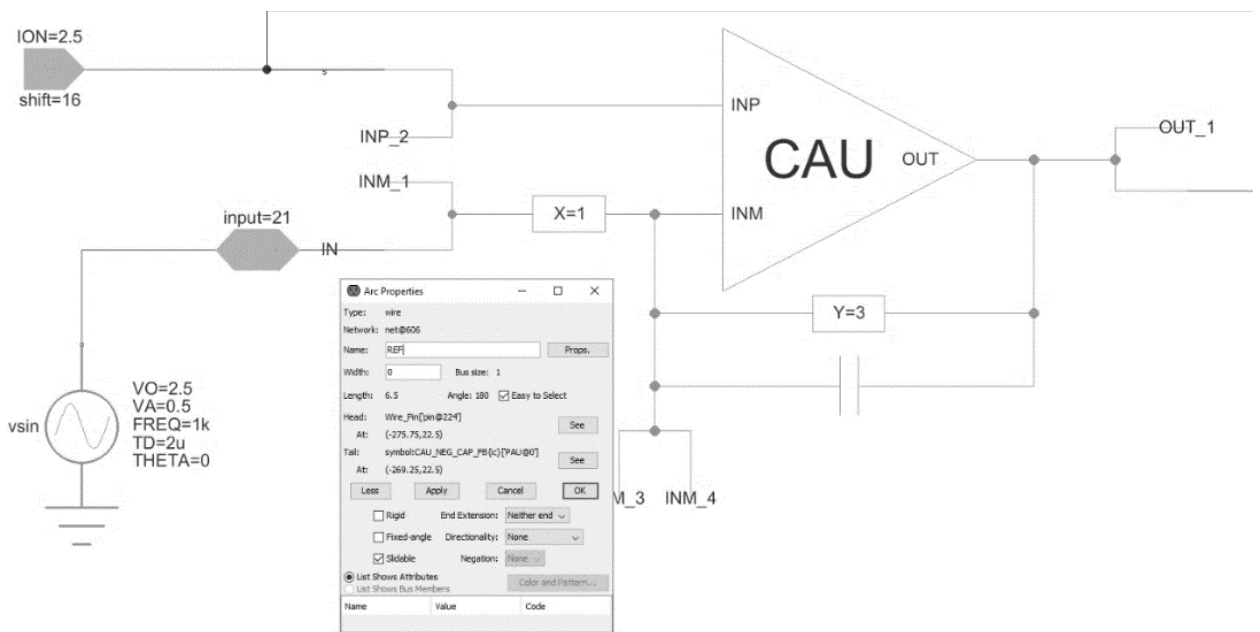




Рисунок 12. Обозначение выводов после построения схемы

Следующий этап – моделирование:

- Для проведения функционального моделирования выполнить команду: Tools → Languages → Write Simulation Path (кнопка  на панели инструментов);
- Запустить функциональное моделирование: Tools → Simulation (Spice) → Write Spice Deck (кнопка **CreateNetlist** на панели инструментов);
- Для того, чтобы получить конфигурационную последовательность построенной схемы необходимо выполнить команду: Tools → Languages → Make Trace (кнопка  на панели инструментов).

После окончания расчетов откроется окно LTspice IV с результатами моделирования. Для вывода графиков выполнить команду Plot Settings → Add Trace (или нажать клавиши «Ctrl» + «A») и выбрать проводник. Выбор проводника осуществляется при помощи поисковой строки «Only list tracing matches», где вводятся номера или названия входов и выходов, соответствующие введенным в поля «Name». Например, если необходимо посмотреть сигнал на выходе с именем OUT, то в поисковой строке необходимо ввести «OUT» и нужный проводник будет обозначаться как «v(OUT)» (рисунок 13).

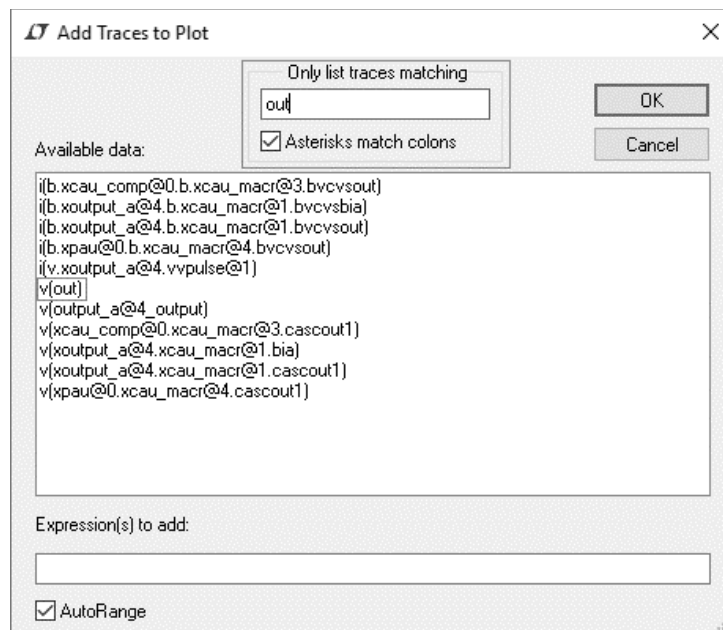


Рисунок 13. Окно вывода результатов моделирования

Некоторые инструменты программы моделирования LTspice IV:

- Увеличение интересующей области – нажать левую кнопку мыши, и не отпуская, выделить интересующую область.
- Возврат масштаба к начальному – нажать кнопку «Zoom full extents» в панели инструментов.
- Добавление координатной плоскости – выполнить команду: Plot Settings → Add Plot Pane.
- Вывод маркеров – нажать левой кнопкой мыши по названию проводника.

Прошивка и измерения

Для записи пользовательской схемы в память микросхемы, необходимо:

- Вставить микросхему в контактирующее устройство на отладочной плате;
- Вставить перемычку («джампер») в два верхних контакта разъема «Г» отладочной платы;
- Соединить программатор с ПК с помощью USB кабеля. Соединить отладочную плату с программатором шлейфом;
- Открыть программу «DCSProg»;
- Выбрать тип микросхемы (выполнить команду: Микросхема → Тип → 5400TP035);
- Загрузить конфигурационную последовательность построенной схемы (выполнить команду: Микросхема → Загрузить файл в буфер. В открывшемся окне выбрать файл Autotracing.txt. Путь к файлу C:\CYGELENG\config\);
- Включить блок питания. Установить 6 В постоянного напряжения. Ограничение по току – 200 мА. Подсоединить сначала «землю» блока питания к «земле» разъема «А», затем питающий провод блока питания к выводу питания разъема «А». Включить подачу напряжения питания.

Примечание №1. Сначала включается блок питания, а затем его выводы подключаются к отладочной плате. Это необходимо для предотвращения выхода из строя микросхемы при скачках напряжения в момент включения блока питания.

Примечание №2. После подачи питания на микросхему и до ее прошивки, напряжение на блоке питания может просесть из-за установленного ограничения по току. После прошивки питание станет равным изначально установленному.

- Запрограммировать микросхему (выполнить команду: Микросхема → Прошить);

При условии правильного выполнения предыдущих инструкций, в основном окне программы «DCSProg» последние три строки будут заканчиваться надписью: «ОК».

- Задать внешние воздействия на соответствующие выводы отладочной платы;
- Проконтролировать выходные сигналы с помощью осциллографа;
- Занести результаты измерений в отчет.

Контроль результатов

Итогом выполненной работы является отчет, который содержит результаты выполненных пунктов задания. Результаты измерений необходимо занести в таблицы 3 и 4. Отчет считается успешным, если все построенные схемы функционируют корректно и, если проведен анализ причин несовпадения практически полученных и теоретически ожидаемых данных. Оформление и другие аспекты отчета определяются преподавателем.

Таблица 3. Результаты измерений пунктов 1 и 2 лабораторной работы

Элемент \ Параметр	Задержка переключения из «1» в «0», нс	Задержка переключения из «0» в «1», нс	Время переключения из «1» в «0», нс	Время переключения из «0» в «1», нс
Инвертор				
Логическая функция 1				
Логическая функция 2				

Таблица 4. Результаты измерений пункта 3 лабораторной работы

Параметр	Значение
Задержка переключения из «1» в «0», нс	
Задержка переключения из «0» в «1», нс	
Время переключения из «1» в «0», нс	
Время переключения из «0» в «1», нс	
Выходное напряжение при открытом ключе, В	
Выходное напряжение при закрытом ключе, В	