

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные
машины и оборудование»

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНАМИ

*Методические указания к контрольным работам
для студентов специальности 1-36 11 01
«Подъемно-транспортные, строительные,
дорожные машины и оборудование»*

ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ МАШИНАМИ



Могилев 2013

УДК 625/08
ББК 39.311-06-05
С 40

Рекомендовано к опубликованию
учебно-методическим управлением
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Одобрено кафедрой СДПТМиО «21» мая 2013 г., протокол № 11

Составитель канд. техн. наук, проф. А. М. Щемелев

Рецензент д-р техн. наук, проф. В. П. Тарасик

Методические указания к контрольным работам для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование».

Учебное издание

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНАМИ

Ответственный за выпуск

И. В. Лесковец

Технический редактор

А. А. Подошевка

Компьютерная верстка

Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл.- печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 99 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»
Л ЛИ № 02330/0548519 от 16.06.2009.
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский
университет», 2013



Содержание

Введение.....	4
1 Основные понятия о логических элементах.....	5
1.1 Основные понятия.....	5
1.2 Двоичные (бинарные) логические элементы.....	7
2 Применение двоичных логических элементов.....	22
2.1 Конструирование схем на основе булевых выражений.....	22
2.2 Конструирование схемы на основе булева выражения в конъюнктивной нормальной форме.....	24
2.3 Использование таблиц истинности для получения булевых выражений.....	25
2.4 Пример решения логической задачи.....	26
2.5 Упрощение булевых выражений.....	27
2.6 Карты Карно с тремя переменными.....	30
2.7 Карты Карно с четырьмя переменными.....	31
2.8 Другие разновидности карт Карно.....	32
2.9 Использование мультиплексоров для упрощения логических задач.....	33
2.10 Законы алгебры логики.....	36
2.11 Реализация системы управления с использованием логических элементов в гидросистеме погрузчика	37
2.12 Примеры оформления лабораторных работ по составлению логических элементов систем управления.....	42
Список литературы.....	44



Введение

В последние годы быстрыми темпами развиваются электронные системы, устанавливаемые на строительных и дорожных машинах. Применение электроники совместно с гидравликой привело к интенсивному развитию систем управления машин. Появился даже новый термин «мехатроника» (объединение слов «механика» и «электроника»).

Большие возможности электроники привели к тому, что во многих странах машины без электронных систем стали неконкурентоспособными. Потребителю они кажутся архаичными, не соответствующими современному развитию техники. Развитию электроники способствовало появление во многих странах нормативных документов, в которых регламентировались предельно допустимые технико-экономические показатели работы машин. Например, ограничивается токсичность отработавших газов и максимальный расход топлива.

Улучшение эксплуатационных свойств машин достигается реализацией электронными системами следующих функций: управление работой узлов, агрегатов машин, отображение информации оператору, хранение информации, передача информации из машины.

Наибольшее распространение получили функции управления и отображения информацией. Электронные системы управляют работой двигателя, трансмиссии, ходовой части, рулевого управления, тормозной системы, рабочего органа, систем электропитания.

Для отображения информации используются визуальные индикаторы. Величина параметров кодируется яркостью, длиной, шириной линий и т. п. После сообщения о наступлении событий (например, неисправном техническом состоянии) электронные системы рекомендуют оператору целесообразные действия. Широко используются текстовые сообщения, отображения схематического характера (например, машина в плане с указанием неисправного узла). Учитывая загруженность зрительных анализаторов водителя, на многих машинах применяют акустические индикаторы, подающие в случае необходимости звуковой сигнал.

Электронные системы передают информацию из машины в АСУ дорожным движением для организации оптимального управления светофорами, дорожными знаками (оперативно изменяется допустимая скорость, запрещается или разрешается проезд по некоторым улицам и т. п.).

Основу большинства электронных схем составляют цифровые схемы логических цепей. Понимание физических принципов работы этих схем дает возможность механику грамотно ставить задачи по разработке электронных систем и успешно их решать совместно со специалистом по электронике.

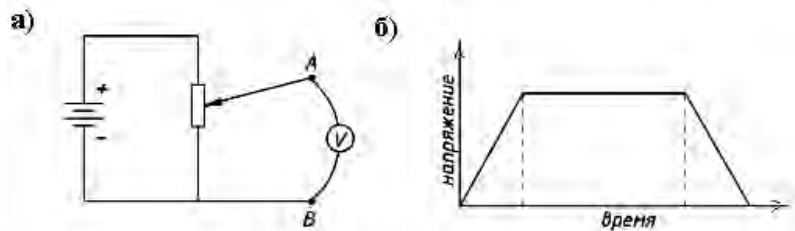
Методические указания используются одновременно для студентов заочного факультета для выполнения контрольной работы и для студентов дневного факультета для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Системы управления машинами».

1 Основные понятия о логических элементах

1.1 Основные понятия

В системах управления машинами широко используется цифровая электроника. Эта область электроники бурно развивается, поскольку число полезных применений цифровых электронных схем растет очень быстро. Одна маленькая интегральная схема может выполнять функции тысяч транзисторов, диодов, резисторов, механических, пневматических и гидравлических элементов управления.

Обычно мы сталкиваемся с аналоговыми электрическими цепями. Электрическая цепь, показанная на рисунке 1.1, а, вырабатывает на выходе аналоговый сигнал напряжения. Если движок потенциометра перемещать вверх, напряжение между точками А и В будет плавно увеличиваться. Когда движок перемещается вниз, напряжение постепенно уменьшается до нуля. График изменения напряжения, показанный на рисунке 1.1, б, характеризует аналоговый выходной сигнал. Таким образом, аналоговое устройство – это такое устройство, в котором сигнал на выходе меняется непрерывно при постепенном изменении сигнала на входе.



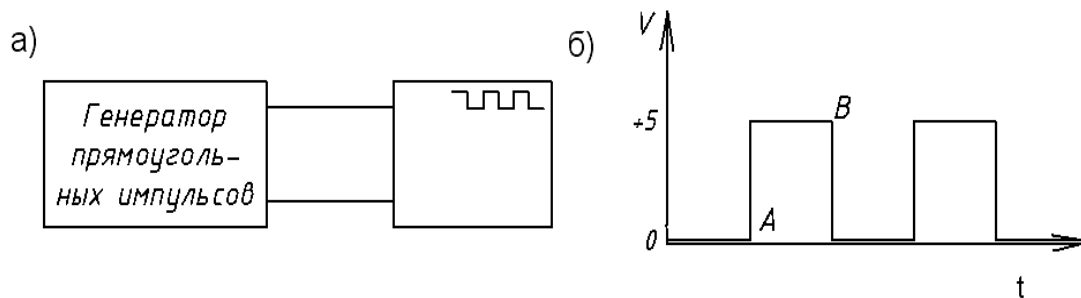
а – аналоговый сигнал с выхода потенциометра; б – форма аналогового сигнала

Рисунок 1.1 – Получение аналогового сигнала

Дискретные системы оперируют с сигналами примерно одного уровня. На рисунке 1.2, а изображена форма дискретного сигнала, полученная от источника прямоугольных импульсов. В дискретном, его еще называют цифровым, сигнале имеются только два уровня напряжения, например, +5 и 0 В. В точке А напряжение возрастает от 0 до 5 В. Далее оно в течение определенного времени остается равным +5 В, а затем в точке В быстро падает от +5 до 0 В. Потом оно некоторое время сохраняет величину 0 В. Напряжение 5 В соответствует значению цифрового сигнала высокого уровня, а 0 В – низкого. Высокий уровень (5 В) называется еще логической единицей, а низкий (0 В) – логическим нулем.

Цифровой сигнал представляет собой четкое чередование двух определенных уровней напряжения. Его можно получить вручную, применяя, например, механический переключатель (см. рисунок 1.2, а). Когда кон-

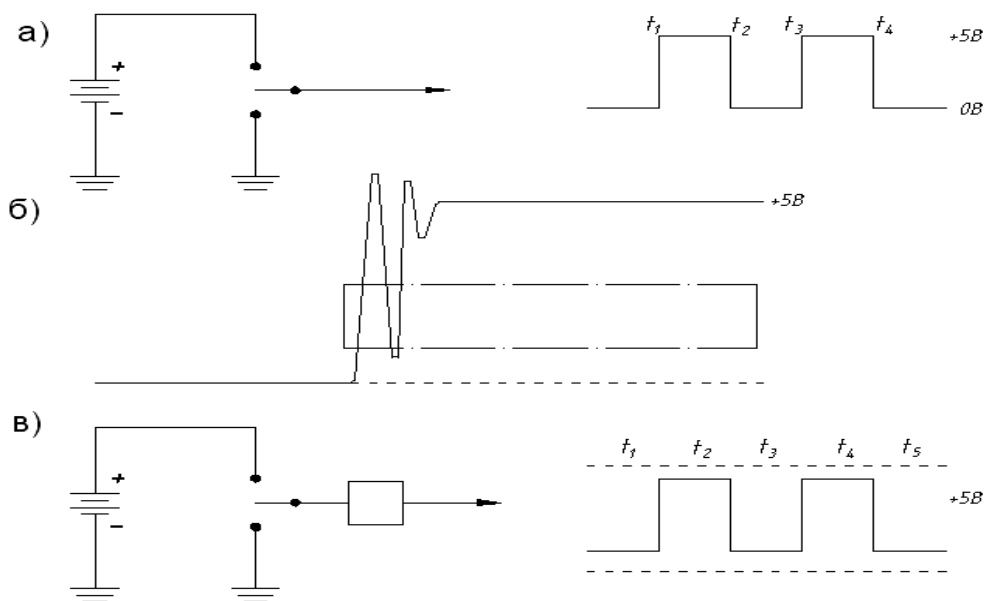
тактный рычажок двухпозиционного переключателя перемещается из верхнего положения в нижнее и обратно, формируется цифровой сигнал.



а – получение сигнала от генератора импульсов; б – форма сигнала

Рисунок 1.2 – Получение дискретного (цифрового) сигнала

Недостатком механического переключателя является дребезг контакта сразу после переключения. Если проследить за формой сигнала при его переходе от низкого уровня к высокому, то можно заметить (рисунок 1.3, б), что сразу низкий уровень напряжения сменяется высоким, а затем из-за дребезга контактного рычажка падает до низкого и снова возрастает до высокого уровня.



а – получение цифрового сигнала при помощи переключателя; б – переходной процесс из-за дребезга контактов механического переключателя; в – добавление противодребезгового фиксатора к механическому переключателю

Рисунок 1.3 – Формы дискретных сигналов

Хотя это и происходит за очень короткое время, некоторые быстродействующие схемы воспринимают этот процесс как чередование низкого,

высокого, снова низкого и снова высокого уровней напряжения. Сигналы с уровнями, находящимися в промежуточной, неопределенной области напряжений, доставляют много неприятностей при работе с цифровыми электронными схемами и таких сигналов необходимо избегать. Для предотвращения дребезжания контакта механические переключатели снабжают противодребезговыми устройствами. В качестве такого устройства у переключателей используют одновибратор, схема подсоединения которого показана на рисунке 1.3, в. При каждом включении кнопки переключателя на выходе одновибратора будет формироваться короткий одиночный положительный импульс, длительность которого на выходе определяется параметрами одновибратора и не зависит от того, как долго была нажата кнопка.

1.2 Двоичные (бинарные) логические элементы

Все электронные цифровые устройства работают по четким логическим законам. Основными составными частями любых цифровых схем являются логические элементы, которые оперируют с двоичными числами и поэтому называются двоичными логическими элементами. Логические элементы можно собрать на простых переключателях, реле, транзисторах, диодах или интегральных схемах, механических, пневматических и гидравлических элементах.

1.2.1 Логический элемент И.

На рисунке 1.4 показан принцип работы элемента И с использованием механических переключателей (ключей). Чтобы заставить лампу на выходе схемы загореться, нужно замкнуть оба ключа А и В. Логические элементы И чаще всего собраны на диодах и транзисторах, находящихся в корпусе интегральной схемы (ИС). Для показа на схеме используется условное обозначение логического элемента (рисунок 1.5), которое применяется независимо от того, на чем он собран – на реле, переключателях, отдельных диодах и транзисторах, ИС, гидравлических, механических или пневматических элементах. Принято сигналы обозначать буквами латинского алфавита, приписывая им значение 1 (единица) – когда сигнал имеет высокий уровень, и значение 0 (ноль) – в случае низкого логического уровня. Термин «логический» обычно применяют по отношению к процедуре принятия решения. В таком случае можно сказать, что логический элемент – это такая схема, которая, основываясь на выходных сигналах, может решать, что ей ответить на выходе – «да» или «нет». Схема логического элемента на рисунке 1.5 отвечает «да» только в том случае, когда на оба ее выхода поданы сигналы «да» (оба ключа замкнуты). На рисунке 1.6 показана схема, когда логический элемент И подсоединен к входным ключам А и В. Индикатором выхода служит светодиод. Если на входах А и В

возникают сигналы низкого логического уровня (земля), то светодиод не излучает. Эта ситуация записывается в таблице 1.1.

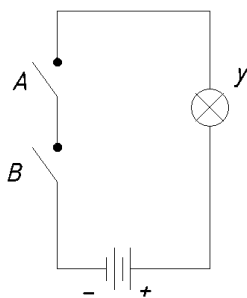


Рисунок 1.4 – Схема И на механических переключателях

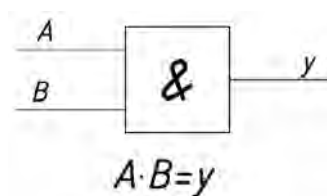


Рисунок 1.5 – Условное обозначение (символ) логического элемента И и булево выражение для него

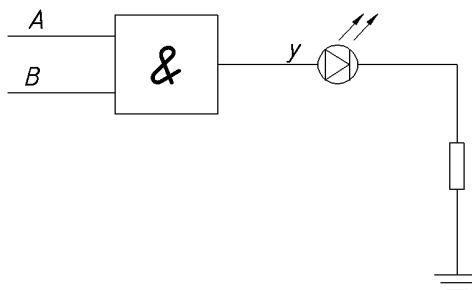


Рисунок 1.6 – Практическая схема логического элемента И

Таблица 1.1 – Таблица истинности для логического элемента ИЛИ

Вход				Выход	
В		А		У	
Уровень напряжения	Двоичный сигнал	Уровень напряжения	Двоичный сигнал	Излучение	Двоичный сигнал
Низкий	0	Низкий	0	Нет	0
Низкий	0	Высокий	1	Нет	0
Высокий	1	Низкий	0	Нет	0
Высокий	1	Высокий	1	Есть	1

Таблица 1.1 называется таблицей истинности. В ней для логического элемента И указаны все возможные комбинации сигналов на входах А и В и соответствующие сигналы на выходе. Таблица истинности описывает логическую функцию И. Отличительное свойство логического элемента И состоит в том, что на его выходе появляется сигнал высокого логического уровня только тогда, когда на все его входы подаются сигналы высокого уровня. Сокращенный способ записи этого утверждения называется булевым выражением.

В таблице 1.2 приведены разные способы описания того факта, что вход А связан со входом В (логической функцией И), в результате чего на выходе появляется сигнал Y. В следующей строке дано соответствующее булево выражение. Знак умножения в виде точки здесь использован для обозначения функции И (логического умножения) в булевом выражении. Приведено условное обозначение логического элемента И. Булев член И читается как А и В равно Y.

Таблица 1.2 – Четыре способа описания связи входов А и В с помощью логической функции И

На естественном языке	Вход А связан со входом В операцией И, в результате чего на выходе получается сигнал Y																	
Булево выражение	$A \cdot B = Y$ Символ И																	
Условное обозначение																		
Таблица истинности	<table><tr><th>В</th><th>А</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>			В	А	Y	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
В	А	Y																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																

1.2.2 Логический элемент ИЛИ.

На рисунке 1.7 иллюстрируется принцип работы элемента ИЛИ с использованием электрических переключателей. Выходной сигнал Y на выходе появится, если какой-либо из ключей или оба сразу окажутся замкнутыми и, наоборот, выходной сигнал будет равен нулю (лампочка гореть не будет), если оба ключа разомкнуты. Таблица истинности (таблица 1.3) для логического элемента ИЛИ показывает, что на выходе сигнал низкого логического уровня появляется только тогда, когда на его входы подаются только сигналы низкого логического уровня.

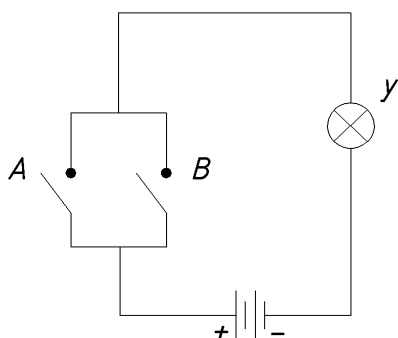


Рисунок 1.7 – Принцип работы логического элемента ИЛИ с использованием электрических переключателей

Таблица 1.3 – Таблица истинности для логического элемента ИЛИ

Вход				Выход	
В		А		У	
Переключатель	Двоичный сигнал	Переключатель	Двоичный сигнал	Излучение	Двоичный сигнал
Разомкнут	0	Разомкнут	0	Нет	0
Разомкнут	0	Замкнут	1	Есть	1
Замкнут	1	Разомкнут	0	Есть	1
Замкнут	1	Замкнут	1	Есть	1

На рисунке 1.8, б приведено булево выражение для логического элемента ИЛИ, применяемое в инженерной практике. В нем знак плюс (+) представляет булев символ для логической функции ИЛИ и условное обозначение логического элемента ИЛИ. Булев член ИЛИ читается как А или В равно У.

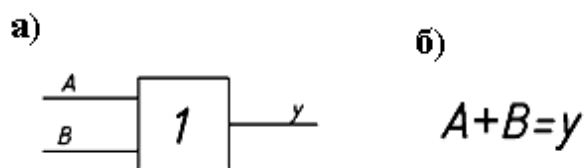


Рисунок 1.8 – Условное обозначение (а) логического выражения ИЛИ и булево выражение для него (б)

1.2.3 Логический элемент НЕ (инвертор).

Все вышерассмотренные логические элементы имели, по крайней мере, два входа и один выход. Основная функция схемы НЕ (инвертора) состоит в том, чтобы обеспечить на выходе сигнал, противоположный сигналу на входе. Например, подавая на входе логический сигнал 1, на выходе получим противоположный сигнал, т. е. логический 0. На рисунке 1.9 за-

писано также булево выражение для логической функции НЕ. Следует обратить внимание на использование знака (–) над обозначением выходного сигнала. Этот знак указывает на то, что входной сигнал А инвертирован. Булев член А читается как «не А».

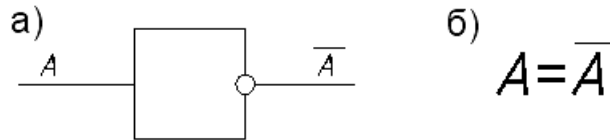


Рисунок 1.9 – Условное обозначение инвертора (а) и булево выражение для него (б)

Из таблицы истинности (таблица 1.4) видно, что если уровень напряжения на входе инвертора низкий, то на выходе появится сигнал высокого уровня, а если на входе мы подадим сигнал высокого уровня, то на выходе получим сигнал низкого уровня. Выходной сигнал инвертора всегда противоположен входному.

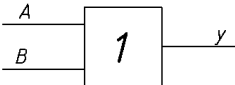
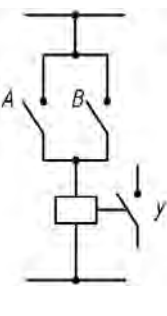
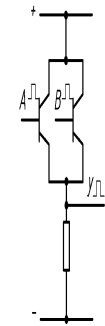
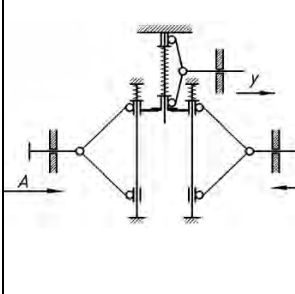
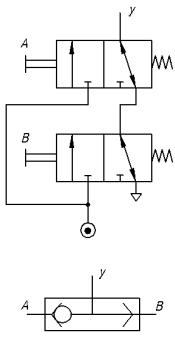
Таблица 1.4 – Таблица истинности для логического элемента НЕ (инвертора)

Вход		Выход	
А		У	
Уровень напряжения	Двоичный сигнал	Уровень напряжения	Двоичный сигнал
Низкий	0	Высокий	1
Высокий	1	Низкий	0

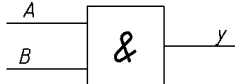
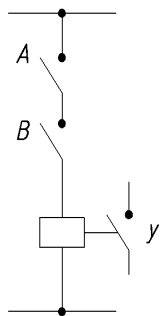
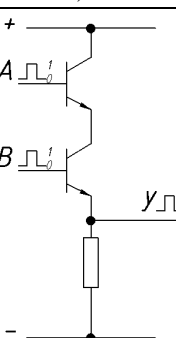
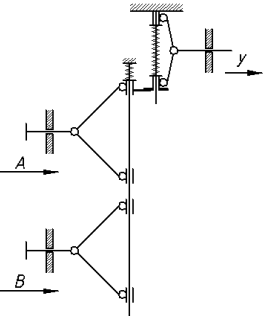
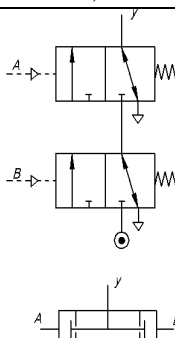
Варианты электрической, электронной, механической, пневматической реализации логических элементов показаны на рисунке 1.10.

При электрической реализации логического элемента И в качестве переключателей могут быть использованы реле, датчики и т. п. Устройством, которое реализует сигнал У, может быть электромагнит. В следующей графе дана электронная реализация элемента И. Логическая единица на выходе будет только тогда, когда оба транзистора открыты. При механической системе выходной сигнал У будет высокого уровня, если есть механическое воздействие на кнопку А и кнопку В одновременно. Пневматическая реализация элемента И показана в последней графе (см. рисунок 1.10). Выходной сигнал У (поток воздуха или жидкости) появится только тогда, когда включены оба распределителя. При электрической реализации подача сигнала на электромагнит приводит к размыканию контакта и обесточиванию линии У. При электронной реализации при сигнале низкого уровня в линии У через сопротивление R поступает сигнал высокого уровня.

Логический элемент ИЛИ

<p>Обозначение</p>  <p>Табл. истин.</p> <table><tr><th>B</th><th>A</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table> <p>Булева функция</p> $y = A + B$	B	A	Y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	<p>а)</p>  <p>электрическая реализация</p>	<p>б)</p>  <p>электронная реализация</p>	<p>в)</p>  <p>механическая реализация</p>	<p>г)</p>  <p>гидравлическая (пневматическая) реализация</p>
B	A	Y																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	

Логический элемент И

	а)	б)	в)	г)															
<p>Обозначение</p>  <p>Табл. истин.</p> <table><tr><th>В</th><th>А</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table> <p>Булева функция</p> $y = A \cdot B$	В	А	Y	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	 <p>электрическая реализация</p>	 <p>электронная реализация</p>	 <p>механическая реализация</p>	 <p>гидравлическая (пневматическая) реализация</p>
В	А	Y																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	

Логический элемент НЕ

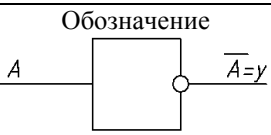
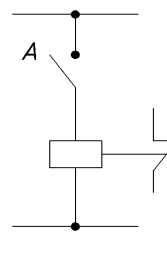
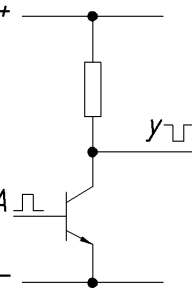
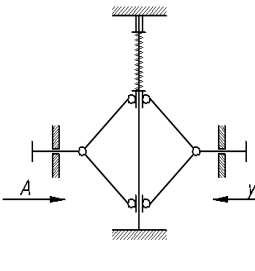
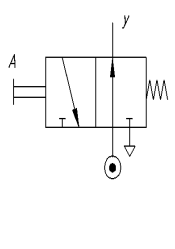
<p>Обозначение</p>  <p>Табл. истин.</p> <table><tr><th>A</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table> <p>Булева функция</p> $y = \overline{A}$	A	Y	0	1	1	0	<p>а)</p>  <p>электрическая реализация</p>	<p>б)</p>  <p>электронная реализация</p>	<p>в)</p>  <p>механическая реализация</p>	<p>г)</p>  <p>гидравлическая (пневматическая) реализация</p>
A	Y									
0	1									
1	0									

Рисунок 1.10 – Варианты электрической, электронной, механической и пневматической реализации логических элементов ИЛИ, И, НЕ

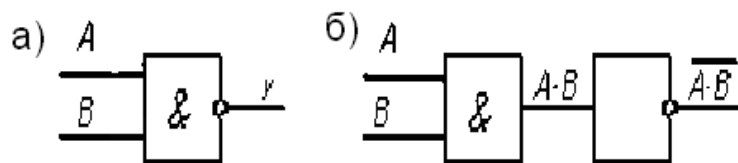
При появлении во входе А сигнала высокого уровня транзистор открывается и в линии У появляется сигнал низкого уровня. При механическом воздействии в механической связи У происходит перемещение А отрицательной координатой.

И, наконец, включение распределителя приводит к перекрытию потока воздуха (жидкости) в пневматических (гидравлических) распределительных устройствах.

Функционирование логических элементов И, ИЛИ, НЕ при различных видах реализации отражено на рисунке 1.10.

1.2.4 Логический элемент И-НЕ.

Логические элементы И, ИЛИ, НЕ представляют собой три основных типа схем, из которых komponуются все цифровые электронные устройства. Логический элемент И-НЕ реализует инвертируемое И. Стандартное условное обозначение логических элементов И-НЕ показано на рисунке 1.11.



а – условное обозначение логического элемента И-НЕ; б – реализация булева выражения И-НЕ при помощи отдельных логических элементов И и НЕ

Рисунок 1.11 – Реализация логического элемента И-НЕ

Символ инвертора (небольшой кружок с правой стороны обозначения) говорит об инвертировании результата логической операции И. Раздельно показаны логический элемент И и инвертор, совместное использование которых обеспечивает ту же логическую функцию И-НЕ.

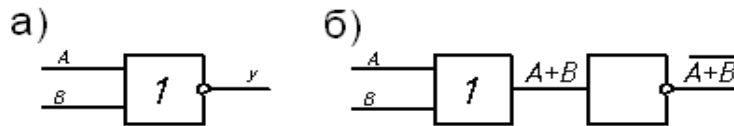
Отличительным свойством логического элемента И-НЕ является то, что на его выходе появляется сигнал низкого уровня только тогда, когда на все его входы подаются сигналы высокого уровня (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Таблица истинности для логических элементов И и И-НЕ

Вход		Выход	
В	А	И	И - НЕ
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

1.2.5 Логический элемент ИЛИ-НЕ.

Для реализации функции ИЛИ-НЕ выход с элемента ИЛИ должен быть инвертирован; условное обозначение элемента ИЛИ-НЕ показано на рисунке 1.12. Условное обозначение элемента ИЛИ-НЕ совпадает с обозначением элемента ИЛИ за исключением кружка справа, указывающего на инвертирование. Здесь же дано булево выражение ($A + B$). Для полной логической функции ИЛИ-НЕ оно имеет вид $\overline{A + B}$.



а – условное обозначение логического элемента ИЛИ-НЕ; б – реализация логического элемента ИЛИ-НЕ с помощью отдельных элементов ИЛИ и НЕ

Рисунок 1.12 – Логический элемент ИЛИ и НЕ

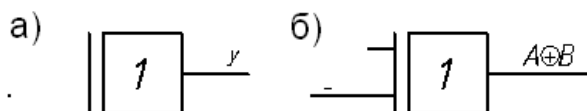
Отличительное свойство логического элемента ИЛИ-НЕ состоит в том, что на его выходе появляется сигнал высокого логического уровня только тогда, когда на все его входы подаются сигналы низкого логического уровня (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Таблица истинности для логических элементов ИЛИ и ИЛИ-НЕ

Вход		Выход	
В	А	ИЛИ	ИЛИ-НЕ
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

1.2.6 Логический элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ.

Условное обозначение и булево выражение для логического элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ показаны на рисунке 1.13.



а – условное обозначение элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ; б – булево выражение для элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ

Рисунок 1.13 – Логический элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ

Символ (+) означает псевдоплюс, что входы А и В связаны логической функцией ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ. Из таблицы истинности (таблица 1.7) видно, что если на какой-либо из входов (но не все) подана логическая единица, то на выходе также появляется логическая единица.

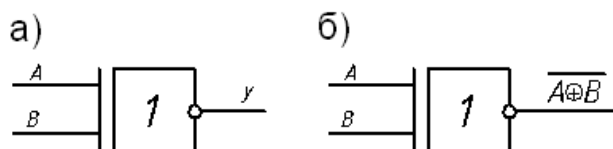
Таблица 1.7 – Таблица истинности для логических элементов ИЛИ и ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ

Вход		Выход	
В	А	ИЛИ	ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	1	0

При нечетном числе входов (1, 3, 5 и т. д.), на которые подаются сигналы высокого логического уровня, на выходе логического элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ появится также сигнал высокого логического уровня, а при четном числе входов (0, 2, 4 и т. д.) – низкого. Например, рассмотрим таблицу истинности (см. таблицу 1.7). В строке 4 имеется четное число входов (2) с сигналом высокого уровня и, следовательно, на выходе появится сигнал низкого уровня. В строке 3 сигналы высокого логического уровня поданы на нечетное число входов (1) и, следовательно, на выходе будет наблюдаться сигнал высокого логического уровня.

1.2.7 Логический элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ.

Условное обозначение этого элемента показано на рисунке 1.14, а также его булево выражение. Логический элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ представляет собой инвертируемый логический элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, что видно из таблицы истинности (таблица 1.8).



а – условное обозначение логического элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ; б – булево выражение для выхода логического элемента ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ

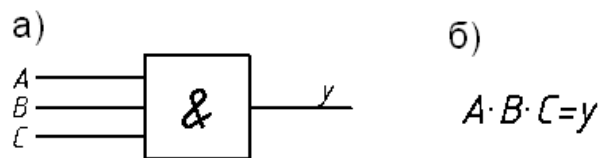
Рисунок 1.14 – Логический элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ

Довольно часто бывает необходимо иметь логические элементы с большим числом входов. На рисунке 1.15, а представлен для примера логический элемент И с тремя входами. Булево выражение для такого элемента

имеет вид $A \cdot B \cdot C = Y$. Таблица истинности показана в таблице 1.9. В случае трех входов число строк таблицы истинности возрастает до восьми.

Таблица 1.8 – Таблица истинности для логических элементов ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ и ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ

Вход		Выход	
A	B	ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ	ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1



а – условное обозначение; б – булево выражение

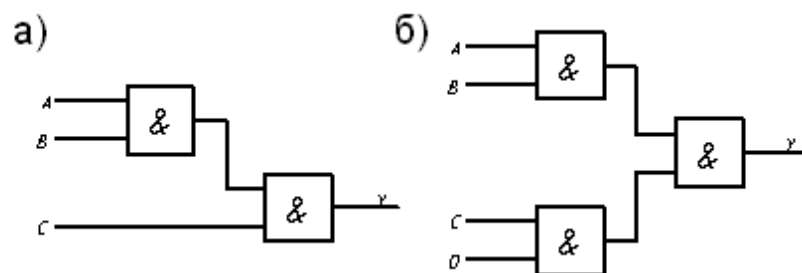
Рисунок 1.15 – Логический элемент И с тремя входами

Таблица 1.9 – Таблица истинности логического элемента И с тремя входами

Вход			Выход
C	B	A	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

1.2.8 Логические элементы с числом входов больше двух.

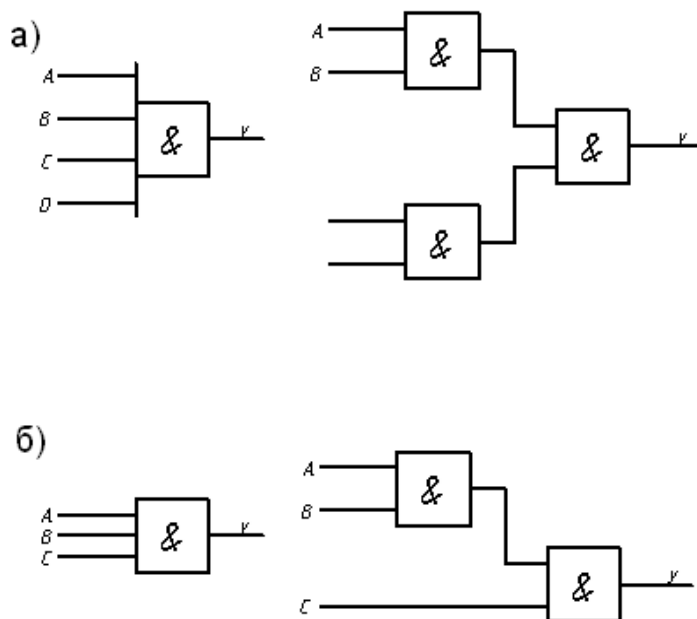
На рисунке 1.15 приведен пример получения логического элемента И с тремя входами, используя только элементы И с двумя входами. На рисунке 1.16, б показано, каким образом можно собрать логический элемент И с четырьмя входами, имея в наличии лишь логические элементы с двумя входами.



а – для трех элементов; б – для четырех элементов

Рисунок 1.16 – Увеличение числа входов логического элемента И

Обозначение логического элемента ИЛИ с четырьмя входами дано на рисунке 1.17, а. Булево выражение для элемента ИЛИ с четырьмя входами имеет вид $A \cdot B \cdot C \cdot D = Y$. Таблица истинности для логического элемента с четырьмя входами показана в таблице 1.10. Число комбинаций в этом случае возрастает до 16. Для конструирования элемента ИЛИ с тремя или четырьмя входами на базе двухвходовых элементов необходимо соединить двухвходовые элементы ИЛИ по схеме (рисунок 1.17, б).



а – для четырех входов; б – для трех входов

Рисунок 1.17 – Увеличение числа входов логического элемента ИЛИ

Таблица 1.10 – Таблица истинности логического элемента ИЛИ с четырьмя входами

Вход				Выход
D	C	B	A	Y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

1.2.9 Гидравлические логические элементы.

В гидроприводе логические элементы не получили такого широкого применения, как в электронике или пневматике. Причиной этого является то, что в системах управления гидроприводом для решения логических задач используется электроника. Электронный блок выдает сигнал на электромагнит, который управляет работой гидравлического устройства, например, распределителя. Однако все же некоторые логические элементы используются при конструировании гидропривода.

Логический элемент И. В качестве логического элемента И используется управляемый обратный клапан. На рисунке 1.18 показан принцип действия логического элемента И фирмы «Рексрот» (Rexroth). Он состоит из корпуса, в котором установлено седло. Запорно-регулирующий элемент подпружинен и представляет собой плунжерный обратный клапан.

Управление запорно-регулирующим устройством происходит через плоскости A1; A2; A3. Если принять за 100 % площадь A, то площадь A2, которая управляет движением вверх, составляет примерно 50 % от площади A1. Площадь $A3 = A1 + A2$. Давление в канале X, соединенном с пружинной плоскостью запорно-регулирующего устройства, регулируется отдельным источником.

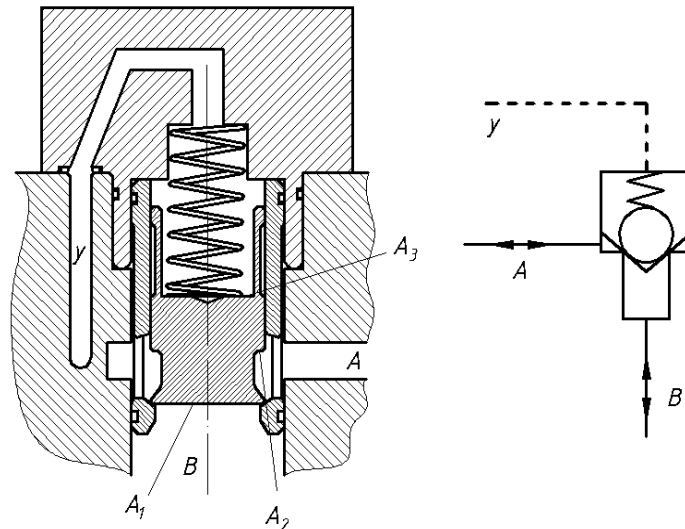
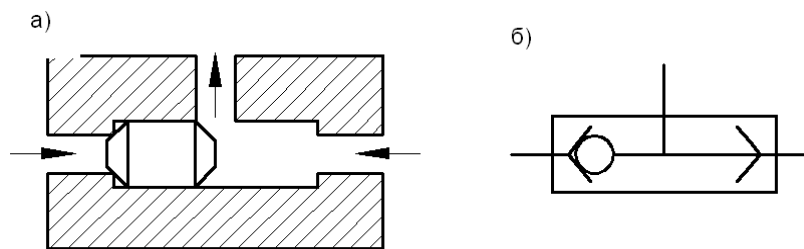


Рисунок 1.18 – Гидравлический логический элемент И фирмы «Рексрот» (Rexroth)

При возникновении давления в подводящих каналах А и В клапан будет открыт, если сила, действующая на, соответственно, плоскость А1 или А2, будет больше, чем сила прижатия запорно-регулирующего элемента совместно с силой давления в полости У. Тогда полости А и В будут сообщаться между собой. Если этой силы недостаточно, то клапан будет закрыт. Если необходимо клапан закрыть, в полость У подают давление, которое совместно с пружиной должно создать усилие, превышающее усилие со стороны жидкости в полостях А1 и А2. Обычно при помощи дополнительного элемента (распределителя) соединятся полость В с полостью У.

Логический элемент ИЛИ. На рисунке 1.19 показаны конструктивное исполнение логического гидравлического элемента ИЛИ и его условное обозначение.



а – конструктивное исполнение; б – условное обозначение

Рисунок 1.19 – Гидравлический логический элемент ИЛИ

Жидкость проходит через логический элемент на выход из того канала, где давление будет выше. Противоположная напорная магистраль закрывается давлением жидкости магистрали, через которую на выход идет жидкость. На рисунке 1.20 показано совместное использование логи-

ческих элементов ИЛИ и И. Элемент ИЛИ используется для управления давлением в пружинной полости элемента И. При включенном электромагните распределителя из работы в схеме выключается логический элемент ИЛИ.

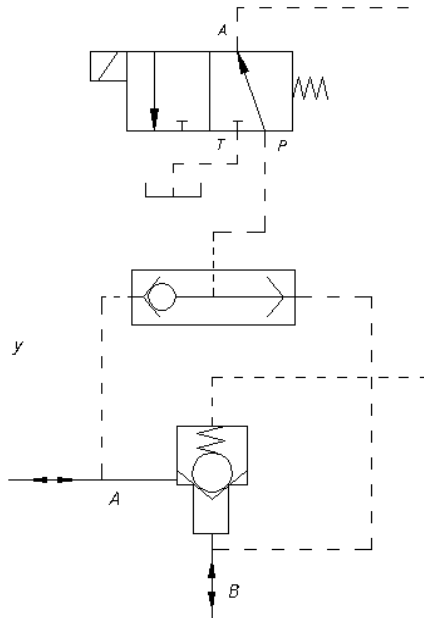


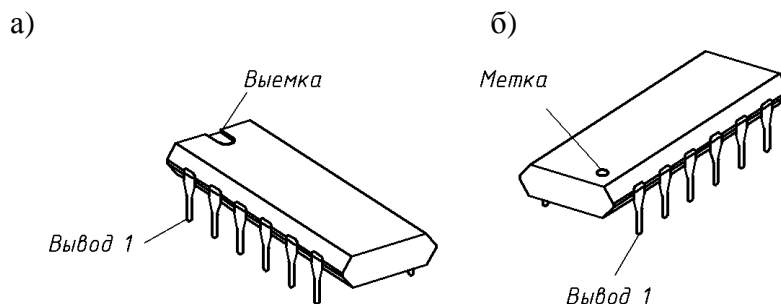
Рисунок 1.20 – Совместное использование гидравлических логических элементов И и ИЛИ

1.2.10 Микросхемы.

Интегральные схемы (ИС) на базе логических элементов собирают, используя микросхемы (чипы). Чаще всего они основаны на ТТЛ-схемах (транзисторно-транзисторная логика). Номинальным напряжением в них считается 5 В (логическая единица). Логический ноль соответствует напряжению 0–0,4 В. Сигнал логической единицы воспринимается в пределах от 2,4 до 5,5 В.

Другое семейство цифровых ИС изготавливается с использованием МОП-технологии (металл-окисел-полупроводник). Распространенный тип ИС показан на рисунке 1.21. Этот тип относится к семейству корпусированных ИС с двухрядным расположением выводов, в данном случае с 14 выводами. На рисунке 1.21 сразу за выемкой в корпусе, если двигаться по направлению против часовой стрелки, расположен вывод 1. Дальнейшая нумерация выводов осуществляется в направлении против часовой стрелки от 1 до 14, если смотреть на корпус ИС сверху. Другой способ указания положения вывода 1 – нанесение метки на верхнюю часть корпуса (см. рисунок 1.21, б). Часто на корпусах изображена схема расположения выводов (рисунок 1.22). ИС содержит четыре логических элемента И с двумя входами каждый. В связи с этим такую схему называют логической схемой на четыре элемента И с двумя входами. Питание подается на ИС через выво-

ды, обозначенные, как общий (вывод 7) и V_{cc} (вывод 14). Все другие являются входами и выходами четырех ТТЛ-элементов.



а – с выемкой; б – с точкой логического отсчета

Рисунок 1.21 – Общий вид интегральной микросхемы

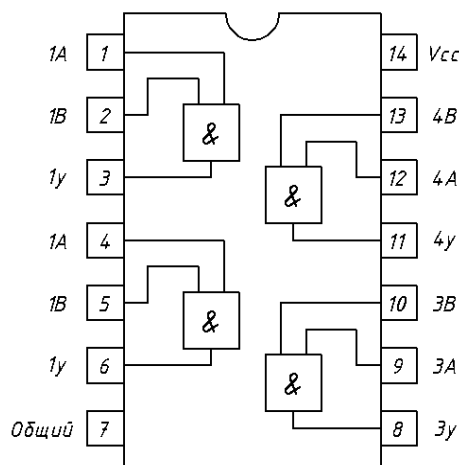
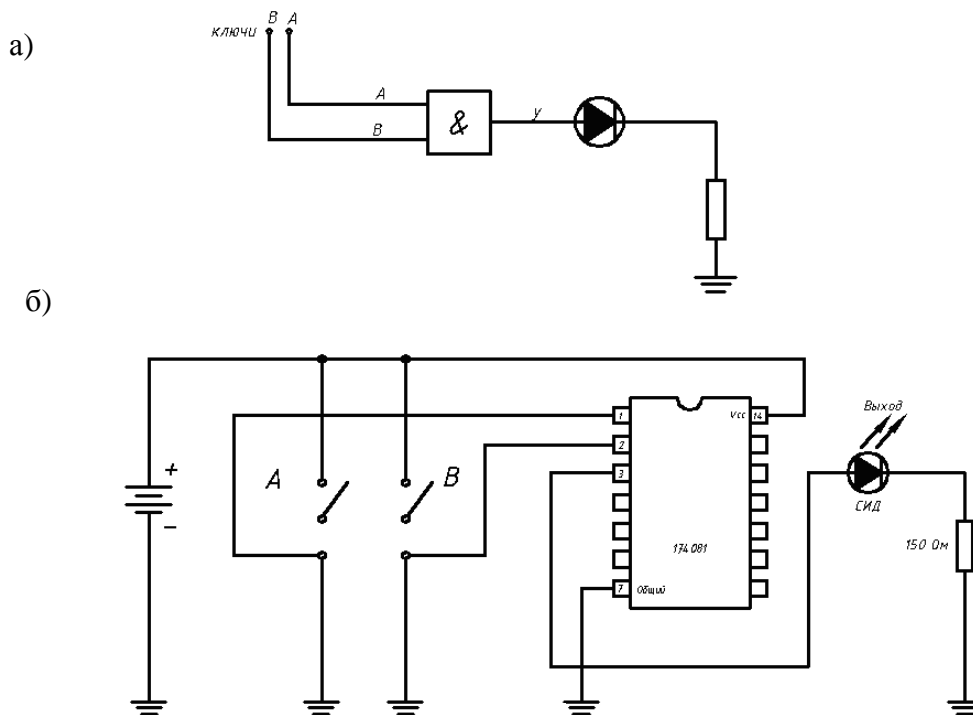


Рисунок 1.22 – Схема расположения выводов, выполненная на корпусе микросхемы

Рассмотрим пример использования микросхемы для решения логической задачи. Принципиальная схема цепи приведена на рисунке 1.23. Положительный и отрицательный полюсы источника питания подключаем к выводам 14 и 7 соответственно. Входные переключатели А и В присоединены к выводам 1 и 2. Если переключатели находятся в верхнем положении, на вход логического элемента ИЛИ подается логический 0 (ноль). Выход 3 логического элемента ИЛИ соединен со светодиодом. Если на контакте появляется сигнал высокого уровня (логическая единица), через светодиод потечет ток, и он начнет излучать. Обычно на микросхемы дается техническое описание. В нем имеются схемы расположения выводов, данные по расшифровке обозначения ИС и другие сведения.



а – схема включения логического элемента; б – электрическая схема включения

Рисунок 1.23 – Пример включения микросхем в электрическую цепь

2 Применение двоичных логических элементов

2.1 Конструирование схем на основе булевых выражений

При решении логических задач необходимо знать условные обозначения логических элементов, таблицы истинности и булевы выражения. Если они не усвоены, то их надо повторить. Предположим, что задано булево выражение $A + B + C = Y$ (оно читается так: A или B, или C равно Y). Необходимо построить схему, которая реализует эту логическую функцию. Для этого следует использовать логический элемент ИЛИ. На рисунке 2.1 показана реализация данной функции.

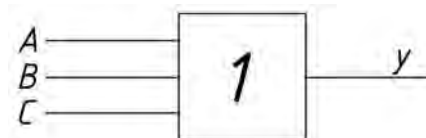


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема, реализующая булево выражение $A + B + C = Y$

Рассмотрим задачу сложнее. Требуется сконструировать схему на булево выражение $\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + \bar{B} \cdot C = y$ (оно читается так: не A и B, или A и не B, или не B и C).

В, или не В и С равно выходу y). Прежде всего в нем требуется выполнить логическую операцию ИЛИ над $\bar{A} \cdot B$, $A \cdot \bar{B}$ и $\bar{B} \cdot C$. На рисунке 2.2 показан первый шаг в конструировании логической схемы. Для этого применен логический элемент ИЛИ с тремя входами.

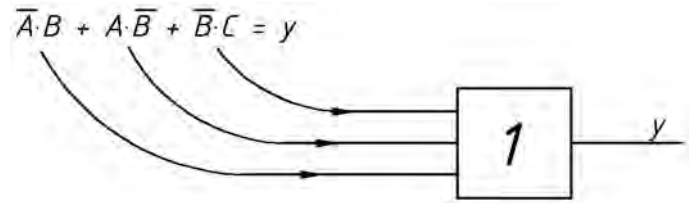
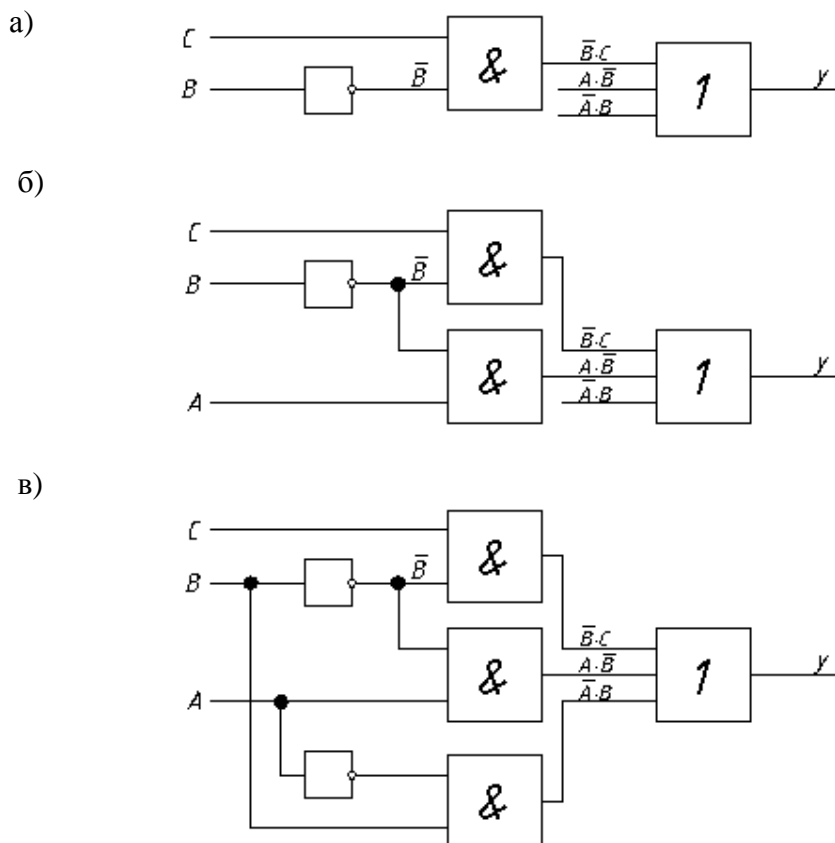


Рисунок 2.2 – Первый шаг в конструировании логической схемы

Второй шаг в конструировании логической схемы на основе данного булева выражения показан на рисунке 2.3, а. Здесь с целью формирования комбинации $B \cdot C$ на выходе элемента ИЛИ в схему добавлен элемент И и введен инвертор.



а – реализация логической функции $\bar{B} \cdot C$; б – реализация логической функции $A \cdot \bar{B}$; в – реализация логической функции $\bar{A} \cdot B$

Рисунок 2.3 – Второй шаг в конструировании логической схемы

На рисунке 2.3, б отображен следующий шаг конструирования схемы. Здесь добавлен элемент И с целью формирования $A \cdot B$ на входе элемента ИЛИ. Наконец, на рисунке 2.3, в введены еще один элемент И и инвертор, чтобы получить $A \cdot B$ на входе элемента ИЛИ. Рисунок 2.3, в представляет собой схему, которую надо собрать, чтобы реализовать требуемую логическую функцию в соответствии с заданным булевым выражением $\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + \bar{B} \cdot C = y$.

Конструирование схемы начинаем с выхода логической схемы ИЛИ и постепенно переходим к ее входам. В этом и состоит способ конструирования комбинационных логических схем на основе булевых выражений. Булевы выражения встречаются в двух основных формах. Одна из них – сумма произведений – приведена в решенной задаче. Вторая – произведение сумм: например, $(D + E) \cdot (E + F) = y$. Булево выражение в виде суммы произведений называют дизъюнктивной нормативной формой (ДНФ), а булево выражение в виде произведения сумм – конъюнктивной нормальной формой (КНФ).

2.2 Конструирование схемы на основе булева выражения в конъюнктивной нормальной форме

Пусть задано булево выражение в конъюнктивной нормальной форме $(A + B + C) \cdot (\bar{A} + \bar{B}) = y$. Первый шаг в конструировании логической схемы для этого выражения показан на рисунке 2.4.

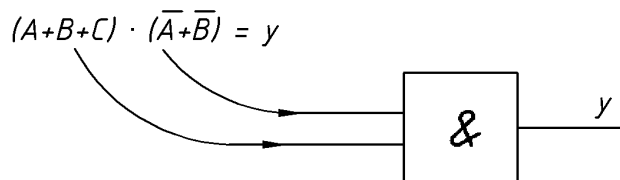


Рисунок 2.4 – Первый шаг в конструировании логической схемы, реализующей произведение сумм

Для получения выхода Y члены этого выражения должны быть связаны функцией И. Второй шаг в конструировании схемы представлен на рисунке 2.5, а. Часть выражения $(\bar{A} + \bar{B})$ реализуется путем добавления логического элемента ИЛИ и инверторов. Затем результат операции $(A + B + C)$ поступает на вход элемента И через логический элемент ИЛИ (рисунок 2.5, б). Схема, приведенная на рисунке 2.5, б, представляет собой полную логическую схему, реализующую булево выражение $(A + B + C) \cdot (\bar{A} + \bar{B}) = y$.

При конструировании схемы, как и раньше, двигаемся справа налево (от выхода к входу). В схеме пользовались только схемами И, ИЛИ, НЕ. Можно было использовать схемы типа И-ИЛИ или ИЛИ-И.

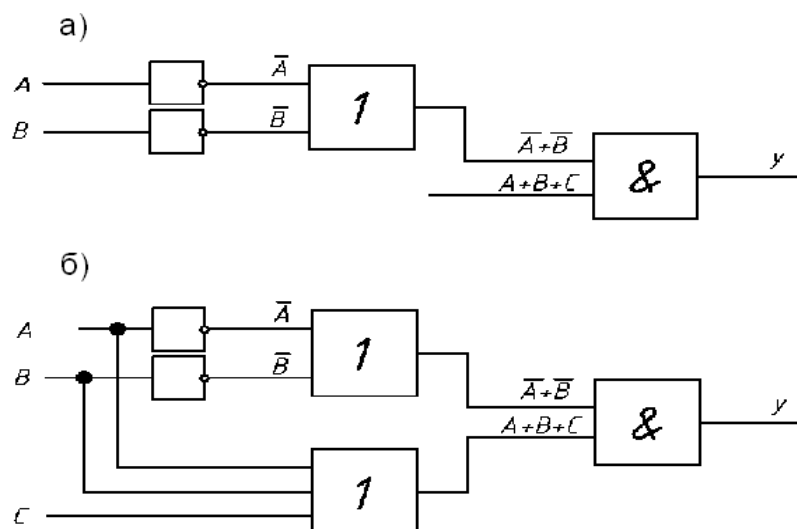


Рисунок 2.5 – Второй шаг в конструировании логической схемы, реализующей произведение сумм

2.3 Использование таблиц истинности для получения булевых выражений

Таблицы истинности используются при первичной разработке логической схемы. Далее для описания принципа ее работы применяется булево выражение. Рассмотрим таблицу истинности (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Построение булева выражения на основе таблицы истинности

Вход			Выход	Составляющая булева выражения $\bar{C} \cdot \bar{B} \cdot A + C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A} = y$
C	B	A	y	
0	0	0	0	
0	0	1	0	
0	1	0	0	
0	1	1	1	$\bar{C} \cdot B \cdot A = 1$
1	0	0	1	$C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A} = 1$
1	0	1	0	
1	1	0	0	
1	1	1	0	

Только две из восьми комбинаций двоичных сигналов на входах A, B и C дают на выходе логическую единицу. Эти две комбинации представлены выражениями $\bar{C} \cdot B \cdot A$ и $C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A}$. Они связаны логической функцией ИЛИ, чтобы получить булево выражение для данной таблицы истинности. Приведенный пример показывает, что нужно искать те комбинации пере-

менных, которые дают логическую переменную 1 в таблице истинности. Иногда приходится выполнять обратную процедуру, т. е. по булеву выражению восстанавливать таблицу истинности. Рассмотрим булево выражение $\bar{C} \cdot B \cdot A + C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A} = y$. Оно означает, что две комбинации входов А, В и С дают на выходе логическую единицу.

В таблице 2.2 проиллюстрировано, каким образом мы находим нужные комбинации А, В, С, которые даны в булевом выражении, и отмечаем соответствующие единицы в столбце значений выхода. Все другие выходы в таблице истинности дают 0. И булево выражение, и таблица истинности исчерпывающим образом описывают действие некоторой логической схемы.

Таблица 2.2 – Построение таблицы истинности на основе булева выражения

Вход			Выход	Составляющая булева выражения $\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A} + C \cdot \bar{B} \cdot A = y$
С	В	А	у	
0	0	0	0	
0	0	1	0	
0	1	0	0	
0	1	1	1	$\bar{C} \cdot B \cdot \bar{A} = 1$
1	0	0	1	
1	0	1	0	$C \cdot \bar{B} \cdot A = 1$
1	1	0	0	
1	1	1	0	

2.4 Пример решения логической задачи

Пусть нам надо сконструировать логическую схему для какой-либо машины. Например, это управление электромагнитом гидравлического распределителя по информации, идущей от трех датчиков. Электромагнит должен сработать только в том случае, когда определенные сочетания сигналов поступают на вход в логическую схему. Далее приведена таблица истинности для данной задачи (таблица 2.3).

Две комбинации входов А, В и С дают на выходе логическую единицу, которая означает, что на электромагнит посылается сигнал высокого уровня. На основе таблицы формируется булево выражение. Затем в соответствии с полученным булевым выражением составляется логическая схема (рисунок 2.6).

Таблица 2.3 – Таблица истинности для трех переменных

Вход			Выход
С	В	А	у
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

а)

$$C \cdot B \cdot \bar{A} + C \cdot \bar{B} \cdot \bar{A} = y$$

б)

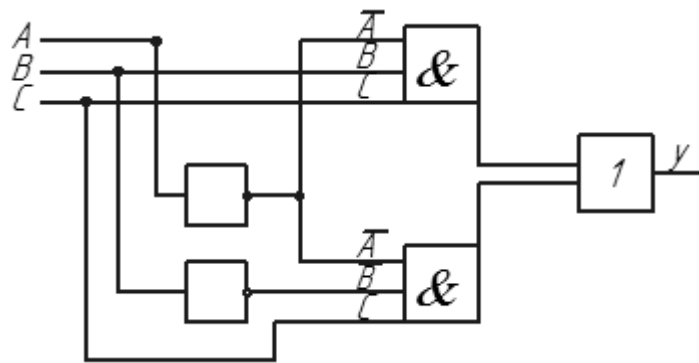


Рисунок 2.6 – Булево выражение (а) и логическая схема (б)

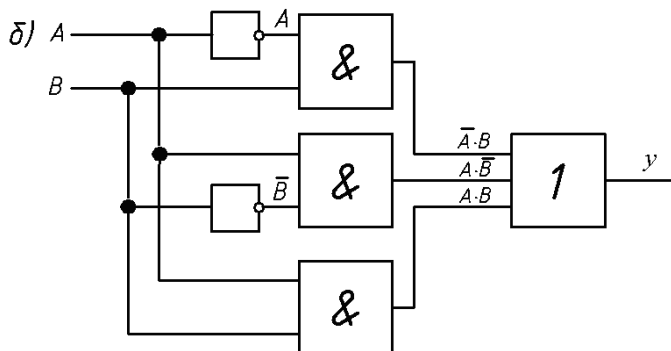
2.5 Упрощение булевых выражений

Таблицы истинности наряду с булевыми выражениями – удобный метод описания работы логических схем. Как правило, конструирование логических схем начинается с составления таблицы истинности, на базе которой составляется булево выражение. Зачастую оно получается сложным и приводит к созданию сложных схем. Рассмотрим пример. Необходимо составить логическую схему, используя булево выражение $\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + A \cdot B = y$. Для этого надо использовать три элемента И, два инвертора и один элемент ИЛИ с тремя входами. На рисунке 2.7 изображены схема, реализующая приведенное булево выражение, и таблица истинности.

В ней сразу можно узнать таблицу истинности для логического элемента ИЛИ с двумя входами. Упрощенное булево выражение с двумя входами есть $A + B = y$. Такая схема с двумя входами и представлена на рисунке 2.7.

Этот пример показывает, что надо пытаться упростить заданное булево выражение, чтобы получить как можно более простую (а следовательно, и более дешевую) логическую схему. Для упрощения булевых выражений есть метод, который называется картами Карно. Кроме карт Карно, есть и другие методы упрощения булевых выражений: диаграммы Вейга, табличный метод.

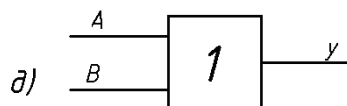
а) $\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + A \cdot B = y$



в)

Входы		Выход
B	A	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

г) $A + B = y$



а – исходное булево выражение; б – логическая схема для булева выражения; в – таблица истинности; г – упрощенное булево выражение; д – логическая схема для упрощенного булева выражения

Рисунок 2.7 – Упрощение булевых выражений

Рассмотрим таблицу истинности и карту Карно, представленную на рисунке 2.8. Четыре квадрата (1, 2, 3, 4) соответствуют четырем возможным комбинациям A и B в таблице истинности с двумя переменными. При таком изображении квадрат 1 на карте Карно соответствует произведению $\bar{A} \cdot \bar{B}$, квадрат 2 – произведению $A \cdot \bar{B}$ и т. д.

Рассмотрим ранее представленную на рисунке 2.7 задачу с булевым выражением $\bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B} + A \cdot B = y$. Заполним на нее карту Карно (рисунок 2.9).

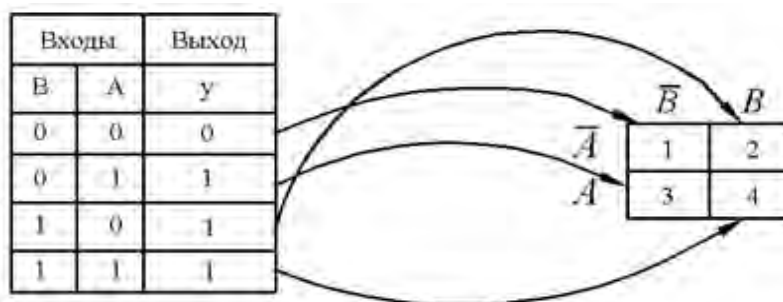


Рисунок 2.8 – Обозначение квадратов по карте Карно

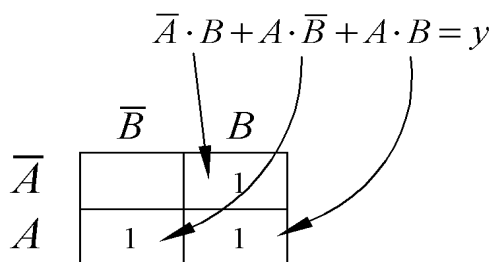


Рисунок 2.9 – Нанесение единиц на карту Карно

Произведем упрощение. В соответствии с правилами соседние единицы объединяются в один контур группами по две, четыре или восемь единиц. Построение контуров продолжается до тех пор, пока все единицы не окажутся внутри контуров. Каждый контур представляет собой новый член упрощенного булева выражения. На рисунке 2.10 получилось два контура, что означает: упрощенное выражение будет состоять только из двух членов, связанных функцией ИЛИ. Рассмотрим сначала нижний контур.

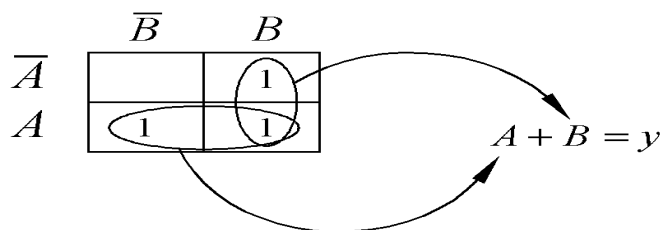


Рисунок 2.10 – Упрощение булевых выражений на основе карты Карно

Здесь A встречается в комбинации с B и \bar{B} . В соответствии с правилами булевой алгебры B и \bar{B} дополняют друг друга и их можно опустить. Тогда в нижнем контуре остается только один член A . Аналогично этому вертикально расположенный контур содержит A и \bar{A} , которые можно также опустить, оставив только B . Оставшиеся в результате A и B затем объединяются функцией ИЛИ, что приводит к упрощенному булеву выражению $A + B = y$. Упрощение булевых функций проводится в следующей последовательности.

1 Начинать надо с булева выражения в дизъюнктивной нормальной форме.

2 Нанести единицы на карту Карно.

3 Объединить соседние единицы контурами, охватывающими два или восемь квадратов.

4 Провести упрощения, исключая члены, дополняющие друг друга внутри контура.

5 Объединить оставшиеся члены (по одному в каждом контуре) функцией ИЛИ.

6 Записать полученное упрощенное булево выражение в дизъюнктивной нормальной форме.

2.6 Карты Карно с тремя переменными

Рассмотрим булево выражение $A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C} = y$ и построим для него карту Карно. Имеется восемь возможных комбинаций переменных A, B, C , которые представлены восемью квадратами на карте Карно. В них занесены четыре единицы, отображающие каждый из четырех членов исходного булева выражения. Заполненная карта Карно рисунок 2.11, б повторена на рисунке 2.11, в, где каждая группа из двух соседних единиц обведена контуром. Нижний контур содержит B и \bar{B} , вследствие чего B и \bar{B} можно опустить. После этого в составе нижнего контура сохраняются лишь A и C , которые дают член $A \cdot C$. В верхний контур входят C и \bar{C} , поэтому они опускаются, в результате чего остается только член $A \cdot \bar{B}$. Булево выражение в дизъюнктивной нормальной форме получается введением символа операции ИЛИ. Упрощенное булево выражение, записанное на рисунке 2.11. г, имеет вид $\bar{A} \cdot \bar{C} + A \cdot \bar{B} = y$.

$$\text{а) } A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C} = y$$

б)

	\bar{C}	C
$\bar{A} \cdot \bar{B}$	1	1
$\bar{A} \cdot B$		
$A \cdot B$	1	
$A \cdot \bar{B}$	1	

в)

	\bar{C}	C
$\bar{A} \cdot \bar{B}$	1	1
$\bar{A} \cdot B$		
$A \cdot B$	1	
$A \cdot \bar{B}$	1	

$$\text{г) } \bar{A} \cdot \bar{C} + A \cdot \bar{B} = y$$

а – исходное булево выражение; б – нанесение на карту логических единиц; в – объединение каждой группы контурами; г – упрощенное булево выражение

Рисунок 2.11 – Упрощение булевых выражений

Очевидно, что это упрощенное булево выражение потребует для своей реализации значительно меньше электронных компонентов, чем ис-

ходное. Существенно, чтобы карта Карно была составлена именно так, как показано на рисунке 2.11. По мере того, как происходит смещение вниз по левой части карты, на каждом шагу изменяется лишь одна переменная.

Сверху слева записано произведение $\bar{A} \cdot \bar{B}$, а строкой ниже – $\bar{A} \cdot B$ (где только \bar{B} заменено на B). Далее при продвижении от $\bar{A} \cdot B$ к $A \cdot B$ вниз \bar{A} переходит в A . Наконец, смещение вниз от $A \cdot B$ к $A \cdot \bar{B}$ приводит к замене B на \bar{B} . Если карту Карно составить неверно, она не будет давать ожидаемого эффекта.

2.7 Карты Карно с четырьмя переменными

Таблица истинности для четырех переменных включает 16 возможных комбинаций. Рассмотрим булево выражение

$$\begin{aligned} &A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + \dots \\ &+ \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = y. \end{aligned}$$

Карты Карно с четырьмя переменными (рисунок 2.12) допускают 16 возможных комбинаций A, B, C, D . Эти комбинации представлены соответственно 16 квадратами карты.

а) $A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D = y$

б)

	$\bar{C} \cdot \bar{D}$	$\bar{C} \cdot D$	$C \cdot D$	$\bar{C} \cdot D$
$\bar{A} \cdot \bar{B}$		1	1	
$A \cdot \bar{B}$	1	1		
$A \cdot B$				
$\bar{A} \cdot B$		1	1	

$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot D$
 $A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D = A \cdot \bar{B} \cdot C$
 $\bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot D = \bar{A} \cdot B \cdot D$

в)

	$\bar{C} \cdot \bar{D}$	$\bar{C} \cdot D$	$C \cdot D$	$\bar{C} \cdot D$
$\bar{A} \cdot \bar{B}$		1	1	
$A \cdot \bar{B}$	1	1		
$A \cdot B$				
$\bar{A} \cdot B$		1	1	

г) $\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} + \bar{A} \cdot B \cdot D = y$

а – исходное булево выражение; б – карта Карно; в – объединение контурами и опускание переменных; г – упрощенное булево выражение

Рисунок 2.12 – Упрощение на основе карты Карно булева выражения с шестью членами



Нанесем на карту шесть единиц, которые соответствуют шести членам в заданном булевом выражении. Полученная карта Карно вторично изображена на рисунке 2.12, в.

Группы из двух единиц объединены контурами. Нижний контур из двух единиц дает возможность опустить C и \bar{C} . После этого в нем остается член $\bar{A} \cdot B \cdot D$. Далее в нижнем и в верхнем контурах производят аналогичные упрощения. Полученные новые члены объединяем символом операции ИЛИ.

2.8 Другие разновидности карт Карно

Рассмотрим булево выражение

$$A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} = y.$$

Четыре его члена представлены на карте Карно (рисунок 2.13) четырьмя единицами. Карта Карно в этом случае представляется свернутой в цилиндр, в котором левый ее край совмещается с правым. При этом попарно опускаются члены A и \bar{A} , C и \bar{C} . В результате упрощения булево выражение получит вид $B \cdot \bar{D} = y$.

	$\bar{C} \cdot \bar{D}$	$\bar{C} \cdot D$	$C \cdot D$	$C \cdot \bar{D}$
$\bar{A} \cdot \bar{B}$				
$A \cdot \bar{B}$	1			1
$A \cdot B$	1			1
$\bar{A} \cdot B$				

Рисунок 2.13 – Упрощение булева выражения на основе карты Карно методом сворачивания в вертикальный цилиндр

Другой способ построения карты дан на рисунке 2.14. При этом способе сходятся нижняя и верхняя части карты, если ее свернуть в виде горизонтально расположенного цилиндра. Упрощенное булево выражение для этой карты будет иметь вид $\bar{B} \cdot \bar{C} = y$.

На рисунке 2.15 показан еще один способ образования контуров. Четыре угловых квадрата карты Карно могут быть связаны друг с другом в результате сворачивания карты в шар. При этом четыре угловых квадрата соседствуют друг с другом и, следовательно, могут быть объединены одним контуром. Упрощенное булево выражение имеет вид $\bar{B} \cdot \bar{D} = y$. В этом примере опускаются A и \bar{A} , а также C и \bar{C} .

	$\bar{C} \cdot \bar{D}$	$\bar{C} \cdot D$	$C \cdot D$	$C \cdot \bar{D}$
$\bar{A} \cdot \bar{B}$	1	1		
$A \cdot \bar{B}$				
$A \cdot B$				
$\bar{A} \cdot B$	1	1		

Рисунок 2.14 – Упрощение булева выражения путем представления карты Карно в виде свернутого горизонтального цилиндра

	$\bar{C} \cdot \bar{D}$	$\bar{C} \cdot D$	$C \cdot D$	$C \cdot \bar{D}$
$\bar{A} \cdot \bar{B}$	1			1
$A \cdot \bar{B}$				
$A \cdot B$				
$\bar{A} \cdot B$	1			1

Рисунок 2.15 – Упрощение булева выражения на основе представления карты Карно в виде шара

2.9 Использование мультиплексоров для упрощения логических задач

Для упрощения решения задач создана интегральная схема, которая названа мультиплексором или селектором данных. Он состоит из большого количества логических элементов, размещенных в стандартном корпусе ИС. Мультиплексор ИС типа «1 из 8» показан на рисунке 2.16. С его левой стороны есть восемь информационных входов, пронумерованных цифрами от 0 до 7, и три селекторных входа в нижней части, обозначенные А, В и С. Выход его – это W.

Основное назначение мультиплексора – пересылка данных им с определенного входа (от 0 до 7) на выход (W). Выбор того входа, с которого пересылаются данные, определяется двоичным кодом, поступающим на селекторные входы (рисунок 2.17). Мультиплексор работает по тому же принципу, что и поворотный переключатель. На рисунке 2.17 показан момент пересылки данных с контакта 2 такого переключателя на выход.

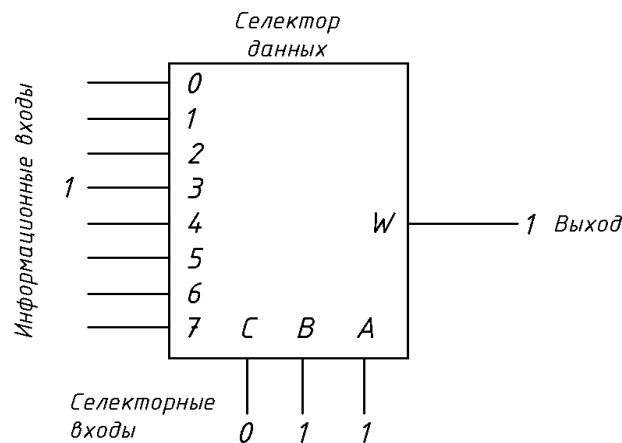


Рисунок 2.16 – Условное обозначение селектора данных «1 из 8»

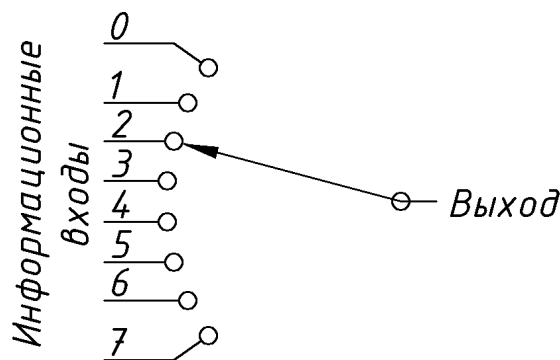
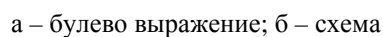


Рисунок 2.17 – Однополюсный восьмипозиционный поворотный переключатель, действующий как селектор данных

Подобным образом данные с информационного входа 2 пересылаются на выход W электронного селектора. В случае поворотного переключателя для съема данных с какого-либо другого входа необходимо механическим способом задать его новое положение. В мультиплексоре для этого достаточно просто изменить двоичный код на селекторных входах. Пусть нам задано булево выражение, записанное на рисунке 2.18. Там же приведена схема, соответствующая этому булеву выражению. Для его реализации необходимо использовать довольно много ИС.

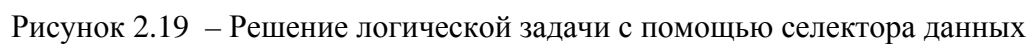
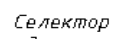
Менее дорогостоящий путь решения задачи основывается на использовании мультиплексора.

Для решения этой задачи составлена на рисунке 2.19 таблица истинности. К этой таблице добавлен мультиплексор «1 из 16». Логические 0 и 1 подаются на шестнадцать информационных входов селектора в соответствии со столбцами значений выхода Y. Эти соединения остаются постоянными для данной таблицы истинности.



a/

Информационные входы



На селекторные входы (D, C, B, A) подаются двоичные числа, отвечающие различным комбинациям входов. Любая комбинация входных переменных D, C, B и A генерируют необходимый выход согласно таблице истинности.

$$A + B + C = A + (B + C) = B + (A + C) = C + (A + B).$$

Используя мультиплексор, мы используем вместо большого количества ИС только одну. Применение селектора данных удобно для реализации сложных логических задач. Используются мультиплексоры для реализации логических функций с тремя, четырьмя и пятью переменными.

2.10 Законы алгебры логики

В алгебре логики имеются четыре основных закона, определяющих порядок производства операций НЕ, И, ИЛИ в любом логическом выражении.

Переместительный закон. Для логического сложения: от перемены мест слагаемых их логическая сумма не изменится: $A + B = B + A$.

Для логического умножения: от перемены мест сомножителей их логическое произведение не изменится:

$$A \cdot B = B \cdot A.$$

Сочетательный закон. При логическом сложении нескольких аргументов любую группу слагаемых можно записать их логической суммой:

$$A + B + C = A + (B + C) = B + (A + C) = C + (A + B).$$

При логическом умножении нескольких аргументов любую группу сомножителей можно заменить их логическим произведением:

$$A \cdot B \cdot C = A \cdot (B \cdot C) = B \cdot (A \cdot C) = C \cdot (A \cdot B).$$

Распределительный закон. Распределительный закон первого рода: произведение суммы нескольких аргументов на какую-либо логическую переменную равно сумме произведений каждого слагаемого на эту переменную:

$$(B + C) \cdot A = B \cdot A + C \cdot A.$$

Распределительный закон второго рода: сумма произведений нескольких аргументов и какой-либо логической переменной равна произведению сумм каждого сомножителя и этой переменной:

$$B \cdot C + A = (B + A) \cdot (C + A).$$

Закон инверсии (правило де Моргана). Отрицание логической суммы нескольких аргументов равно логическому произведению отрицаний этих



же аргументов:

$$\overline{A + B + C} = \overline{A} \cdot \overline{B} \cdot \overline{C}.$$

Отрицание логического произведения нескольких аргументов равно логической сумме отрицаний этих же аргументов:

$$\overline{A \cdot B \cdot C} = \overline{A} + \overline{B} + \overline{C}.$$

В [4] имеются доказательства этих законов.

2.11 Реализация системы управления с использованием логических элементов в гидросистеме погрузчика

Рассмотрим пример разработки системы управления одноковшового погрузчика.

Известна гидросистема погрузчика [1], включающая насос, распределитель, исполнительные гидроцилиндры и гидробак.

Отличительной особенностью этой гидросистемы является подбор вместимости гидробака по теплоотдаче при высокой температуре окружающего воздуха. При этом его вместимость рекомендуется подбирать в зависимости от суммарной производительности насосов, установленных на машине, достигающих 2–3-минутной их производительности. Это приводит к значительному увеличению вместимости гидробака, эксплуатационной массы и сопротивления движения машины, а значит, и мощности двигателя, затрачиваемой на ее перемещение.

Известна гидросистема погрузчика [2], включающая насосную станцию, распределитель, исполнительные гидроцилиндры и гидробак вместимостью, равной 2–3-минутной производительности насосной станции, что и приводит из-за увеличенной вместимости гидробака к излишнему увеличению эксплуатационной массы и сопротивления перемещения машины, а значит, к увеличенным затратам топлива, что, в свою очередь, приводит к уменьшению конкурентоспособности машины, т. к. стоимость топлива превышает 60 % себестоимости машиночаса ее работы. Кроме того, из-за высокой вместимости гидробака увеличиваются затраты на приобретение рабочей жидкости гидросистемы, которая сезонно меняется дважды в год.

Задача разработки: снижение энергозатрат при работе погрузчика за счет уменьшения объема гидравлической жидкости в гидросистеме и, как следствие, уменьшения сопротивления перемещению машины и снижение энергозатрат.

Эта задача решается за счет того, что в гидросистеме погрузчика, включающего насосную станцию, распределитель, исполнительные гидроцилиндры и гидробак, вместимость гидробака равна или несколько больше разницы объемов поршневой и штоковой полостей всех исполнительных гидроцилиндров погрузчика, а в сливную гидролинию гидросистемы по-

грузчика дополнительно установлен трехпозиционный распределитель с электромагнитным управлением и блоком гидроаккумуляторов, имеющий три выхода: один выход этого распределителя соединен через масляный радиатор с гидробаком; второй – с теплогенератором, а далее – с гидробаком; третий – через фильтр тонкой очистки жидкости с гидробаком. Трехпозиционный распределитель с электромагнитным управлением с электромагнитами У1 и У2 имеет возможность включения от сигналов с контроллера, на который поступают сигналы с датчиков А и В допустимо высокой и низкой температуры гидравлической жидкости, датчика С степени загрязнения гидравлической жидкости; все выходные сигналы контроллера У1, У2, У3 также имеют возможность поступления на индикаторные лампы, расположения в кабине оператора.

$$A \cdot B + A \cdot \bar{B} = Y1; \quad \bar{A} \cdot B + \bar{A} \cdot C = Y2; \quad \bar{A} \cdot B = Y3,$$

где А – сигнал высокого уровня с датчика температуры релейного типа о показаниях низкой температуры рабочей жидкости;

В – сигнал высокого уровня с датчика температуры релейного типа о показаниях высокой температуры рабочей жидкости;

С – сигнал с датчика степени загрязненности рабочей жидкости;

У1, У2 – сигналы, подаваемые контроллером на электромагниты трехпозиционного распределителя;

У3 – сигнал на включение вентилятора обдува масляного радиатора.

Выбор уменьшенной вместимости гидробака позволяет уменьшить объем, а значит, и массу гидравлической жидкости. В результате это позволит уменьшить сопротивление перемещению машины, а значит, и загрузку двигателя, а также количество потребляемого топлива при выполнении транспортной операции. Так как уменьшение загрузки двигателя при той же подаче топлива и при неизменном положении педали акселератора приводит к увеличению частоты вращения коленчатого вала двигателя, а значит, и скорости перемещения машины, то снижается время цикла машины и повышается ее производительность. Установка в сливную магистраль блока гидроаккумуляторов позволяет решить задачу разницы объемов жидкости, сливаемой из поршневых или штоковых полостей гидроцилиндров и поступающей в противоположную полость гидроцилиндров.

Наличие трехпозиционного распределителя с электромагнитным управлением по сигналу с контроллера дает возможность по техническому состоянию гидросистемы без вмешательства оператора направлять жидкость по одному из трех направлений: на ее подогрев – при холодной гидравлической жидкости, на её охлаждение – при слишком высокой температуре или на её очистку – при загрязнении гидравлической жидкости. Наличие контроллера позволяет сделать правильный выбор по анализу технического состояния гидросистемы машины и без вмешательства оператора по выбору направления течения жидкости (на подогрев, охлаждение или очи-



стку в соответствии с сигналами датчиков). Логика срабатывания электромагнитов У1, У2 и У3 приведена в таблице истинности. Полученное булево выражение из таблицы истинности позволяет работать гидросистеме машины в оптимальном температурном режиме с минимальными потерями энергии и обеспечивает дополнительную очистку гидравлической жидкости без вмешательства оператора в работу гидросистемы машины.

Сущность изобретения поясняется чертежом. На рисунке 2.20 показана гидросистема погрузчика.

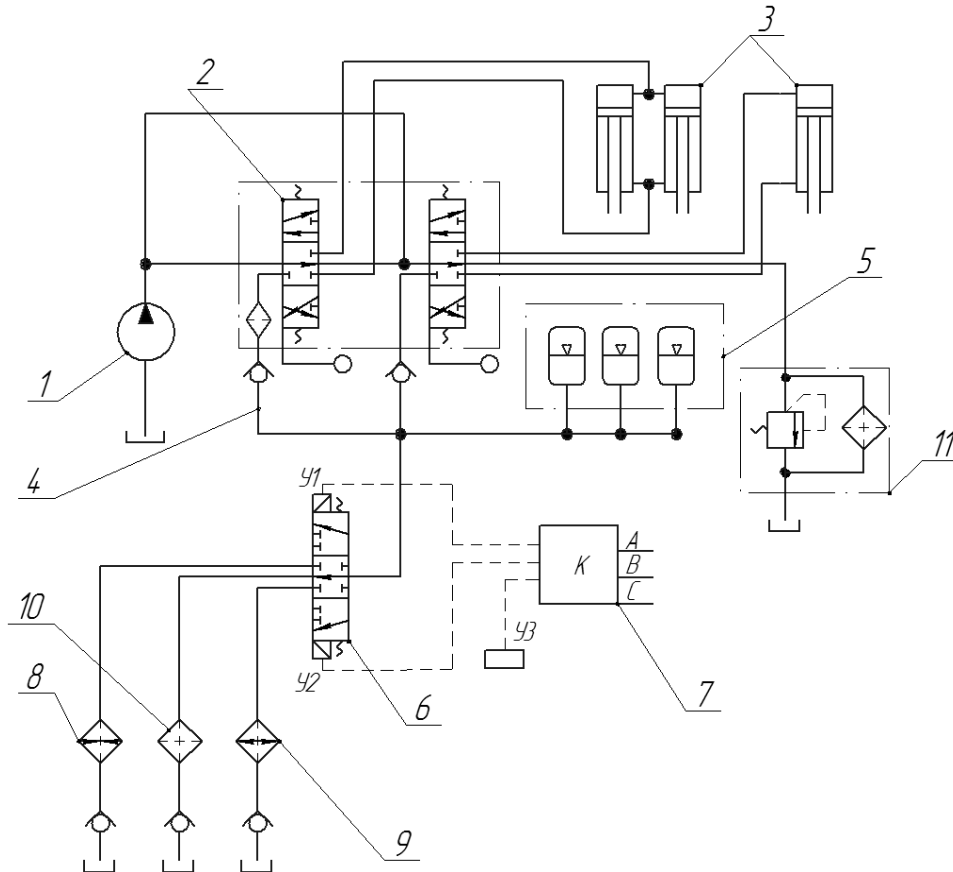


Рисунок 2.20 – Гидросхема погрузчика

Гидросистема погрузчика состоит из насосной станции 1, распределителя 2, исполнительных гидроцилиндров 3. В сливную гидролинию 4 устанавливают блок гидроаккумуляторов 5. В эту же гидролинию 4 параллельно блоку аккумуляторов 5 устанавливают трехпозиционный распределитель 6 с электромагнитным управлением.

Электромагниты У1 и У2 трехпозиционного распределителя 6 поступает электрическое питание от контроллера 7, который получает сигналы от датчиков А и В о высокой и низкой температуре гидравлической жидкости и датчика С об ее загрязненности. На выходе трехпозиционного распределителя 6 жидкость в зависимости от сигнала от контроллера 7 может поступать по одному из трех направлений: подогрев – на теплогене-

рактор 8 при низкой температуре жидкости (особенно в начале смены), охлаждение – на масляный радиатор 9 при высокой температуре жидкости, очистку – на фильтр тонкой очистки 10 при загрязненности жидкости (обычно жидкость поступает на фильтр 11). Функционирование системы показано в таблице истинности (таблица 2.4) и ее упрощение – на картах Карно (таблицы 2.5–2.7).

Таблица 2.4 – Таблица истинности

Датчик			Электромагнит			Прочее
низкой температуры А	высокой температуры В	загрязненности жидкости С	Теплогенератор У1	Очистка У2	Охлаждения У3	
0	0	0	0	1	0	
1	0	0	1	0	0	
0	1	0	0	0	1	
0	0	1	0	1	0	
1	1	0	1	0	0	
0	1	1	0	1	1	
1	0	1	1	0	0	
1	1	1	0	0	0	Неисправен датчик

Таблица 2.5 – Карты Карно для булева выражения У1

	$A \cdot B$	$\bar{A} \cdot B$	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$A \cdot \bar{B}$
С	1			1
\bar{C}	1			1

Таблица 2.6 – Карты Карно для булева выражения У2

	$A \cdot B$	$\bar{A} \cdot B$	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$A \cdot \bar{B}$
С		1		1
\bar{C}		1		

Таблица 2.7 – Карты Карно для булева выражения У3

	$A \cdot B$	$\bar{A} \cdot B$	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$A \cdot \bar{B}$
С		1		
\bar{C}		1		

Работает гидросистема следующим образом. При включении двигателя машины начинает работать насосная станция 1 гидросистемы. При этом гидравлическая жидкость поступает через распределитель 2 на фильтр 11. Если жидкость подается на исполнительные гидроцилиндры 3, то на сливе она поступает в сливную гидролинию 4, а далее – на трехпозиционный распределитель 6 с электромагнитным управлением. Так как в начале смены жидкость холодная, то во избежание лишних потерь мощности и возможности возникновения кавитации ее требуется подогреть до рабочей температуры, обычно равной 40–60 °С. Жидкость направляется на подогрев путем перевода золотника электромагнитом У1 распределителя 6 в положение, соответствующее движению жидкости через тепловой генератор 8, где и нагревается до требуемой температуры. Если жидкость нагревается до температуры 60 °С, электромагнит У1, в соответствии с сигналом от контроллера 7, обесточивается, и жидкость направляется в гидробак через радиатор 9 (теплообменник) гидравлической системы охлаждения. Если жидкость загрязнена, о чем свидетельствует датчик С, обесточиваются электромагниты У1 и У2, и жидкость направляется на дополнительную очистку. Температурные датчики А и В должны быть релейного типа и нормально замкнуты при температурах: А – до 60 °С, В – 70 °С, С – при загрязнении жидкости с использованием датчиков, например, светопары. Тогда начинается очистка жидкости при помощи фильтра тонкой очистки 10.

Таким образом, без вмешательства оператора в гидросистеме поддерживается оптимальный температурный рабочий режим, а также производится дополнительная очистка жидкости от загрязнителей фильтрами тонкой очистки 3–5 мкм только в момент, когда она загрязнена, а не все время, когда она циркулирует в гидросистеме. Фильтры тонкой очистки гидравлической жидкости потребляют достаточно много энергии, поэтому у нас их применяют редко.

В отечественной практике в гидросистеме машины задерживаются загрязнители более крупные, чем 25–40 мкм, а в зарубежных гидравлических машинах – начиная с 3 мкм. Грубая очистка гидравлической жидкости осуществляется фильтром 11.

Использование данной гидросистемы позволяет снизить себестоимость машиночаса работы машины, так как в нее входит основная составляющая (до 60 %) – стоимость топлива, и одновременно повышается производительность, что приводит к снижению себестоимости единицы производимой продукции, а значит, повышению конкурентоспособности машины.

2.12 Примеры оформления лабораторных работ по составлению логических элементов систем управления

2.12.1 Составление таблиц истинности, булевых выражений и их упрощение.

Цель работы: приобретение практических навыков использования таблиц истинности составления булевых выражений, карт Карно, составление схем функционирования систем управления, основанных на логических элементах.

Порядок выполнения работы.

1 Преподавателем задается индивидуально каждому студенту булево выражение типа

$$\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot D + A \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot D = Y1.$$

2 Студент на основании булева выражения должен составить таблицу истинности.

3 На основании булева выражения составляется карта Карно и упрощается булево выражение.

4 На основании упрощенного булева выражения составляется логическая схема системы управления.

2.12.2 Разработка системы автоматического управления рабочим процессом (процессом копания) бульдозера.

Цель работы: приобретение практических навыков по разработке систем управления рабочим процессом бульдозера с использованием трех входных переменных.

Исходные данные.

Использовать информацию:

- о загрузке двигателя внутреннего сгорания (по положению рейки топливного насоса);
- о нагрузке на рабочий орган бульдозера с целью определить максимальные нагрузки, лимитирующие надежность металлоконструкции и трансмиссии базовой машины;
- о включении гидросистемы под нагрузку (по положению золотника распределителя подъема-опускания отвала).

Порядок выполнения работы.

1 На основании трех информационных переменных составить таблицу истинности. При этом в гидросистему дополнительно установить золотник с электромагнитным распределителем, соединив его соответствующим образом с гидролиниями управления гидроцилиндрами подъема-опускания рабочего оборудования. Золотник управления должен иметь два электромагнита: один, управляющий подъемом рабочего оборудования, второй – опусканием. Золотник должен быть установлен таким образом,

чтобы оператор имел приоритет перед автоматической системой, т. к. оператор визуально наблюдает за рабочим процессом бульдозера и в случае необходимости должен иметь возможность вмешаться в работу системы управления.

2 Составить булево выражение на основании таблицы истинности.

3 Составить карты Карно и упростить булево выражение.

4 На основании нового упрощенного булева выражения составить логическую схему функционирования системы автоматизации рабочего процесса бульдозера. Составить гидравлическую схему с подключением блока управления (контроллера).

5 На основании полученных материалов составить заявку на изобретение (формулу изобретения, схему, текстовую часть описания системы автоматизации рабочего процесса бульдозера).

6 Оформленная соответствующим образом заявка является отчетом по данной лабораторной работе.

2.12.3 Разработка системы автоматического управления рабочим процессом скрепера на базе логических элементов.

Цель работы: приобретение практических навыков по разработке систем автоматического управления с четырьмя информационными переменными.

Информация, поступающая в виде электрических сигналов в блок управления:

- о загрузке двигателя внутреннего сгорания;
- о буксовании тягача;
- о нагрузке металлоконструкции скрепера, лимитирующую ее надежность;
- о включении гидросистемы под нагрузку.

Порядок выполнения работы.

1 Составить таблицу истинности функционирования системы управления.

2 На основании таблицы истинности составить булево выражение.

3 Упростить с помощью карты Карно булево выражение.

4 Построить логическую схему функционирования системы автоматического управления рабочим процессом скрепера. Разработать гидравлическую схему управления рабочим органом скрепера.

5 Подготовить заявку на изобретение системы автоматического управления, которая является отчетом по данной лабораторной работе.

Список литературы

1 **Щемелёв, А. М.** Проектирование гидропривода машин для земляных работ / А. М. Щемелёв. – Могилёв : ММИ, 1995. – 276 с.

2 **Берестов, Е. И.** Гидропривод строительных и дорожных машин / Е. И. Берестов. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2007. – 200 с.

3 **Токхейм, Р.** Основы цифровой электроники / Р. Токхейм. – М. : Мир, 1988. – 384 с.

4 **Лысиков, Б. Г.** Арифметические и логические основы ЭЦВМ / Б. Г. Лысиков. – Минск : Выш. шк, 1974. – 264 с.

5 **Поляков, Д. Г.** Электроника автомобильных систем управления / Д. Г. Поляков, Ю. К. Есеновский-Лашков. – М. : Машиностроение, 1987. – 200 с.

6 **Сига, Х.** Введение в автомобильную электронику / Х. Сига, С. Мидзутани. – М. : Мир, 1989. – 230 с.

