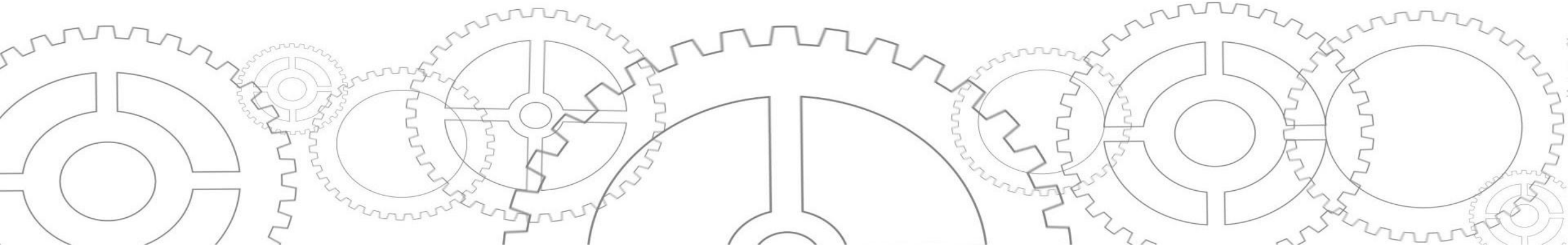
Пример проектирования цифрового устройства

Практические задания
«Мультиплексор. Демультиплексор»
Образовательная программа – 6B06120 «Программная инженерия»
Преподаватель: сеньор-лектор м.е.н. Босынбеков Т. П.
Выполнил: Мусаев Динмухамбет

Инструменты, материалы и прочее:

- *Electronics Workbench*
- *Линейка, ручка и листок (для общих расчетов)*
- *Базовые знания дискретной математики, цифровой схемотехники и принципа работы представленных программ*
- *Условное графическое обозначение микросхем 7404 (аналог К155ЛН1), 7410 (аналог К155ЛА4), 7410 (аналог К155ЛА4) и 7420 (аналог К155ЛА1)*
- *Фактическое изображение микросхем 7404 (аналог К155ЛН1), 7410 (аналог К155ЛА4), 7410 (аналог К155ЛА4) и 7420 (аналог К155ЛА1)*



1. Построение таблицы истинности и нахождение совершенной дизъюнктивной нормальной формы (СДНФ)

Первым делом необходимо составить таблицу истинности по формуле

$$N=2^i$$

где N – количество возможных вариантов, а i – количество выходных сигналов.

В представленном случае это будет выглядеть так:

$$16=2^4$$

На основе полученных данных можно перейти к построению таблицы истинности. Для наглядности входные сигналы были обозначены как A, B, C и D, выходной как F.

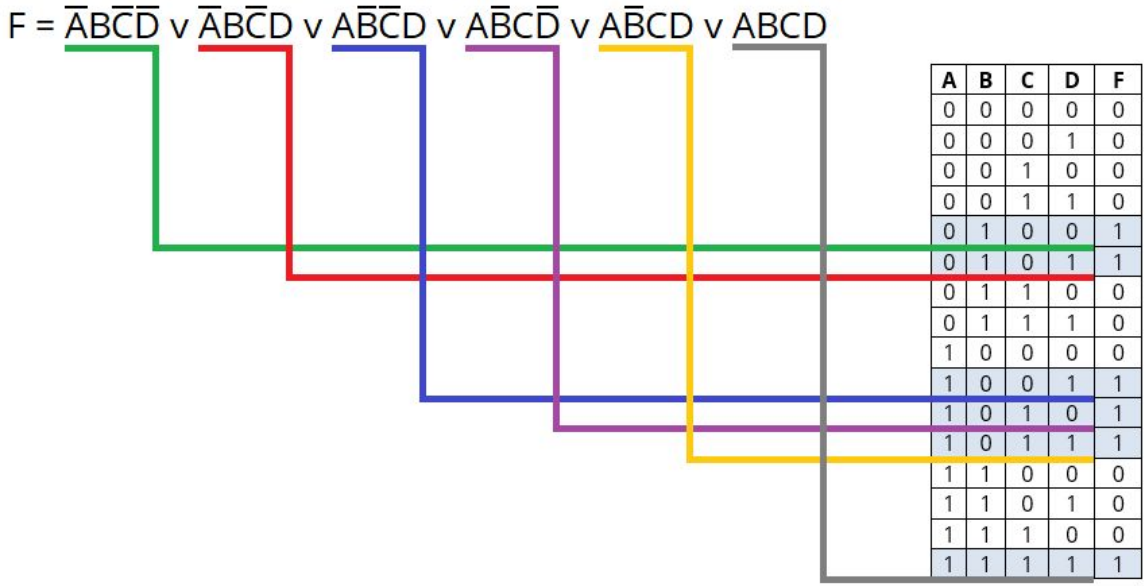
A	B	C	D	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

После построения таблицы истинности можно приступать к получению СДНФ. Это выполняется в два шага:

1. Выделяются строчки таблицы истинности, в которых F=1.

2. Выписывается конъюнкция переменных у всех выделенных строк по следующей формуле: если значение переменной равно 1, то в конъюнкцию включается сама переменная. Если значение равно 0, то включается отрицание переменной. Полученные конъюнкции нужно связать в дизъюнкцию.

По итогу выходит такая СДНФ: $F = \bar{A}B\bar{C}\bar{D} \vee \bar{A}B\bar{C}D \vee A\bar{B}\bar{C}D \vee A\bar{B}C\bar{D} \vee A\bar{B}CD \vee ABCD$



A	B	C	D	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

2. Создание карты Карно, минимизация и приведение к базису И-НЕ

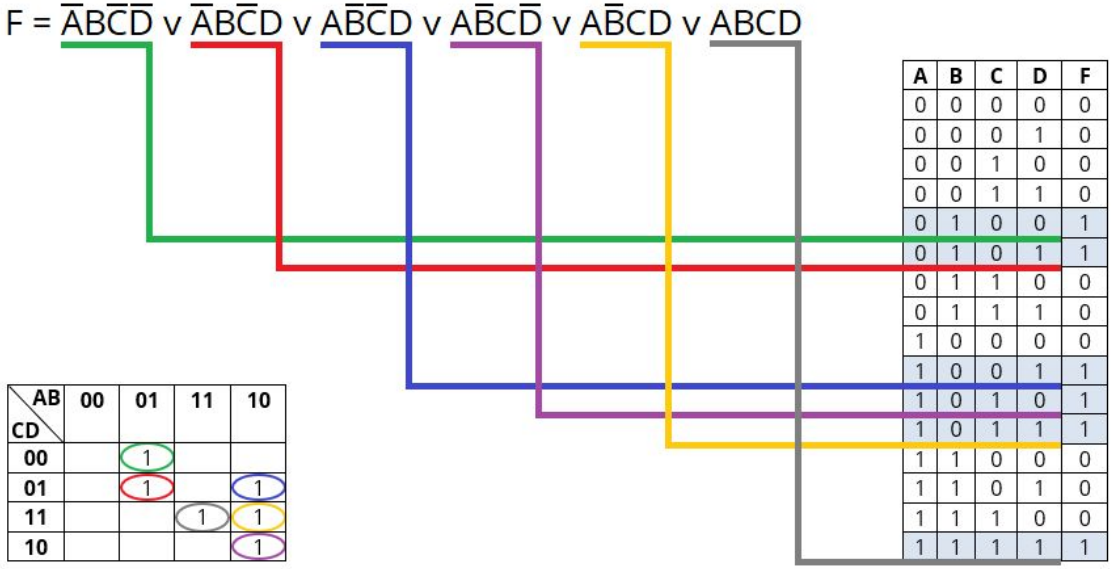
Полученную СДНФ необходимо сократить при помощи карт Карно.

Три шага для построения карт Карно:

так как используются четыре переменные (A, B, C и D), то строится таблица 5×5 клеток;
таблица заполняется на основе «координат» из таблицы истинности (из строк, в которых F=1) или СДНФ (суть одна. Просто кому как удобнее);
в заключение смежные клетки объединяются в группы. Группы не должны содержать нули. Группы должны быть кратны двум. Группы могут пересекаться.

В итоге получилось 4 группы:

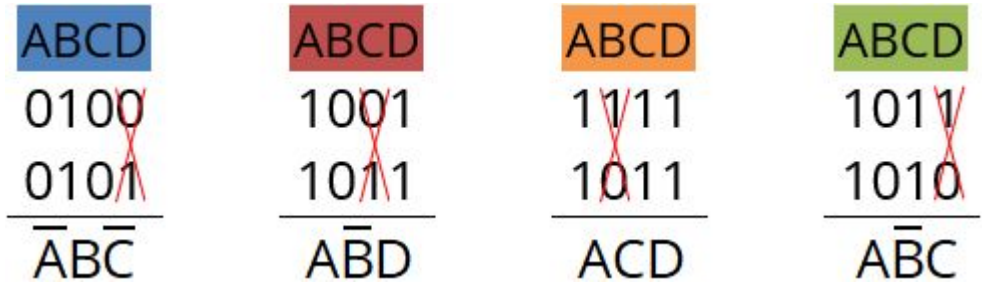
AB / CD	00	01	11	10
00		1		
01		1		1
11			1	1
10				1



AB / CD	00	01	11	10
00		1		
01		1		1
11			1	1
10				1

A	B	C	D	F
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

Следующее действие — минимизация полученных групп. Общий принцип можно свести к следующему:
Если 11 — значение не меняется;
Если 00 — присваивается отрицание;
Если 01 (или 10) — вычеркивается.



Полученные произведения связываются в дизъюнкцию: $F = \bar{A}B\bar{C} \vee A\bar{B}D \vee ACD \vee A\bar{B}C$

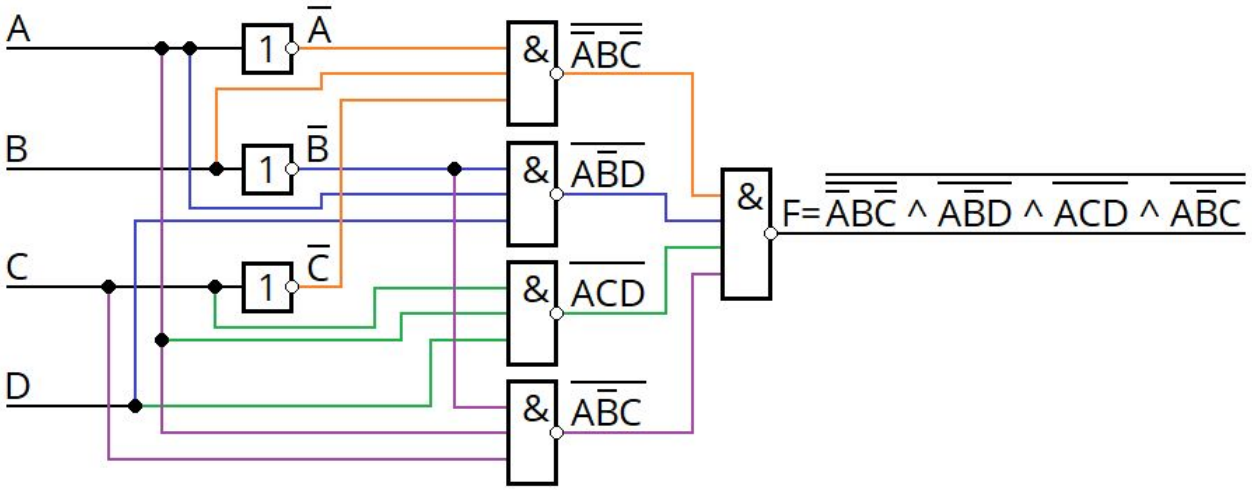
После чего составленное выражение приводится к базису И-НЕ при помощи закона де Моргана (отрицание конъюнкции есть дизъюнкция отрицаний, отрицание дизъюнкции есть конъюнкция отрицаний):

$$\overline{\bar{A}B\bar{C} \wedge A\bar{B}D \wedge ACD \wedge A\bar{B}C}$$

Обратите внимание на изменения — появилось двойное отрицание (по одной на «группу» и одно общее) и изменились знаки.

По желанию также можно составить логическую схему. Почему по желанию? Потому что дальше будет составление электронной схемы на основе логических элементов, а она, по своей сути, является той же самой логической схемой, но с возможностью проверки работоспособности.

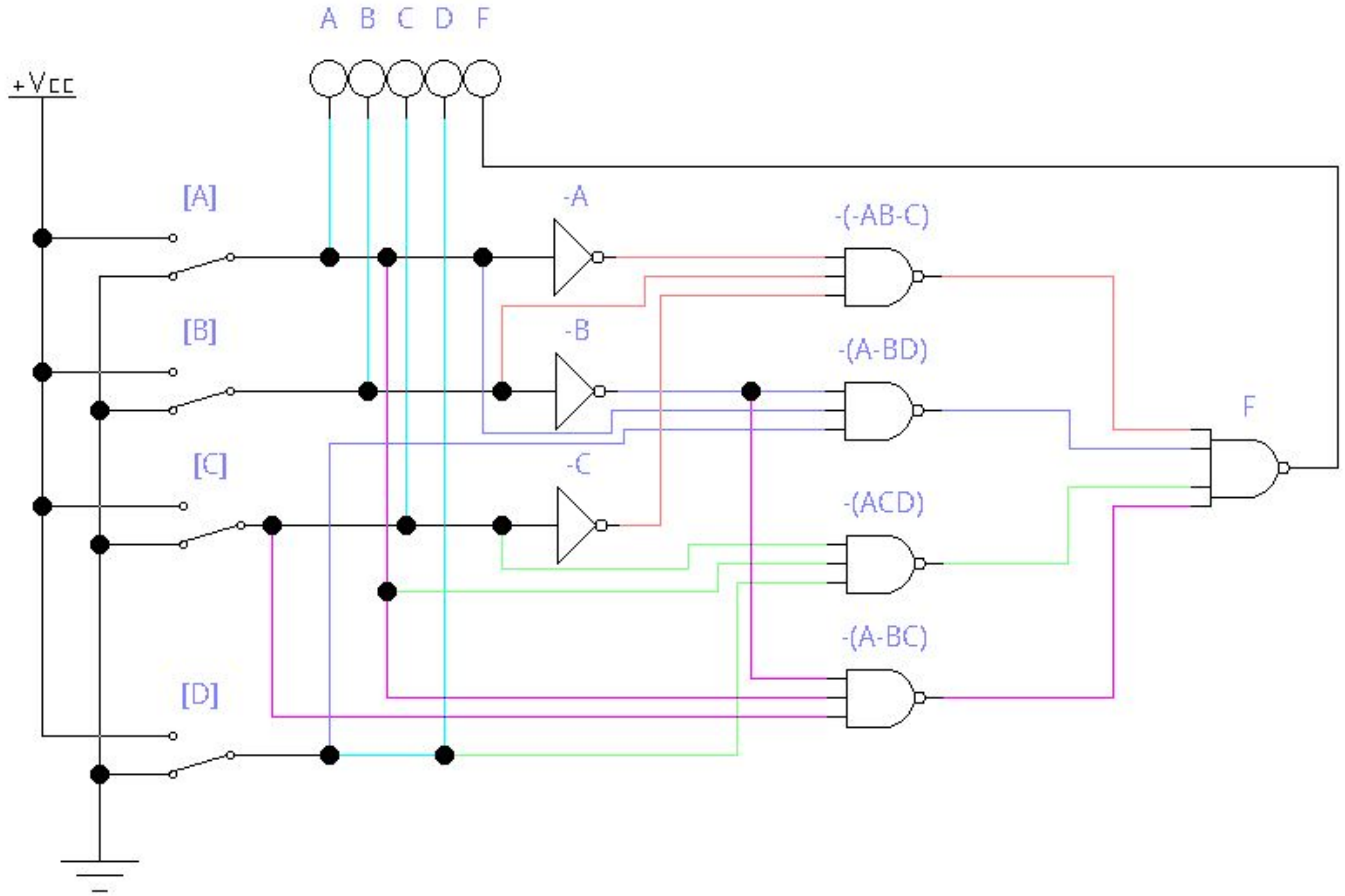
Пример логической схемы:

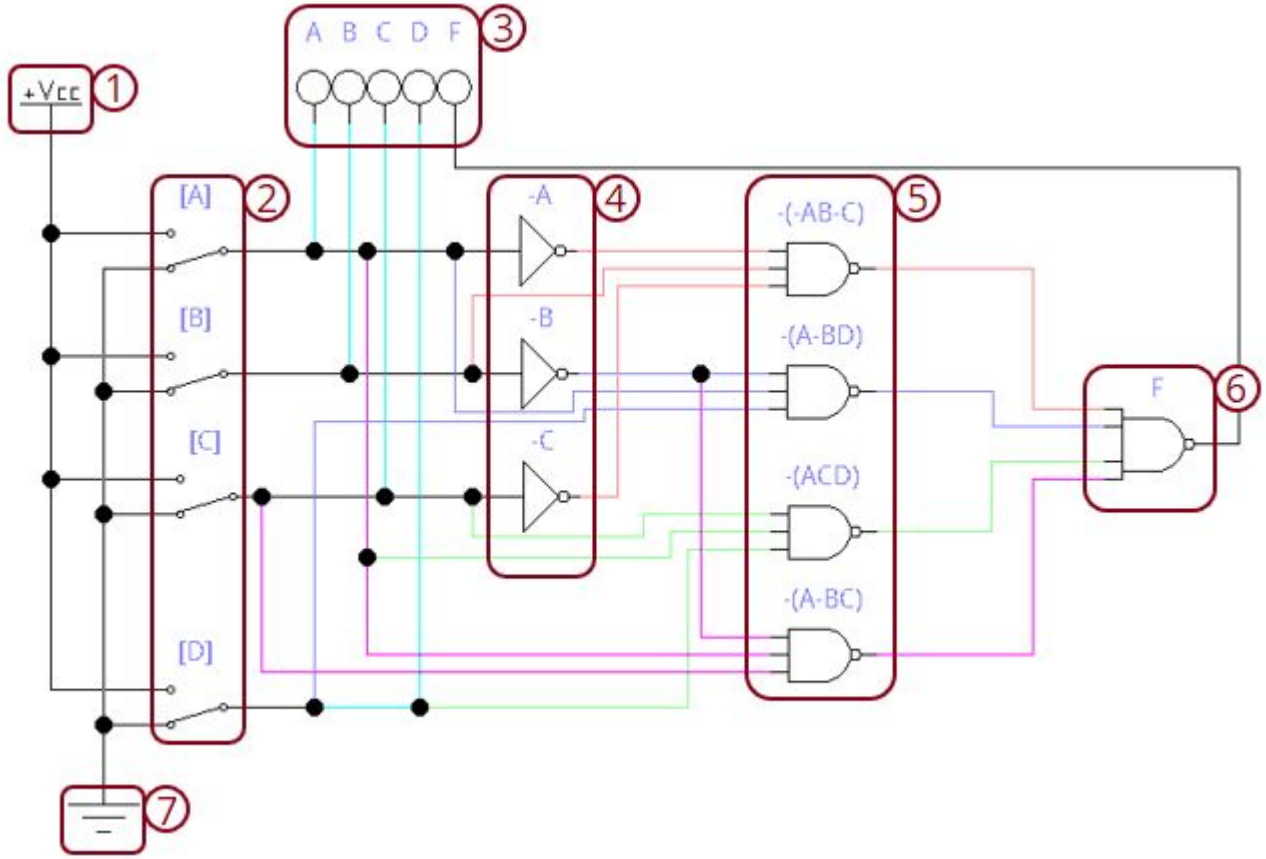


3. Электронная схема на основе логических элементов

Основные расчеты завершены. Теперь можно отложить листок с ручкой и линейкой. Переходим в Electronics Workbench.

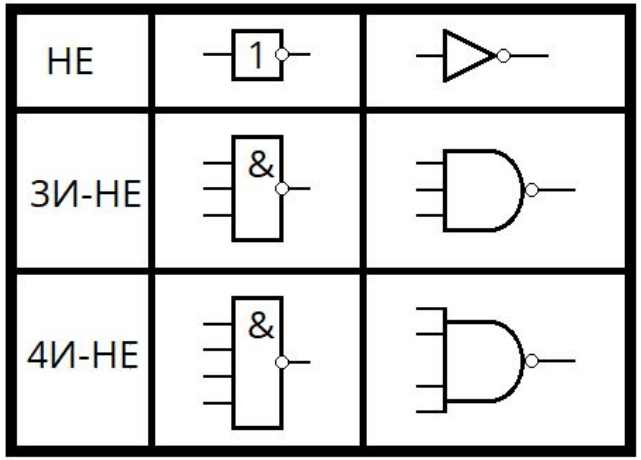
В данном случае этот этап выступает «промежуточным» и упрощает процесс перехода от выражения в базисе И-НЕ к электронной схеме на основе микросхем.





1 — Питание;
2 — Переключатели, используемые для подачи сигналов;
3 — Индикаторы (применяются для наглядной проверки работоспособности);
4 — Логические элементы типа «НЕ»;
5 — Логические элементы типа «3И-НЕ»;
6 — Логический элемент типа «4И-НЕ»;
7 — Заземление.

Как можно заметить, логические элементы электронной схемы внешне отличаются от тех, что были представлены ранее (в логической схеме). Это связано с тем, что в Electronics Workbench условное графическое обозначение логических элементов выполнено по стандартам ANSI, тогда как показанная ранее логическая схема была выполнена в соответствии ГОСТ 2.743-91.



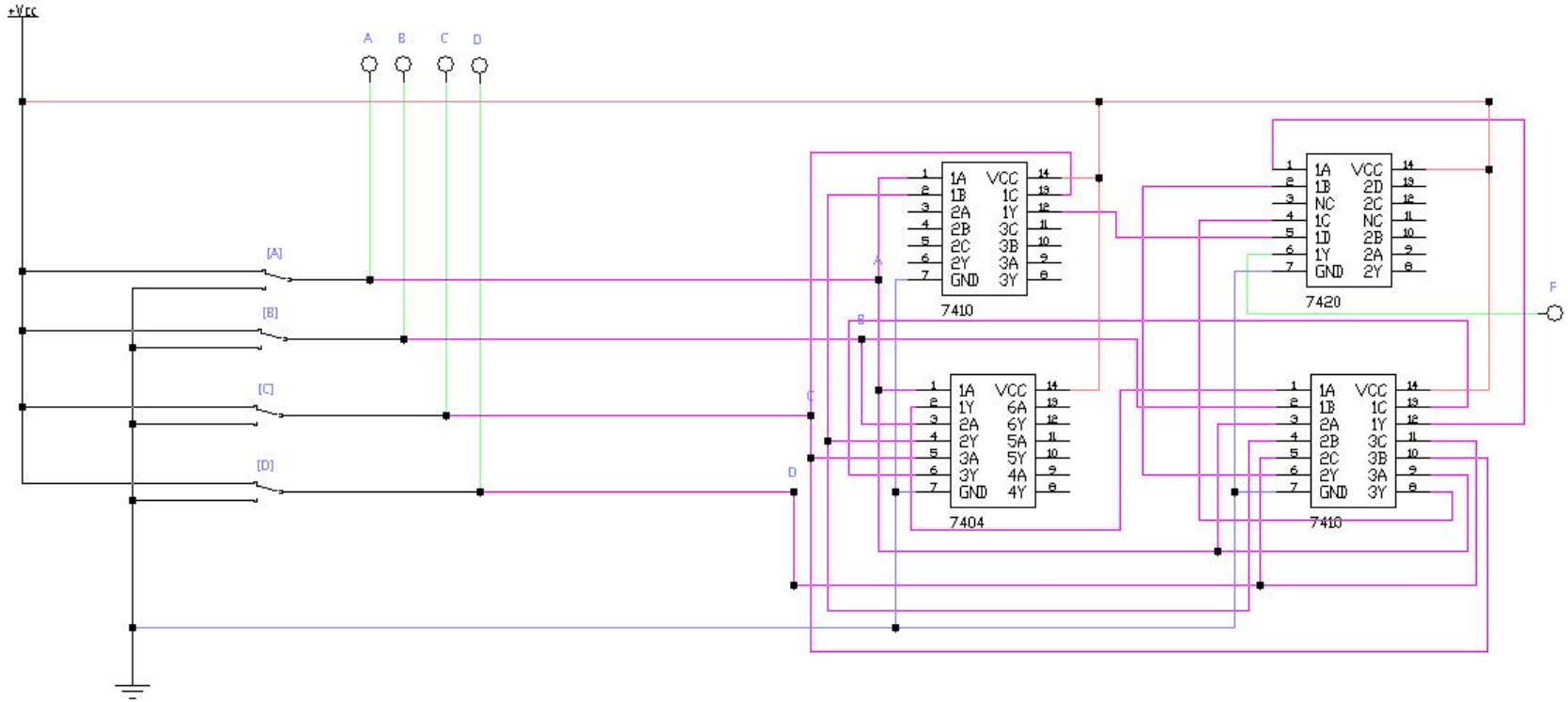
Идем дальше.
Работоспособность электронной схемы проверяется по таблице истинности. Для этого нужно нажать кнопку запуска

и начать производить переключения, проводя сравнение с таблицей истинности.
Пример:

ВАЖНО: *нужно проверять каждую строчку. Выборочная проверка ничего не даст.*

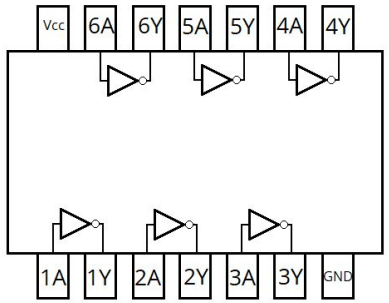
4. Электронная схема на основе микросхем

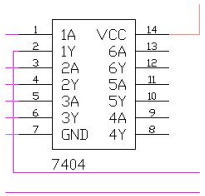
На базе имеющихся данных производится построение электронной схемы на основе микросхем (также по полученной схеме можно будет ориентироваться во время проектирования печатной платы).



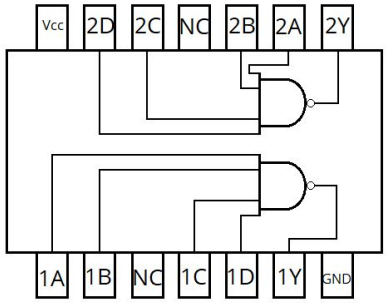
Фактические изображения:

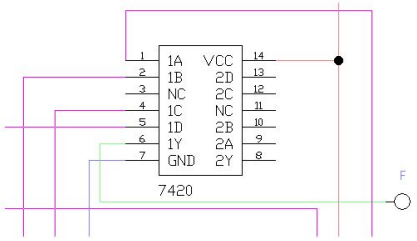
как можно заметить, в полученной электронной схеме использовано 4 микросхемы — 7404 (аналог К155ЛН1), 7410 (аналог К155ЛА4), 7410 (аналог К155ЛА4) и 7420 (аналог К155ЛА1). Для того чтобы понять, как происходит подключение, следует обратиться к фактическому изображению микросхем.



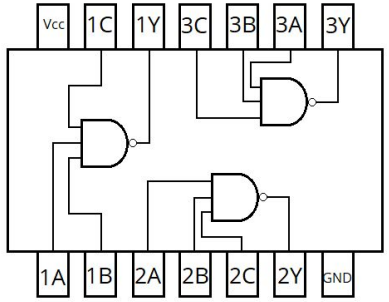


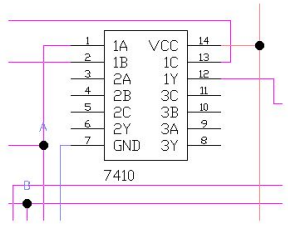
7404 (аналог К155ЛН1)





7420 (аналог К155ЛА1)





7410 (аналог К155ЛА4)

Сначала это может показаться сложным, но со временем вы поймете, что это не так уж и трудно.