

# *Пример проектирования цифрового устройства*

*Практические задания*

*«Мультиплексор. Демультимплексор»*

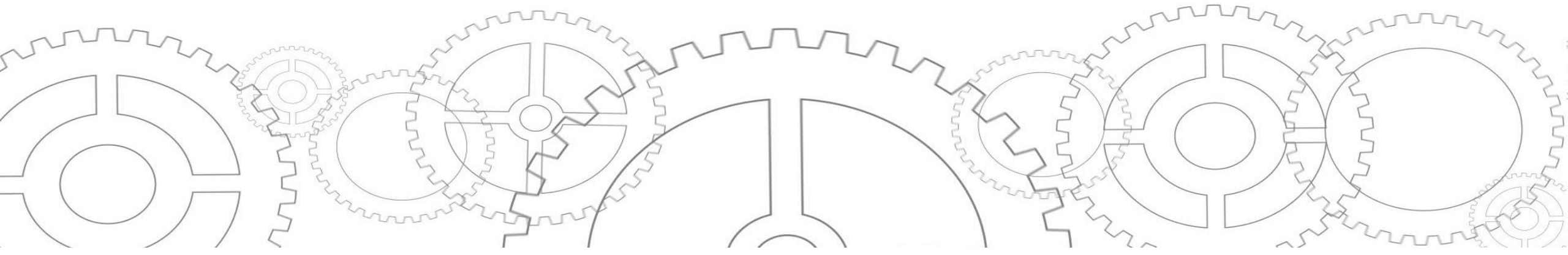
*Образовательная программа – 6В06120 «Программная инженерия»*

*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 приступить к получению СДНФ. Это выполняется в два шага:

1. Выделяются строки 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:  $F = \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} \vee \bar{A}\bar{B}\bar{C}D \vee \bar{A}\bar{B}C\bar{D} \vee \bar{A}\bar{B}CD \vee \bar{A}BC\bar{D} \vee \bar{A}BCD \vee ABC\bar{D} \vee ABCD$

$$F = \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} \vee \bar{A}\bar{B}\bar{C}D \vee \bar{A}\bar{B}C\bar{D} \vee \bar{A}\bar{B}CD \vee \bar{A}BC\bar{D} \vee \bar{A}BCD \vee ABC\bar{D} \vee ABCD$$

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

$$F = \bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D} \vee \bar{A}\bar{B}\bar{C}D \vee \bar{A}\bar{B}C\bar{D} \vee \bar{A}\bar{B}CD \vee \bar{A}B\bar{C}\bar{D} \vee \bar{A}B\bar{C}D \vee \bar{A}BC\bar{D} \vee \bar{A}BCD \vee A\bar{B}\bar{C}\bar{D} \vee A\bar{B}\bar{C}D \vee A\bar{B}C\bar{D} \vee A\bar{B}CD \vee AB\bar{C}\bar{D} \vee AB\bar{C}D \vee ABC\bar{D} \vee ABCD$$

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.

ABCD	ABCD	ABCD	ABCD
0100	1001	1111	1011
0101	1011	1011	1010
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
$\overline{A}B\overline{C}$	$A\overline{B}D$	$ACD$	$A\overline{B}C$

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

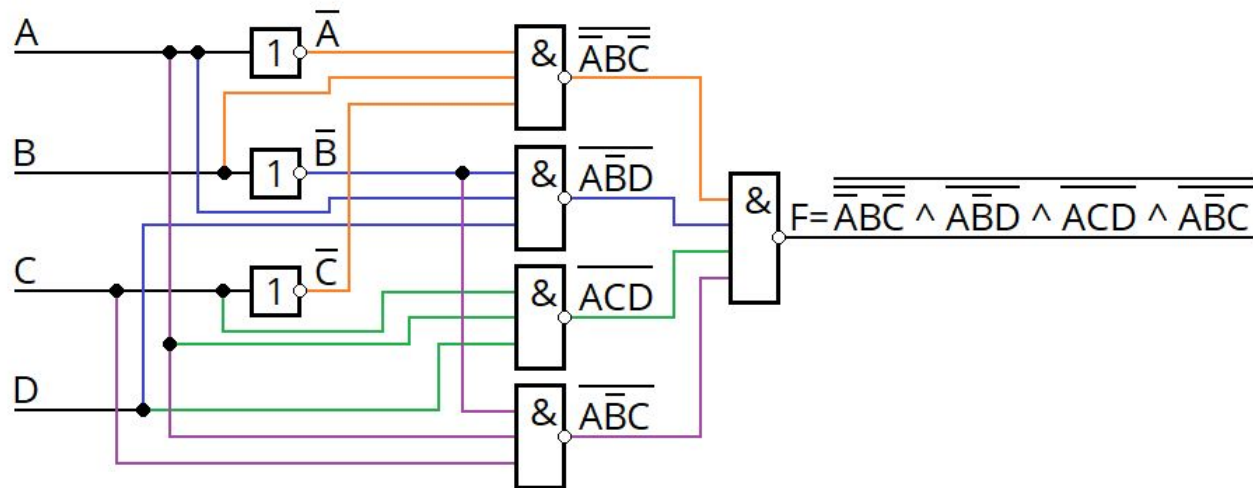
После чего составленное выражение приводится к базису И-НЕ при помощи закона де Моргана (отрицание конъюнкции есть дизъюнкция отрицаний, отрицание дизъюнкции есть конъюнкция отрицаний):

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

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.

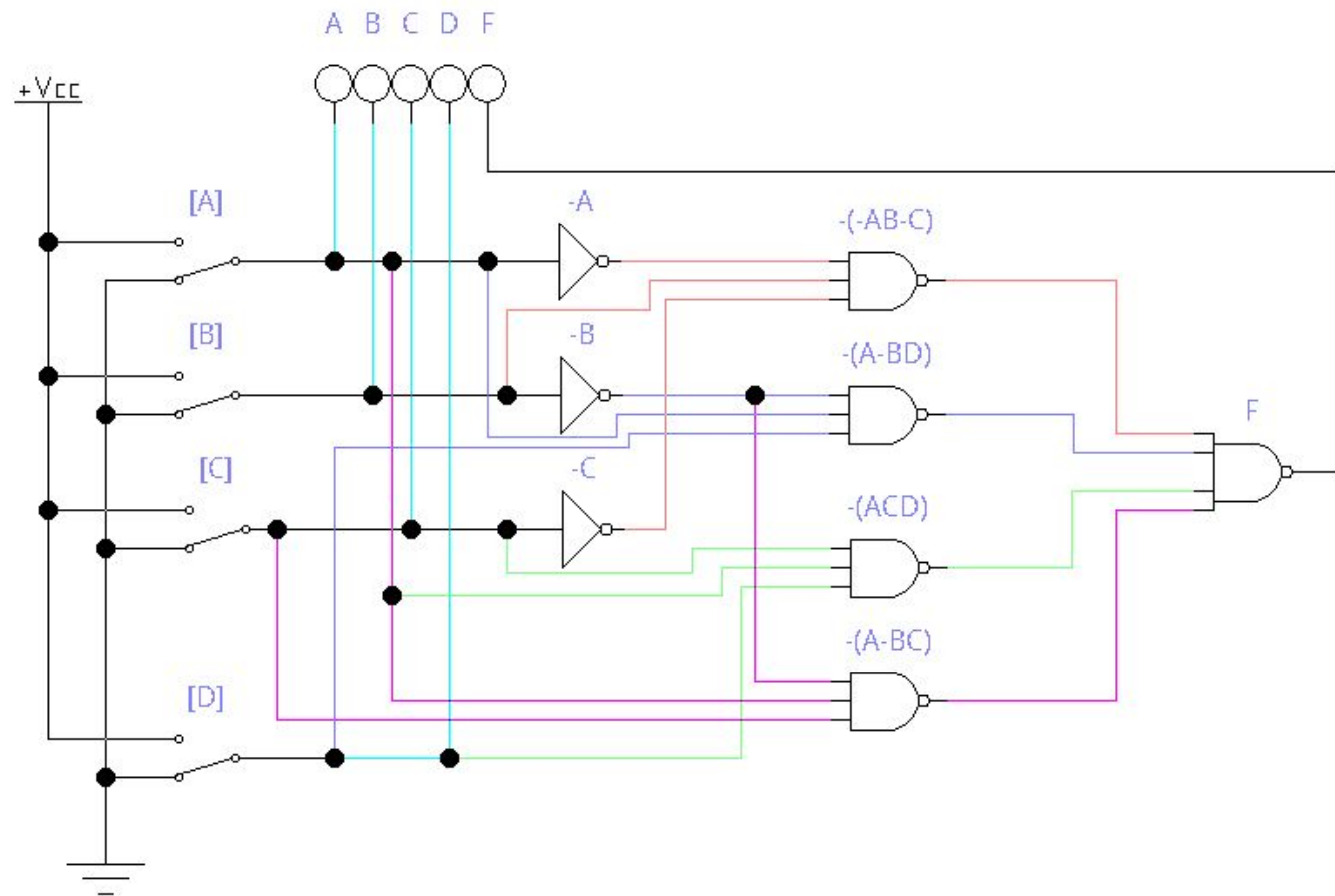
Пример логической схемы:



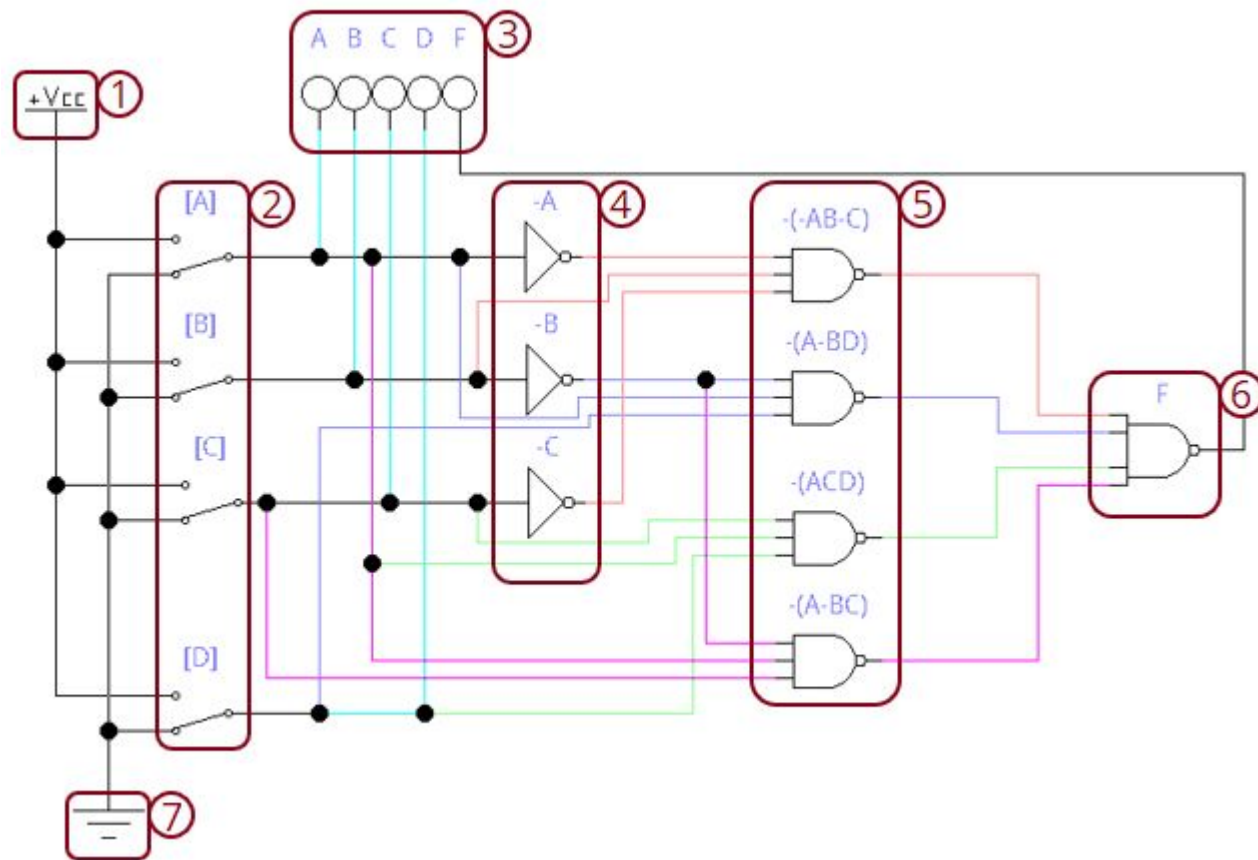
### 3. Электронная схема на основе логических элементов

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.

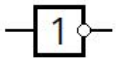
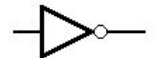
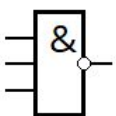
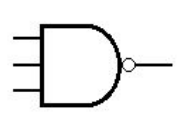
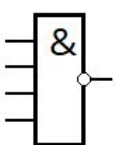
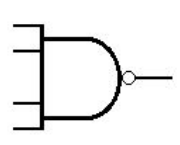






- 1 — Питание;
- 2 — Переключатели, используемые для подачи сигналов;
- 3 — Индикаторы (применяются для наглядной проверки работоспособности);
- 4 — Логические элементы типа «НЕ»;
- 5 — Логические элементы типа «3И-НЕ»;
- 6 — Логический элемент типа «4И-НЕ»;
- 7 — Заземление.

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.

НЕ		
3И-НЕ		
4И-НЕ		

Идем дальше.

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

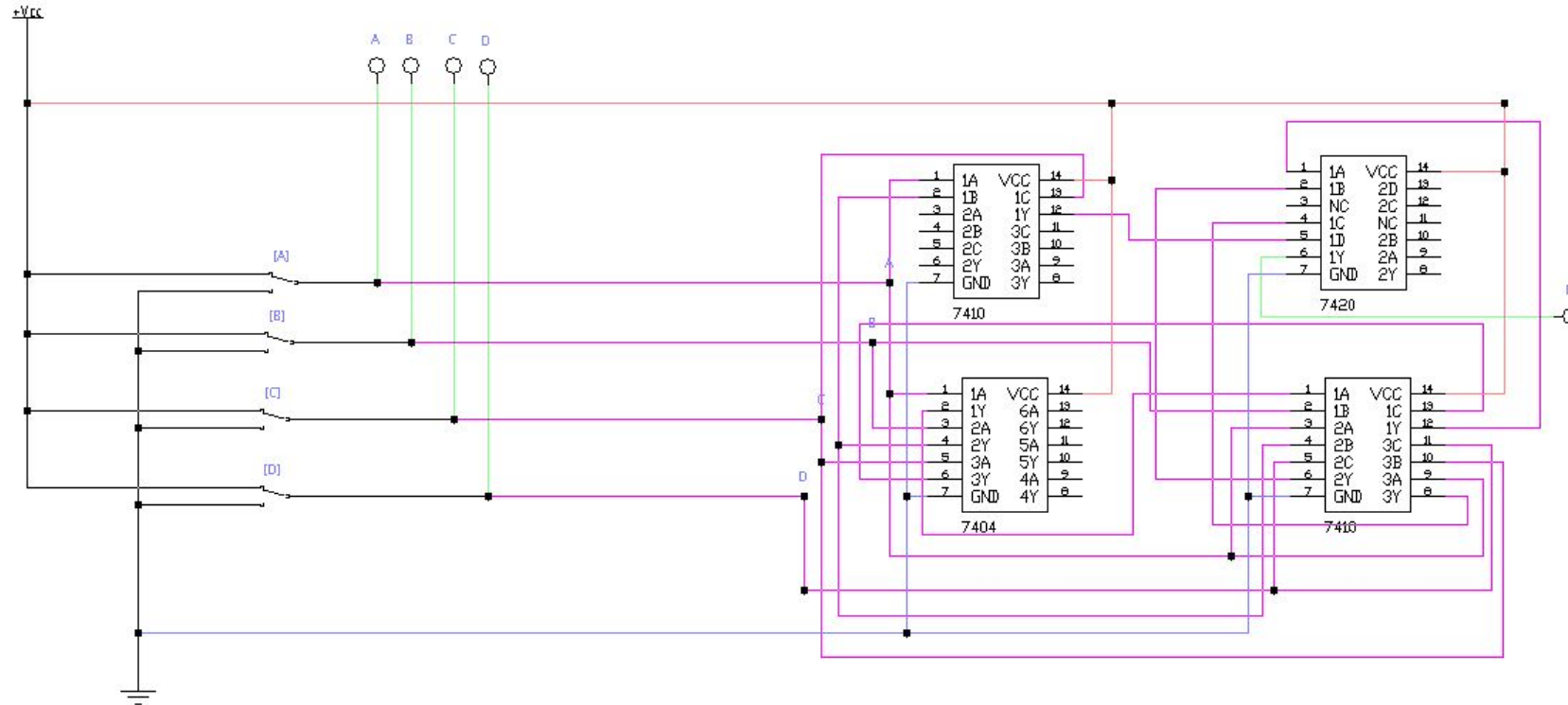


и начать производить переключения, проводя сравнение с таблицей истинности.  
Пример:

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

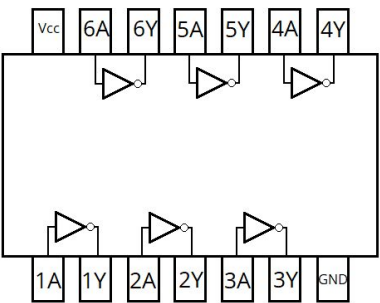
#### 4. Электронная схема на основе микросхем

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

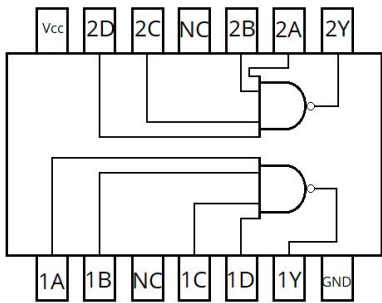
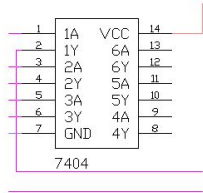


**Фактические изображения:**

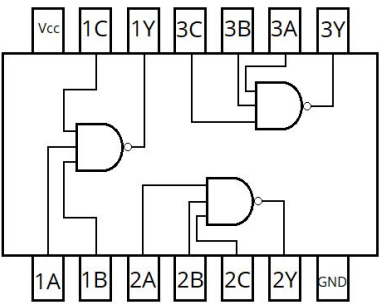
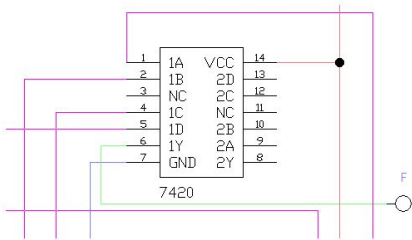
*как можно заметить, в полученной электронной схеме использовано 4 микросхемы — 7404 (аналог К155ЛН1), 7410 (аналог К155ЛА4), 7410 (аналог К155ЛА4) и 7420 (аналог К155ЛА1). Для того чтобы понять, как происходит подключение, следует обратиться к фактическому изображению микросхем.*



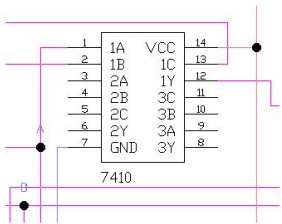
7404 (аналог К155ЛН1)



7420 (аналог К155ЛА1)



7410 (аналог К155ЛА4)



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