ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ РФ

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

В.Я. Тойбич
А.И. Бабин

Логические приемы составления и анализа релейно-контактных и бесконтактных схем

Методические указания (пособие) к практическим занятиям по курсу «Системы автоматизированного управления»

Направление 220300 – Автоматизированные технологии и производства

Специальность 220301.65 – Автоматизация технологических процессов и производств (химико-лесной комплекс)

Екатеринбург
2009

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛИФ УГЛТУ
Протокол №____ от ____ __________ 2009 г.

Рецензент доцент В.Е. Выборнов

Редактор Н.А. Майер
Оператор А.А. Сидорова

Подписано в печать		Поз.
Плоская печать	Формат 60x 84 1/16	Тираж 50 экз.
Заказ №	Печ. л.	Цена 2 р. 40 к.

Редакционно – издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

При исследовании схем приходится решать две основные задачи:

1. синтез схем - нахождение структуры схемы по заданным условиям работы схемы;
2. анализ схем - определение условий работы схемы или отдельных ее элементов по имеющейся структуре схемы.

Как при синтезе, так и при анализе схем необходимо производить такие их преобразования, при которых сохраняется равносильность схем, т. е. при которых с изменением структуры действия схема удовлетворяет данным условиям. При инженерном проектировании электрических схем в качестве средств преобразования используется аппарат алгебры логики (булева алгебра). Преобразования могут быть выполнены вручную или в различных программах, например, Multisim, существенно облегчающих труд разработчика схем.

К основным функциям алгебры логики относятся:

1. логическое умножение - конъюнкция (функция И, AND);
2. логическое сложение - дизъюнкция (функция ИЛИ, OR);
3. логическое отрицание - инверсия (функция НЕ, NOT).

Сложные функции алгебры логики могут быть получены из простых путем объединения их между собой определенными логическими связями. Такими функциями являются Штрих Шеффера (И-НЕ, NAND), Стрелка Пирса (ИЛИ-НЕ, NOR), Импликация, Альтернатива и многие другие. Использование их для логических высказываний упрощает реализацию логических преобразований.

Схемы автоматического управления разрабатываются для того, чтобы получить определенную последовательность действий исполнительных органов в зависимости от входных команд, подаваемых извне.

В зависимости от задаваемых комбинаций входных команд и определенной последовательности их поступления должны включаться в строго заданной последовательности определенные исполнительные органы системы автоматического релейно-контактного управления. Эта строгая последовательность определяется логически обоснованной структурой схемы. Сама работа схем релейно-контактной автоматики основана на вполне определенных логических преобразованиях входных команд и перемещениях выходных исполнительных органов.

Математический аппарат алгебры логики имеет дело с двумя состояниями переменных: истинным и ложным (1 или 0), и релейно-контактные схемы также характеризуются двумя состояниями электрических цепей: они могут быть только замкнутыми или только разомкнутыми. Это дает возможность при анализе и синтезе релейно-контактных схем использовать законы алгебры логики.

Исходя из вышеизложенного, видим, что аналогом конъюнкции является последовательное соединение элементов, аналогом дизъюнкции - параллельное, а аналогом инверсии - нормально замкнутый контакт, рис. 1.

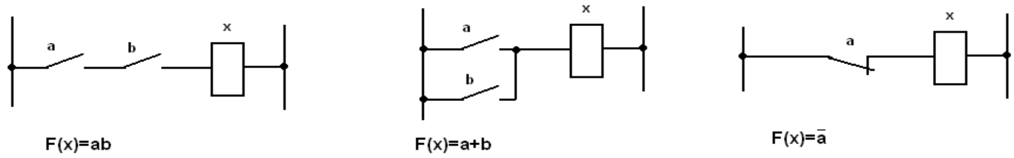
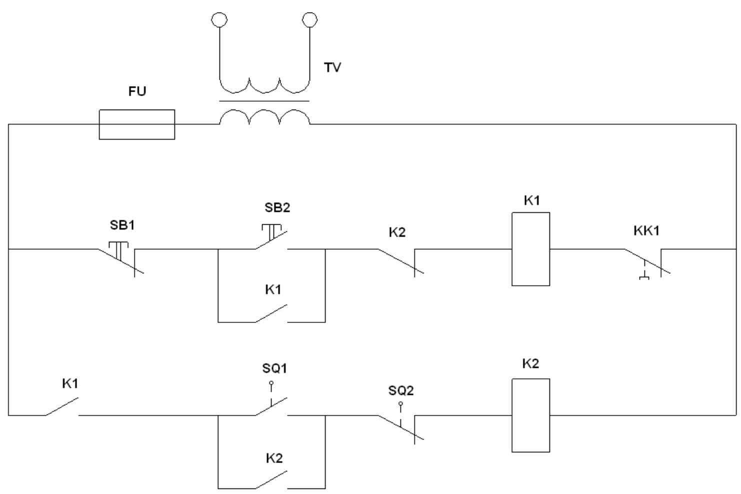


Рис.1 Контактные аналоги логических функций

При анализе и синтезе релейно-контактных схем пользуются аналитической записью работы отдельных элементов схем и работы всей схемы в целом. При этом различные вспомогательные элементы схем (трансформаторы и выпрямители для питания цепей управления, защитные аппараты - плавкие предохранители, тепловые реле, клеммы, разъемы и т.д.), непосредственно не участвующие в создании логики схемы в запись не вводятся. После получения структуры схемы такие вспомогательные элементы вводятся в них с учетом необходимости обеспечения защиты отдельных цепей и механизмов, а также для создания удобства и безопасности обслуживания. Силовые цепи механизмов также не вводятся в аналитическую запись.

Например, на рис.2 приведена цепь управления некоторой электрической релейно-контактной схемы (а) и ее аналитическая запись (б).



а

$$f(k1) = \overline{SB1}(SB2 + K1)\overline{K2}K1$$

$$f(k2) = K1(SQ1 + K2)\overline{SQ2} \cdot K2$$

б

Рис. 2 Релейно-контактная схема (а) и её аналитическая запись (б)

Так как структуры катушек к1 и к2 включены параллельно источнику питания, то структурная формула всей схемы запишется следующим образом:

$$F = \overline{SB1}(SB2 + K1)\overline{K2}K1 + K1(SQ1 + K2)\overline{SQ2}K2$$

Основные формулы преобразования релейно-контактных схем.

Алгебра логики и соответственно базирующаяся на ней алгебра релейных схем имеют свои законы во многом напоминающие законы обычной алгебры. Так для алгебры релейных схем справедливы переместительный и сочетательный законы, а также распределительный закон умножения относительно сложения. Графическое изображение этих законов приведено на рис.3

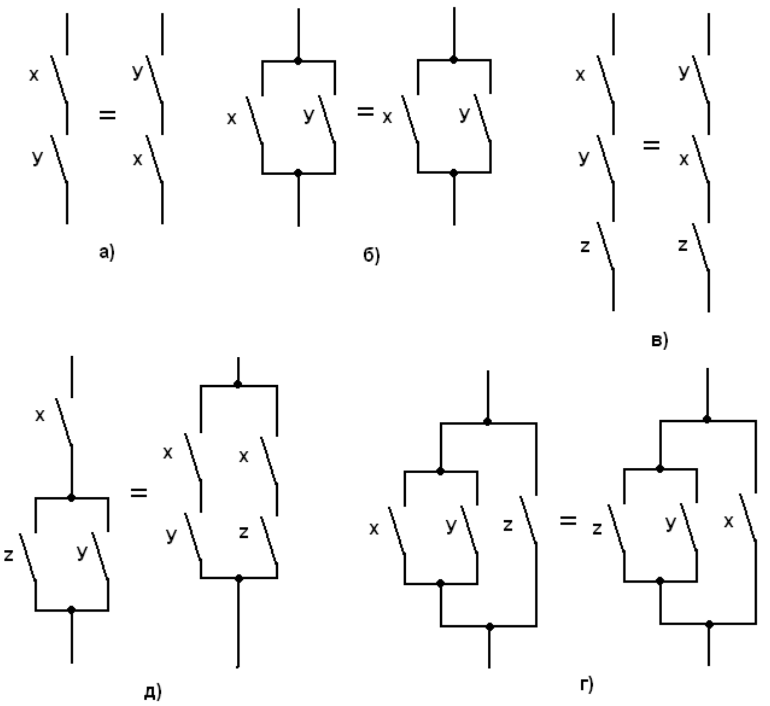


Рис. 3 Графическая интерпретация основных законов алгебры логики

1. Переместительный закон:
xy=yx -для логического умножения (рис.3а);
x+y=y+x -для логического сложения (рис.3б);
1. Сочетательный закон:
(xy)z=x(yz) -для логического умножения (3в);
(x+y)+z=x+(y+z) -для логического сложения (рис.3г);
2. Распределительный закон умножения относительно сложения:
x(y+z)=xy+xz -(рис.3д).

Кроме законов, совпадающих с законами обычной алгебры, алгебра релейных схем имеет и свои специфические законы. Графическое изображение этих законов приведено на рис.4

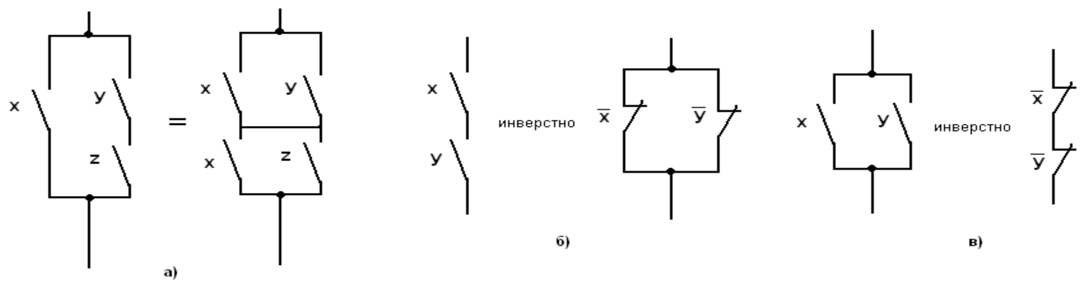


Рис. 4 Графическая интерпретация законов алгебры логики, не имеющих аналогов в «обычной» алгебре.

Распределительный закон сложения относительно умножения:
x+yz=(x+y)(x+z) - (рис.4а).

Он является обратным по отношению к распределительному закону умножения относительно сложения и получается из последнего путем замены всех знаков на обратные. Действительно, перемножив почленно скобки в правой части, получим:

(x+y)(x+z)=xx+xy+xz+yz=x+xy+xz+yz=x(1+y+z)+yz=x+yz

1. Закон повторения:

$x\cdot x\cdot ... = x \quad x + x + ... = x$

В этом случае цепь, состоящая из последовательного и параллельного соединения одинаковых контактов одного и того же релейного элемента, равносильна по своему действию одному контакту этого элемента.

3. Закон инверсии:

$\overline{x\cdot y} = \bar{x} + \bar{y}$ - для логического умножения (рис.4б)

$\overline{x + y} = \bar{x}\cdot\bar{y}$ - для логического сложения (рис. 4в)

В соответствии с этим законом исходная и инверсная схемы связаны между собой так, что, когда исходная схема представляет собой замкнутую цепь, инверсная схема является разомкнутой, и наоборот. Следовательно, если исходная схема представляет собой постоянно замкнутую (равную единице) цепь, то инверсная ей схема будет постоянно разомкнутой (равной нулю). При инвертировании меняются на противоположные не только контакты, но и знаки логических действий, т.е. логическое умножение меняется на логическое сложение, а логическое сложение - на логическое умножение.

Инверсией единицы является нуль, а нуля - единица: $\bar{1} = 0 \quad \bar{0} = 1$

Используя различные сочетания контактов с единицей и нулем, можно получить следующие соотношения:

$x\cdot 1 = x$; $x + 0 = x$; $x + 1 = 1$; $x\cdot 0 = 0$; $x\cdot\bar{x} = 0$; $x + \bar{x} = 1$

Формулы $x\cdot\bar{x} = 0$ и $x + \bar{x} = 1$ справедливы только для статических режимов работы, т.е. когда процесс переключения уже закончился; в момент же переключения они (формулы) могут оказаться неверными. Например, при включении обычно применяемых в промышленности электромагнитных реле, раньше размыкаются их размыкающие контакты, а уже потом замыкаются замыкающие. Потому цепь $x+\bar{x}$ кратковременно (до 1 мс) оказывается равной нулю, и если это может влиять на дальнейшую работу схемы, то цепь $x+\bar{x}$ нельзя тождественно считать равной единице. Кроме рассмотренных выше реле существуют реле с переключающими контактами, для которых характерно то, что при их включении сначала замыкаются замыкающие контакты, а затем только размыкаются размыкающие, а при отключении реле сначала замыкаются размыкающие контакты, а потом размыкаются замыкающие. Для таких реле цепь $x\cdot\bar{x}$ не будет тождественно равна нулю, т.к. в момент переключения она превращается на короткое время (до 1 мс) в единицу.

3. Закон поглощения для сложения и умножения:

$x + x\cdot y = x \qquad x\cdot(x+y) = x$

4. Закон склеивания для сложения и умножения:

$x+\bar{x}\cdot y = x+y$, так как $x+\bar{x}\cdot y = (x+\bar{x})\cdot(x+y) = 1\cdot(x+y) = x+y$

$x\cdot(\bar{x}+y) = x\cdot y$

1.5 Логические приемы составления и анализа релейно-контактных и бесконтактных схем

1.5.1. Синтез систем автоматического управления на контактных и бесконтактных элементах

Синтез систем автоматического управления на контактных и бесконтактных элементах состоит в построении на основе принятой элементной базы структурной схемы, реализующей заданный алгоритм функционирования.

Порядок синтеза следующий:

1) кодирование входных и выходных сигналов;
2) переход от словесного задания алгоритма функционирования к формальному в виде системы булевых функций;
3) минимизация полученных функций;
4) преобразование полученных минимальных выражений в базис, определяемый принятой элементной базой;
5) составление структурной схемы.

В дальнейшем синтезируемую систему автоматического управления будем называть ***логическим устройством.***

В общем случае логическое устройство имеет n входов и m выходов. Входные сигналы обозначим $x_1, x_2, ..., x_n$, а выходные - $y_1, y_2, ..., y_n$.

Рассмотрим синтез системы на контактных элементах.

Пример 1.1. Составить схему включения двух сигнальных лампочек с помощью трех ключей. Чтобы включить лампочку HL1, необходимо одновременно замкнуть ключи SA1 и SA2 и разомкнуть ключ SA3. Для включения лампочки HL2 необходимо или замкнуть ключи SA1 и SA3 , или разомкнуть ключ SA2 и одновременно замкнуть ключ SA1. Для управления сигнальными лампочками следует использовать электромагнитные реле, управляемые ключами.

П е р в ы й э т а п. Выполняется подразделение всех действующих в схеме сигналов на входные и выходные. Входными сигналами являются сигналы от кнопок управления, ключей, конечных выключателей, датчиков, контролирующих процесс, и т.п. Выходные сигналы управляют исполнительными элементами (реле, контакторами, электромагнитами и т.д.). Каждому сигналу присваивается буквенное обозначение.

Катушки реле, включаемые ключами, обозначим прописными буквами латинского алфавита X_1, X_2, X_3, замыкающие и размыкающие контакты реле - соответствующими строчными буквами: замыкающие контакты - x_1, x_2, x_3, размыкающие - $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3$. Выходной сигнал схемы, обеспечивающий включение лампочки HL1, обозначим y_1, лампочки HL2 - соответственно y_2

В т о р о й э т а п. Согласно словесной формулировке, запишем условия включения сигнальных лампочек в совершенной дизъюнктивной нормальной форме:

$y_1 = x_1 x_2 \bar{x}_3$;

$y_2 = x_1 x_3 + x_1 \bar{x}_2$

Т р е т и й э т а п. Минимизируем последнее выражение, преобразовав его в скобочную форму:

$y_2 = x_1 (x_3 + \bar{x}_2)$

В результате, для реализации первоначального выражения необходимо четыре контакта, а после его преобразования - три контакта.

Релейно–контактная схема представлена на рис. 5, где последовательная цепочка контактов реле реализует конъюнкцию, а параллельная - дизъюнкцию.
Ч е т в е р т ы й э т а п.

Выполним реализацию бесконтактных вариантов в различных базисах.

- Базис: И, ИЛИ, НЕ.

Функция $y_1 = x_1 x_2 \bar{x}_3$ может быть выполнена на двух логических элементах – одном инверторе и одном трехвходовом элементе И, а функция $y_2 = x_1 x_3 + x_1 \bar{x}_2$ на одном инверторе, двух двухвходовых элементах И и одном двухвходовом элементе ИЛИ (рис. 6).

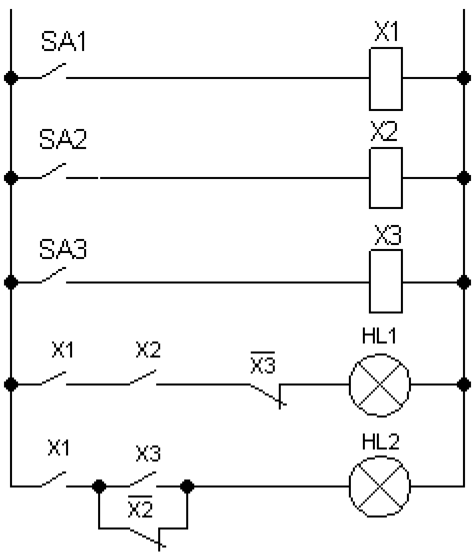
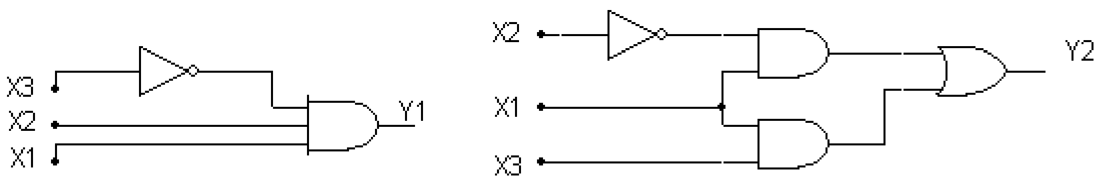


Рис.5 Релейно-контактная схема включения сигнальных лампочек



а б

Рис.6 Схемы реализации логических функций y_1 (а) и y_2 (б) в базисе И, ИЛИ, НЕ

- Базис И-НЕ

Проведем подготовку логических выражений функций y_1 и y_2, для чего охватим эти выражения двойной инверсией. В результате преобразований полученные выражения представляют инверсии конъюнкций тех же аргументов:

$$y_1 = x_1 \cdot x_2 \cdot \overline{x_3} = \overline{\overline{x_1 \cdot x_2 \cdot \overline{x_3}}} \qquad y_2 = \overline{\overline{x_1 \cdot x_3 + x_1 \cdot \overline{x_2}}} = \overline{\overline{x_1 \cdot x_3} \cdot \overline{x_1 \cdot \overline{x_2}}}$$

На рис.7 представлена схемная реализация этих формул, содержащая только элементы И-НЕ.

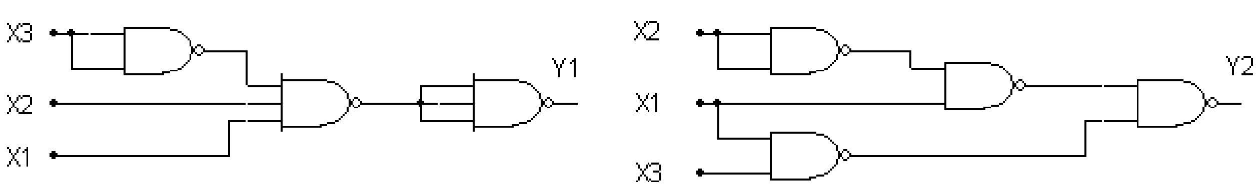


Рис.7 Схемы реализации функций y_1 и y_2 в базисе И-НЕ

Большой эффект в упрощении структур постоянного тока дает применение вентилей (диодов) для исключения ложных цепей. В качестве примера рассмотрим два реагирующих органа - катушки реле X1 и X2 со следующими структурными формулами:

$$f(X_1) = b_1 + x_1 \qquad f(X_2) = b_1 + b_2$$

Схема, соответствующая этим формулам, изображена на рис. 8.

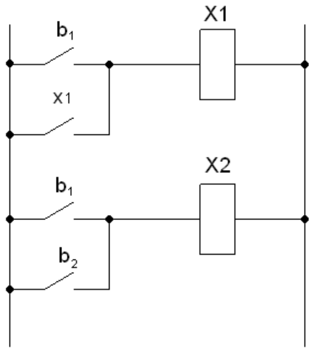


Рис.8 Схема включения реле X_1 и X_2 до преобразования

Как видно из рис. 8 объединение контактов b_1 невозможно, т.к. элемент X1 будет дополнительно срабатывать и от контакта b_2, а элемент X2 - от контакта X1. Если элемент b_1 является конечным выключателем (микропереключателем), то для размножения его контактов необходимо ввести в схему дополнительное промежуточное реле. Но можно поступить и иначе - перевести схему на питание постоянным током и ввести в схему элементы с односторонней проводимостью (вентили). Этот прием позволит избежать необходимости применения промежуточного реле. Другими словами, простое объединение контактов b_1 и b_2 (оно называется «монтажное ИЛИ) невозможно, а логическое соединение ИЛИ этих же контактов при помощи полупроводниковых диодов вполне осуществимо. Схема с вентилями показана на рис. 9.

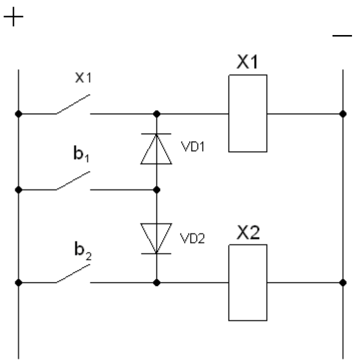


Рис. 9 Схема включения вентилей

Еще пример: Требуется построить на контактных элементах схему, реализующую функцию

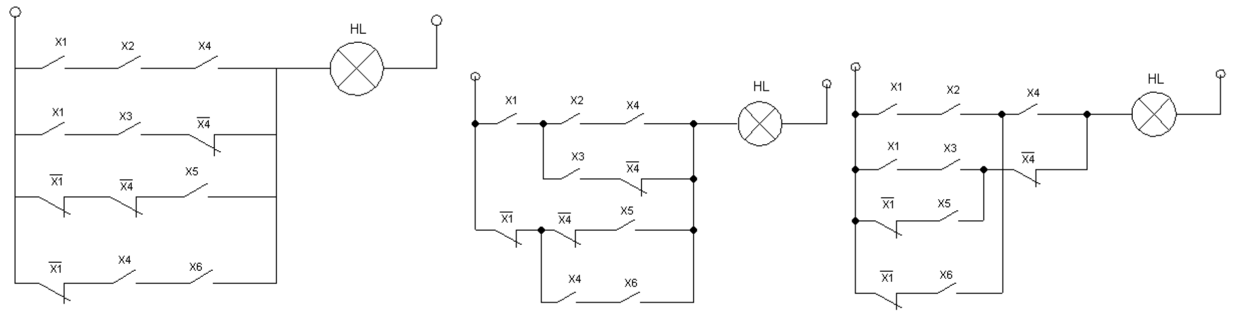
$$y = x_1 x_2 x_4 + x_1 x_3 \bar{x}_4 + \bar{x}_1 \bar{x}_4 x_5 + \bar{x}_1 x_4 x_6 \qquad (1.1)$$

Преобразуем данную функцию в скобочную форму. Возможны два варианта:

$$y = x_1(x_2 x_4 + x_3 \bar{x}_4) + \bar{x}_1(\bar{x}_4 x_5 + x_4 x_6); \qquad (1.2)$$

$$y = x_4(x_1 x_2 + \bar{x}_1 x_6) + \bar{x}_4(x_1 x_3 + \bar{x}_1 x_5). \qquad (1.3)$$

Схемы, соответствующие выражениям (1.1 - 1.3), представлены на рис. 10 а,б и в соответственно.



а б в

Рис.10 Варианты представления исходной логической функции *у*.

Анализ схем, представленных на рис. 10б и 10в показывает, что контакты x_1 и $\overline{x}_1$, x_4 и $\overline{x}_4$ могут быть общими для двух разных цепей, поэтому схема может содержать ещё меньшее число контактов (рис.11).

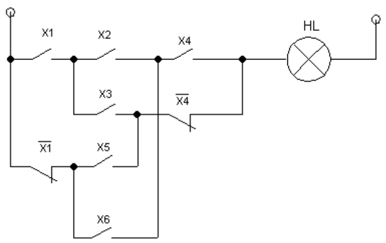


Рис. 11 Схема с объединением контактов

Составим логическое выражение, соответствующее данной схеме:

$$y' = x_1x_2x_4 + x_1x_3\overline{x}_4 + \overline{x}_1\overline{x}_4x_5 + \overline{x}_1x_4x_6 + x_1x_2\overline{x}_4x_5x_6 + \overline{x}_1x_2x_3x_4x_5 + x_1x_3x_4x_5x_6 + \overline{x}_1x_2x_3\overline{x}_4x_6 \quad (1.4)$$

Выражение (1.4) отличается от исходного (1.1) четырьмя последними конъюнкциями, соответствующими так называемым ***ложным цепям***. В ложных цепях ток через контакты x_2, x_3, x_5, x_6 проходит навстречу току в этих же контактах при правильной работе цепей. Если бы эти контакты обладали односторонней проводимостью, то ложные цепи прервались бы. Для придания этим контактам односторонней проводимости в цепях постоянного тока применяются вентили VD1…VD4 (рис. 12).

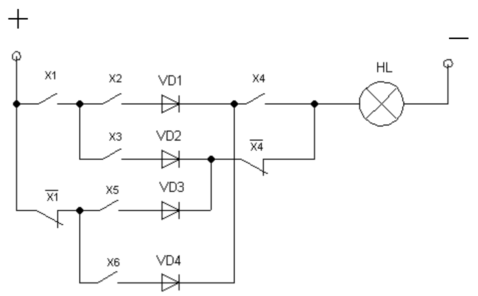


Рис.12 Параллельно-последовательная схема с вентилями

Рассмотренные схемы называются ***параллельно- последовательными*** или ***схемами класса П.*** Они содержат параллельные (соответствующие дизъюнкциям) и последовательные (соответствующие конъюнкциям) цепи.

Для существенного сокращения числа используемых контактов в ряде случаев целесообразно применять так называемые ***мостиковые схемы (схемы класса Н).***

Пример мостиковой схемы представлен на рис. 13, из которого видно, что в схеме класса Н параллельные цепи соединяются между собой контактными цепями (на рис. 13 – контактом x_4), через которые ток может проходить в обоих направлениях.

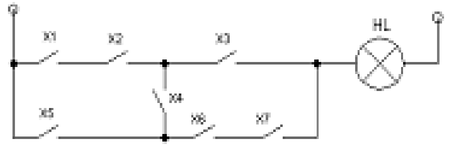


Рис. 13 Мостиковая контактная схема

Логическое выражение для рассматриваемой схемы имеет вид:

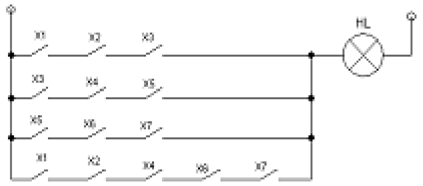
$$y = x_1x_2x_3 + x_3x_4x_5 + x_5x_6x_7 + x_1x_2x_4x_6x_7 \qquad (1.5)$$

Это выражение можно представить следующими скобочными формами:

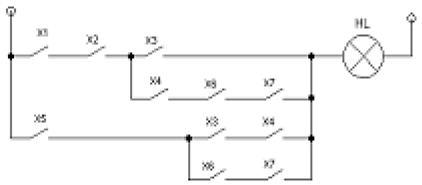
$$y = x_1x_2(x_3 + x_4x_6x_7) + x_5(x_3x_4 + x_6x_7) \qquad (1.6)$$

$$y = x_3(x_1x_2 + x_4x_5) + x_6x_7(x_5 + x_1x_2x_4) \qquad (1.7)$$

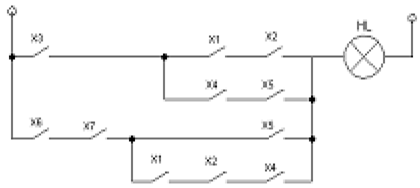
По выражениям (1.5 – 1.7) построены соответствующие схемы (рис. 14), равносильные схеме на рис. 13, но имеющие большее число контактов.



а



б



в

Рис.14 Схемы, равносильные исходной

Рассмотрим один из методов построения схем класса Н по логическому выражению.

В схемах можно выделить так называемые ***начальные*** и ***конечные цепи***. Так в схеме на рис. 13, цепи x_1x_2 и x_5 являются начальными, а x_3 и x_6x_7 - конечными. Каждая начальная цепь последовательно соединена с каждой из конечных. В то же время начальные цепи не могут быть соединены последовательно друг с другом и аналогично не могут быть соединены последовательно друг с другом конечные цепи. Следовательно, в каждую конъюнкцию логического выражения, описывающего работу схемы, обязательно входят переменные, соответствующие контактам одной из начальных и одной из конечных цепей. Но ни в одну из конъюнкций не могут входить одновременно переменные, соответствующие контактам нескольких начальных или конечных цепей. Следовательно, на основании анализа записанного в дизъюнктивной нормальной форме выражения можно выделить начальные и конечные цепи.

Вынесем теперь за скобки все конъюнкции, соответствующие начальным цепям, причем в скобках при каждой из таких конъюнкций должны содержаться одни и те же буквы. По выражениям в скобках вычерчивается параллельно- последовательная схема и записываются логические выражения, соответствующие условиям замыкания цепей между всеми узлами схемы и ее конечной точкой. При сравнении этих логических выражений с выражениями в скобках при оставшихся начальных цепях находятся узлы, к которым должны быть подключены начальные цепи.

Пример 1.3. Построить схему класса Н, работа которой описывается выражением

$$y = x_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4 + x_3\bar{x}_4x_5x_6 + x_6\bar{x}_7x_8 + x_1\bar{x}_2x_5\bar{x}_7x_8$$

Для нахождения начальных и конечных цепей выпишем все входящие в выражение переменные так, чтобы нижерасположенная строка начиналась со следующей по порядку буквы:

$x_1\bar{x}_2x_3\bar{x}_4x_5x_6\bar{x}_7x_8$; $\bar{x}_2x_3\bar{x}_4x_5x_6\bar{x}_7x_8$; $x_3\bar{x}_4x_5x_6\bar{x}_7x_8$; $\bar{x}_4x_5x_6\bar{x}_7x_8$; $x_5x_6\bar{x}_7x_8$; $x_6\bar{x}_7x_8$; $\bar{x}_7x_8$

Вычеркнем в каждой строке те буквы, которые входят хотя бы в одну конъюнкцию с буквой, стоящей в первой строке. Тогда в первой строке останутся не вычеркнутыми x_1 и x_6, во второй - $\bar{x}_2$ и x_6, в третьей - x_3, $\bar{x}_7$ и x_8, в четвертой - $\bar{x}_4$, $\bar{x}_7$ и x_8 в пятой - x_5, в шестой - x_6, в седьмой - $\bar{x}_7$. Можно выделить две группы переменных, не входящих в общие конъюнкции. Первую группу составят x_1 ,$\bar{x}_2$ и x_6, вторую - x_3, $\overline{x_4}$,$\bar{x}_7$ и x_8. Пусть первая группа переменных составляет начальные цепи, а вторая - конечные. Так как переменные x_1 и $\bar{x}_2$ входят вместе в конъюнкции исходного выражения, считаем, что соответствующие им контакты образуют одну начальную цепь, а контакт, обозначенный - x_6, другую. Перепишем исходное выражение, вынося начальные цепи за скобки:

$$y = x_1\bar{x}_2(x_3\overline{x_4} + x_5\bar{x}_7x_8) + x_6(x_3\bar{x}_4x_5 + \bar{x}_7x_8) \qquad (1.8)$$

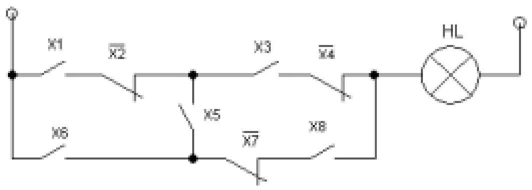
В обеих скобках содержатся одни и те же переменные.

Примем за исходную схему цепи, проходящие через начальную цепь

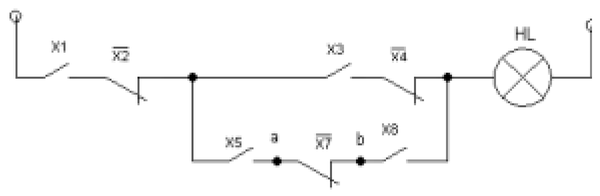
$$y = x_1\bar{x}_2$$

$$y' = x_1\bar{x}_2(x_3\bar{x}_4 + x_5\bar{x}_7x_8)$$

Схема, соответствующая этому выражению, представлена на рис. 15 а.



а



б

Рис.15 Построение мостиковой схемы

В ней имеются два внутренних узла (a и b). Составим условия замыкания цепи между этими узлами и конечной точкой c. Для узла a $\bar{x}_4 x_3 x_5 + \bar{x}_7 x_8$, для узла b $\bar{x}_4 x_3 x_5 \bar{x}_7 + x_8$. Первое из этих выражений совпадает с выражением в скобках при начальной цепи x_6 в выражении (1.8). Следовательно, начальная цепь должна быть подключена к узлу a, и вся схема будет иметь вид, представленный на рис. 15 б.

Синтез схем на бесконтактных элементах имеет следующие особенности:

- на бесконтактных элементах могут быть построены только параллельно-последовательные схемы, так как они являются однонаправленными элементами;
- выбранные бесконтактные элементы, как правило, реализуют определенные логические функции, поэтому логические выражения необходимо преобразовать с учетом принятой элементной базы.

Преобразование логических выражений с учетом особенностей бесконтактных элементов осуществляется за счет исключения тех логических операций, которые не реализуются выбранными элементами. Для этого используются основные законы и равносильности алгебры логики.

Пример 1.4. По минимизированному логическому выражению $y = (a + \bar{b})(c + d) + \bar{a} b \bar{c}$ составить схему, используя элементы, реализующие функцию И-НЕ.

Преобразуем исходное выражение:

$$y = (a + \bar{b})(c + d) + \bar{a} b \bar{c} = ac + \bar{b} c + ad + \bar{b} d + \bar{a} b \bar{c}$$

Применим закон двойной инверсии и правило де Моргана:

$$y = \overline{\overline{ac + \bar{b} c + ad + \bar{b} d + \bar{a} b \bar{c}}} = \overline{\overline{ac}\,\overline{\bar{b} c}\,\overline{ad}\,\overline{\bar{b} d}\,\overline{\bar{a} b \bar{c}}} \qquad (1.9)$$

Для получения инверсии переменной воспользуемся соотношением

$$\bar{a} = \bar{a} + \bar{a} = \overline{aa}$$

На рис. 16 представлена структурная схема, соответствующая выражению (1.9). На основании этого выражения составляется принципиальная схема, в которой учитываются особенности выбранной элементной базы.

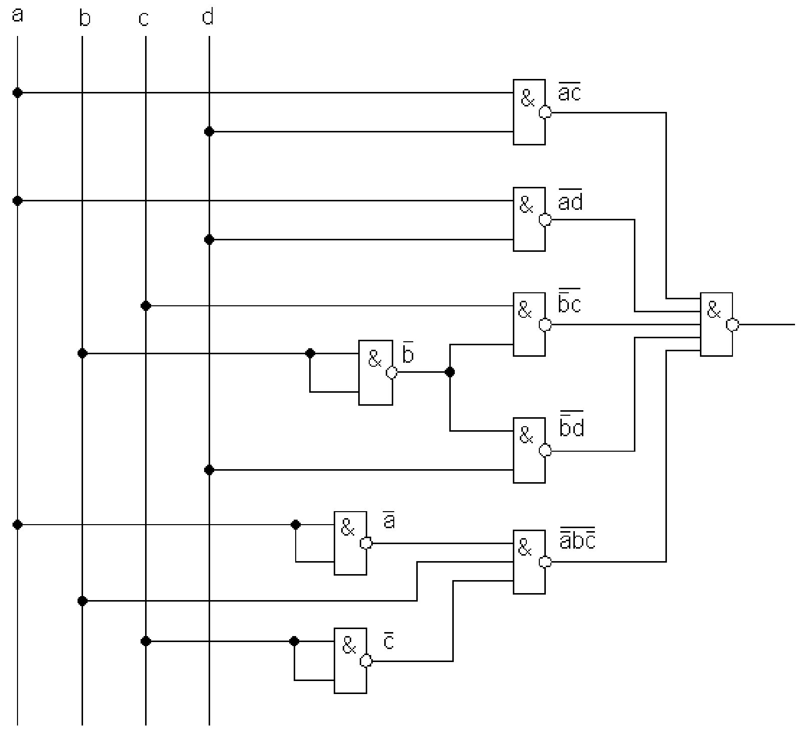


Рис. 16 Структурная схема бесконтактной реализации

1.5.2. Проектирование бесконтактных схем управления на основе релейно-контактных схем

Замена релейно-контактных схем на бесконтактные дает возможность использовать достоинства бесконтактных элементов в сравнении с релейно-контактными: выше быстродействие и надежность, больше срок службы, меньше массогабаритные показатели и потребление электрической энергии.

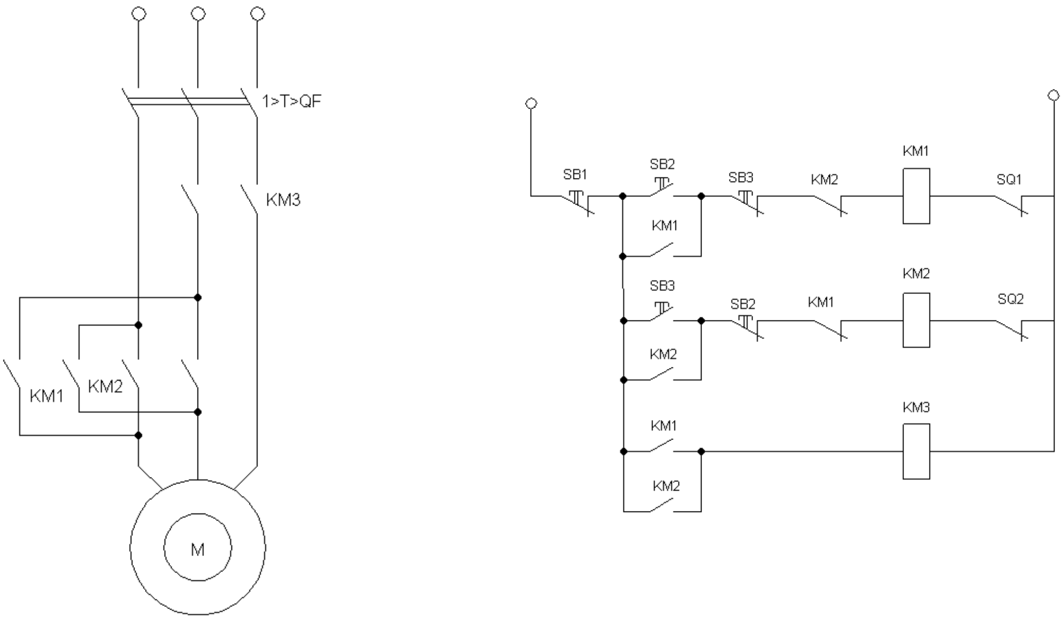
Недостатком бесконтактных элементов является невозможность обеспечения полной гальванической развязки коммутируемых цепей в отключенном состоянии, так как сопротивление полностью выключенного полупроводникового прибора имеет конечное значение; в то же время механические контакты обеспечивают полный разрыв цепи.

Порядок проектирования бесконтактной схемы на основе релейно-контактной следующий:

1) выявляют и обозначают все входные сигналы, к которым относятся сигналы от кнопок управления, конечных выключателей, датчиков, контролирующих процесс, и т.п., и все выходные сигналы, управляющие исполнительными элементами (контакторами, электромагнитами);
2) составляют алгебраические выражения, соответствующие цепям выходных переменных релейно-контактной схемы.

Алгебраические выражения для схем класса П записываются в нормальной дизъюнктивной или нормальной конъюнктивной форме либо в скобочной. В схемах класса Н для получения алгебраического выражения сигнала, идущего к определенному элементу, записываются формулы для всех возможных цепей включения этого элемента.

Пример 2. Составить структурную схему на бесконтактных логических элементах И-НЕ, соответствующую релейно-контактной схеме, представленной на рис. 17 а, б.



а б

Рис.17 Исходная релейно-контактная схема: а – силовая, б - управления

Разделим элементы исходной схемы и соответствующие им сигналы на входные и выходные и обозначим их.

Входные сигналы

a - кнопка «Стоп»	- SB1
b - кнопка «Вперед»	- SB2
c - кнопка «Назад»	- SB3
d - конечный выключатель, ограничивающий движение «Вперед»	- SQ1
e - конечный выключатель, ограничивающий движение «Назад»	- SQ2

Выходные сигналы

X - контактор «вперед»	- KM1
Y - контактор «назад»	- KM2
Z- линейный контактор	- KM3

На рис. 18 представлена релейно-контактная схема с учетом принятых обозначений элементов.

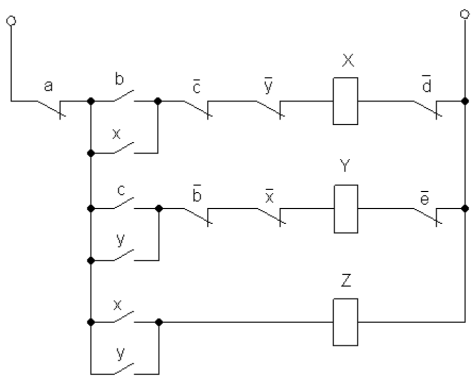


Рис.18 Релейно-контактная схема с учетом принятых условных обозначений элементов

Составим по данной схеме алгебраические выражения, соответствующие цепям выходных переменных:

$$X = \bar{a}(b+x)\bar{c}\cdot\bar{y}\cdot\bar{d}\ ;\ Y = \bar{a}(c+y)\bar{b}\bar{x}\bar{e}\ ;\ Z = \bar{a}(x+y) \qquad (1.10)$$

Т.к. приведенные алгебраические выражения не содержат инверсий конъюнкций или дизъюнкций, а только инверсии отдельных переменных, то их реализация возможна в базисе И, ИЛИ, НЕ без каких-либо дополнительных преобразований. Структурная схема приведена на рис. 19.

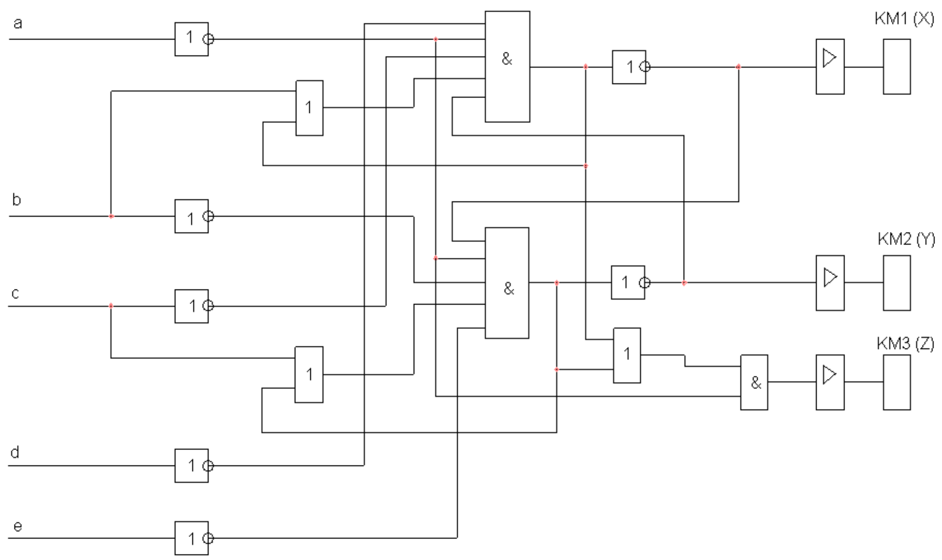


Рис.19 Структурная схема реализации в базисе И, ИЛИ, НЕ

Проведем преобразование выражения 1.10 в форму, пригодную для реализации в базисе И-НЕ.

$$X = \bar{a}(b+x)\bar{c}\bar{y}\bar{d} = \bar{a}b\bar{c}\bar{y}\bar{d} + \bar{a}x\bar{c}\bar{y}\bar{d} = \overline{\overline{\bar{a}b\bar{c}\bar{y}\bar{d} + \bar{a}x\bar{c}\bar{y}\bar{d}}} = \overline{\overline{\bar{a}b\bar{c}\bar{y}\bar{d}}\cdot\overline{\bar{a}x\bar{c}\bar{y}\bar{d}}}\ ; \qquad (1.11)$$

$$Y = \bar{a}(c+y)\bar{b}\bar{x}\bar{e} = \bar{a}c\bar{b}\bar{x}\bar{e} + \bar{a}y\bar{b}\bar{x}\bar{e} = \overline{\overline{\bar{a}c\bar{b}\bar{x}\bar{e} + \bar{a}y\bar{b}\bar{x}\bar{e}}} = \overline{\overline{\bar{a}c\bar{b}\bar{x}\bar{e}}\cdot\overline{\bar{a}y\bar{b}\bar{x}\bar{e}}}\ ; \qquad (1.12)$$

$$Z = \bar{a}(x+y) = \bar{a}x + \bar{a}y = \overline{\overline{\bar{a}x + \bar{a}y}} = \overline{\overline{\bar{a}x}\cdot\overline{\bar{a}y}} \qquad (1.13)$$

Структурная схема, соответствующая выражениям (1.11 – 1.13), представлена на рис. 20.

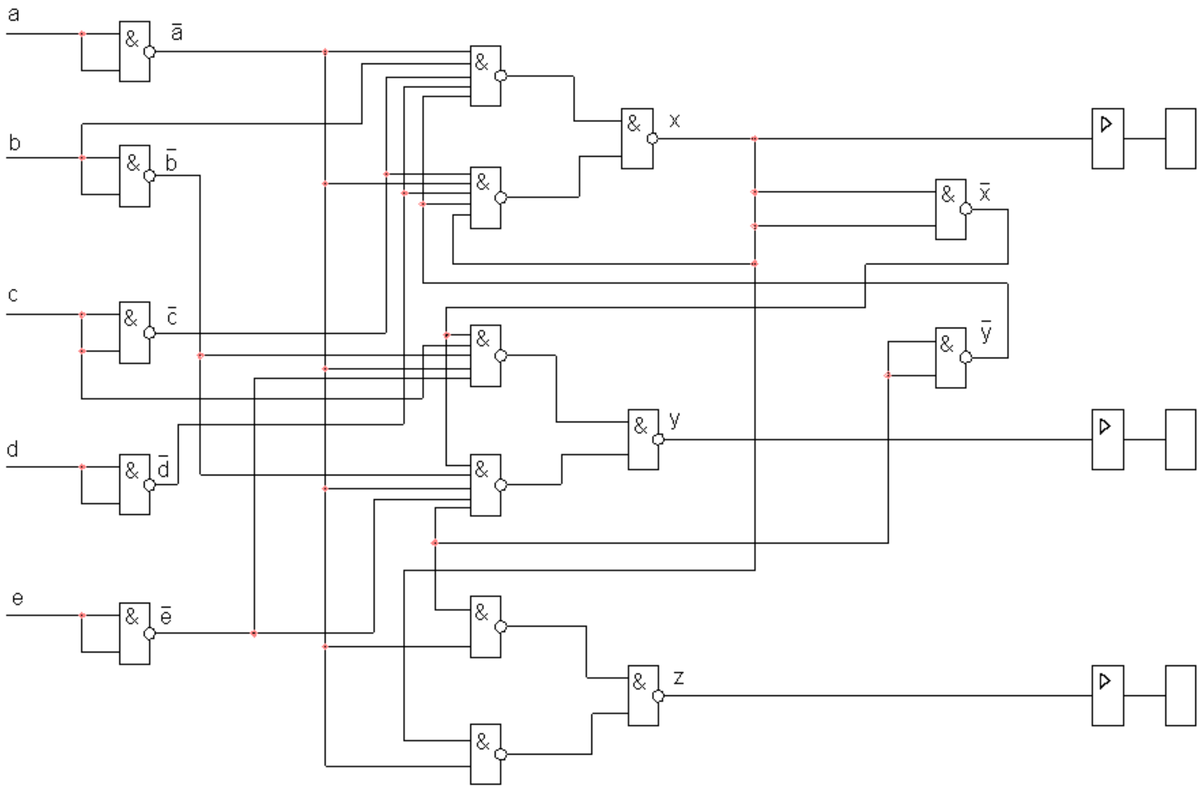


Рис.20 Структурная схема реализации в базисе И-НЕ

Другой универсальной логической функцией является стрелка Пирса $y=\overline{a+b}$, составляющая собственный базис. Проведем преобразования логических выражений для реализации в этом базисе:

$$X=\overline{\overline{\bar{a}b\bar{c}\bar{y}\bar{\bar{d}}}\cdot\overline{\bar{a}x\bar{c}\bar{y}\bar{\bar{d}}}}=\overline{\bar{\bar{a}}+\bar{b}+\bar{\bar{c}}+\bar{\bar{y}}+\bar{\bar{d}}}+\overline{\bar{\bar{a}}+\bar{x}+\bar{\bar{c}}+\bar{\bar{y}}+\bar{\bar{d}}}$$

По закону двойной инверсии можно записать:

$$X=\overline{\overline{\overline{a+\bar{b}+c+y+d}+\overline{a+\bar{x}++c+y+d}}}$$

$$Y=\overline{\overline{\bar{a}c\bar{b}\bar{x}\bar{e}}\cdot\overline{\bar{a}y\bar{b}\bar{x}\bar{e}}}=\overline{\bar{\bar{a}}+\bar{c}+\bar{\bar{b}}+\bar{\bar{x}}+\bar{\bar{e}}}+\overline{\bar{\bar{a}}+\bar{y}+\bar{\bar{b}}+\bar{\bar{x}}+\bar{\bar{e}}}=\overline{\overline{\overline{a+\bar{c}+b+x+e}+\overline{a+\bar{y}+b+x+e}}}$$

$$Z=\overline{\overline{\bar{a}x}\cdot\overline{\bar{a}y}}=\overline{\bar{\bar{a}}+\bar{x}}+\overline{\bar{\bar{a}}+\bar{y}}=\overline{\overline{\overline{a+\bar{x}}+\overline{a+\bar{y}}}}$$

Реализация этих выражений приведена на рис. 21.

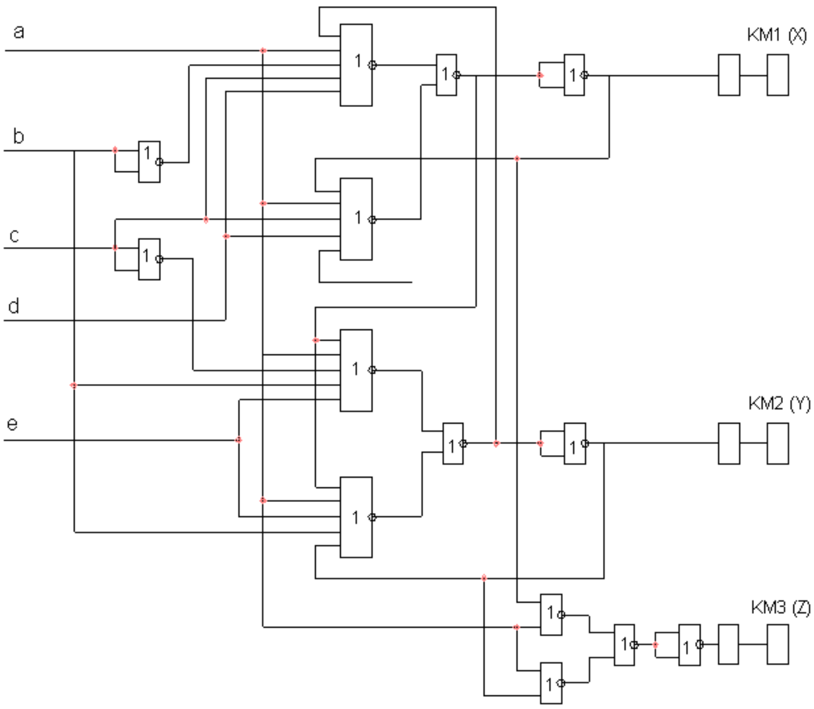
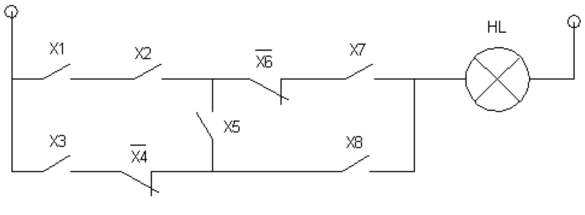


Рис. 21 Структурная схема реализации в базисе ИЛИ-НЕ

Принципиальная схема составляется на основании этой схемы с учетом условий включения бесконтактных элементов.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется синтез систем автоматического управления на контактных и бесконтактных элементах?
2. Преобразуйте функцию в скобочную форму.
   $y = x_1\bar{x}_2x_4 + x_4\bar{x}_5x_6 + x_1x_3\bar{x}_5 + \bar{x}_2x_5x_6$;
3. Составьте алгебраическое выражение для следующей мостиковой схемы:



4. Преобразуйте логическое выражение $y = (a\bar{b} + c)(d + \bar{a}e) + a\bar{b}d$ с учетом применения элементов, реализующих функцию И-НЕ.
5. Поясните принцип действия схемы, представленной на рис. 17, виды защит и блокировок, обеспечиваемых этой схемой.