



# МЕТОДИКА

**И. Г. Семакин,**

*доктор пед. наук, профессор кафедры прикладной математики и информатики  
Пермского государственного университета*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОННЫХ ТАБЛИЦАХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАЗДЕЛОВ ПРОФИЛЬНОГО КУРСА ИНФОРМАТИКИ

При изучении курса информатики и ИКТ в X—XI классах на профильном уровне отводимое учебное время (280 ч) должно делиться примерно поровну (50/50) между теоретическими занятиями и практическими работами. Практическая работа учащихся должна происходить в форме компьютерного практикума. Это касается не только технологических тем курса, но и его *теоретических* разделов, которые в профильном курсе составляют значительный объем.

Эффективным методическим подходом к освоению некоторых теоретических тем курса является *моделирование*. Объектами моделирования выступают информационные процессы преобразования, передачи, обработки информации, происходящие в компьютерных системах. Наилучший обучающий эффект достигается в том случае, если ученики в ходе выполнения практических работ сами создают соответствующие учебные модели на компьютере, используя знакомые им технологии.

В варианте профильного курса информатики, разработанного коллективом под руководством автора настоящей статьи, компьютерный практикум по теоретическим темам базируется на двух технологиях: использовании электронных таблиц и программировании на языках Паскаль и Delphi. В данной статье демонстрируется использование электронных таблиц в разделе компьютерного практикума «Логические схемы и логические основы ЭВМ».

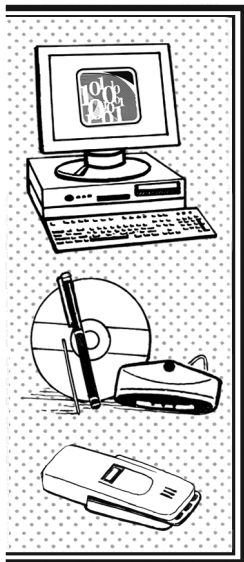
С представленным ниже разделом практикума ученики работают после того, как основные понятия изучаемой темы были рассмотрены на теоретическом занятии и изучены по учебнику [1]. Подробные пояснения и описания последовательности действий позволяют ученику выполнять работу самостоятельно. Предлагаемые для исполнения задания располагаются в порядке возрастания сложности.

### Практическая работа: логические схемы и логические основы компьютера

**Основные понятия, изложенные в учебнике:** логические величины, логические операции, логические формулы, логические схемы, логические элементы процессора ЭВМ (полусумматор, сумматор).

**Задачи практической работы:**

- моделирование логических элементов (инвертора, конъюнктора, дизъюнктора) в электронных таблицах;



- объединение логических элементов в логические схемы;
- моделирование элементов процессора (полусумматора, сумматора).

**Целью данной работы** является обучение построению «живых» логических схем в среде электронной таблицы. Что значит «живые» схемы? Это значит, что схема будет работать автоматически: при изменении значений входных параметров будут мгновенно пересчитываться выходные значения. Вот пример такой схемы:

	A	B	C	D	E	F	G
1	1) <b>НЕ(A И B)</b>						
2							
3		A	ИСТИНА	И		НЕ	
4					ЛОЖЬ		ИСТИНА
5		B	ЛОЖЬ				
6							
7							

Рис. 1

С помощью этой схемы вычислено значение логической формулы  $\text{НЕ}(A \text{ И } B)$  для значений логических переменных  $A = \text{ИСТИНА}$ ,  $B = \text{ЛОЖЬ}$ . Если изменить значение переменной  $B$  в ячейке C5 на  $\text{ИСТИНА}$ , то схема примет следующий вид:

	A	B	C	D	E	F	G
1	1) <b>НЕ(A И B)</b>						
2							
3		A	ИСТИНА	И		НЕ	
4					ИСТИНА		ЛОЖЬ
5		B	ИСТИНА				
6							
7							

Рис. 2

Можно сделать и так, чтобы вместо слов  $\text{ИСТИНА}$  и  $\text{ЛОЖЬ}$  в ячейках выводились 1 и 0:

	A	B	C	D	E	F	G
1	1) <b>НЕ(A И B)</b>						
2							
3		A	1	И		НЕ	
4					0		1
5		B	0				
6							
7							

Рис. 3

Используя эту технологию, можно строить любые логические схемы. Для освоения данной технологии следует выполнить несколько упражнений.

## Упражнение 1. Построение логических элементов

### 1. Логический элемент «инвертор» (НЕ).

Логический элемент НЕ имеет один вход и один выход.

Сам элемент обводится рамкой с помощью средства **Внешние границы**, в центральную ячейку записывается слово НЕ, область элемента заливается выбранным цветом (например, фиолетовым).

Входной параметр находится в ячейке слева от элемента, на рис. 4 это ячейка А3. Нижняя граница ячейки обводится жирной линией.

Выходное значение находится в ячейке, примыкающей к элементу справа, на рис. 4 это ячейка С3. Нижняя граница ячейки выделяется жирной линией. В ячейке записывается формула с функцией НЕ, на рис. 4, вариант 1 это =НЕ(А3). В таком варианте результат в этой ячейке будет отражаться словами ИСТИНА, ЛОЖЬ. На рис. 4, вариант 2 показано, как можно сделать так, чтобы вместо ИСТИНА выводилось 1, а вместо ЛОЖЬ выводился 0: в ячейке С3 записывается формула =ЕСЛИ(НЕ(А3);1;0).

Значения входного параметра можно задавать словами ИСТИНА и ЛОЖЬ, а также числами 1 и 0, логические функции воспринимают эти значения как тождественные.

### Задание 1.

Воспроизведите в электронных таблицах на компьютере логический элемент НЕ в двух вариантах, как показано на рис. 4. Проследите за его работой, изменяя значение входного параметра.

Формулы				Примеры			
Вариант 1:							
	A	B	C		A	B	C
1				1			
2				2			
3		НЕ	=НЕ(А3)	3	ЛОЖЬ	НЕ	ИСТИНА
4				4			
5				5			
6				6			
	A	B	C		A	B	C
1				1			
2				2			
3		НЕ		3	0	НЕ	ИСТИНА
4				4			
5				5			
6				6			
Вариант 2:							
	A	B	C		A	B	C
1				1			
2				2			
3		НЕ	=ЕСЛИ(НЕ(А3);1;0)	3	0	НЕ	1
4				4			
5				5			
6				6			
	A	B	C		A	B	C
1				1			
2				2			
3		НЕ		3	1	НЕ	0
4				4			
5				5			
6				6			

Рис. 4. Логический элемент НЕ

### 2. Логический элемент «конъюнктор» (И).

Логический элемент И имеет два входа и один выход.

Сам элемент обводится рамкой с помощью средства **Внешние границы**, в центральную ячейку записывается И, область элемента заливается выбранным цветом (например, светло-синим).

Входные параметры находятся в ячейках слева от элемента, на рис. 5 это ячейки В3 и В5. Нижние границы ячеек обводятся жирными линиями.

Выходное значение находится в ячейке, примыкающей к элементу справа, на рис. 5 это ячейка D4. Нижняя граница ячейки обводится жирной линией. В ячейке записывается формула с функцией И, на рис. 5, вариант 1 это =И(В3;В5). В варианте 2 в ячейке D4 записана формула =ЕСЛИ(И(В3;В5);1;0) для получения в результате 1 или 0.

Значения входного параметра можно задавать словами ИСТИНА и ЛОЖЬ, а также числами 1 и 0.

**Задание 2.**

Воспроизведите в электронных таблицах на компьютере логический элемент И в двух вариантах, как показано на рис. 5. Проследите за его работой, перебирая все сочетания входных параметров.

Формулы		Примеры																																																																																	
<p>Вариант 1:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td><b>И</b></td><td>=И(В3;В5)</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			A	B	C	D	1					2					3					4			<b>И</b>	=И(В3;В5)	5					6					7					<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td><b>И</b></td><td>ЛОЖЬ</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			A	B	C	D	1					2					3		1			4			<b>И</b>	ЛОЖЬ	5		0			6					7				
	A	B	C	D																																																																															
1																																																																																			
2																																																																																			
3																																																																																			
4			<b>И</b>	=И(В3;В5)																																																																															
5																																																																																			
6																																																																																			
7																																																																																			
	A	B	C	D																																																																															
1																																																																																			
2																																																																																			
3		1																																																																																	
4			<b>И</b>	ЛОЖЬ																																																																															
5		0																																																																																	
6																																																																																			
7																																																																																			
<p>Вариант 2:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td><b>И</b></td><td>=ЕСЛИ(И(В3;В5);1;0)</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			A	B	C	D	1					2					3					4			<b>И</b>	=ЕСЛИ(И(В3;В5);1;0)	5					6					7					<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td>1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td><b>И</b></td><td>0</td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td>0</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			A	B	C	D	1					2					3		1			4			<b>И</b>	0	5		0			6					7				
	A	B	C	D																																																																															
1																																																																																			
2																																																																																			
3																																																																																			
4			<b>И</b>	=ЕСЛИ(И(В3;В5);1;0)																																																																															
5																																																																																			
6																																																																																			
7																																																																																			
	A	B	C	D																																																																															
1																																																																																			
2																																																																																			
3		1																																																																																	
4			<b>И</b>	0																																																																															
5		0																																																																																	
6																																																																																			
7																																																																																			

Рис. 5. Логический элемент И

**3. Логический элемент «дизъюнктор» (ИЛИ).**

Логический элемент ИЛИ имеет два входа и один выход.

Сам элемент обводится рамкой с помощью средства **Внешние границы**, в центральную ячейку записывается ИЛИ, область элемента заливается выбранным цветом (например, желтым).

Входные параметры находятся в ячейке слева от элемента, на рис. 6 это ячейки В3 и В5. Нижние границы ячеек обводятся жирными линиями.

Выходное значение находится в ячейке, примыкающей к элементу справа, на рис. 6 это ячейка D4. Нижняя граница ячейки обводится жирной линией. В ячейке записывается формула с функцией ИЛИ, на рис. 6, вариант 1 это =ИЛИ(В3;В5). В варианте 2 в ячейке D4 записана формула =ЕСЛИ(ИЛИ(В3;В5);1;0) для получения в результате 1 и 0.

Значения входного параметра можно задавать словами ИСТИНА и ЛОЖЬ, а также числами 1 или 0.

**Задание 3.**

Воспроизведите в электронных таблицах на компьютере логический элемент ИЛИ в двух вариантах, как показано на рис. 6. Проследите за его работой, перебирая все сочетания входных параметров.

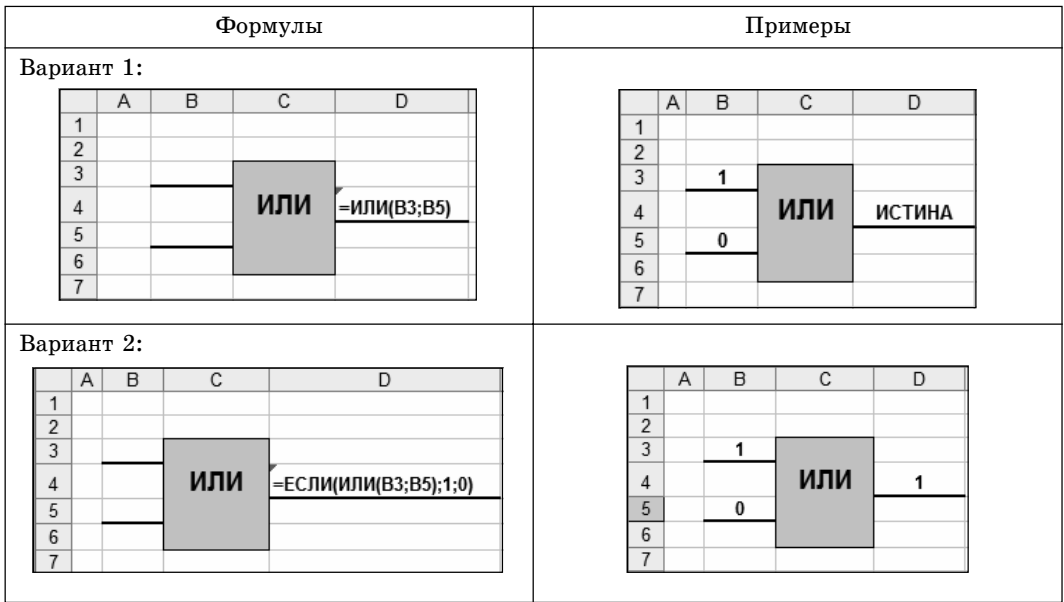


Рис. 6. Логический элемент ИЛИ

### Упражнение 2. Организация связи между элементами

Связь между элементами логических схем происходит путем передачи значений от ячейки к ячейке, которые отмечены жирными линиями снизу. Линии соединяют элементы между собой, а также отмечают входы и выходы схемы. Логические значения в схемах могут передаваться вдоль линий в направлениях слева направо и сверху вниз.

На рис. 7 в режиме отображения формул показано, каким способом можно продлевать горизонтальные линии на схеме, идущие от входных параметров или соединяющие два логических элемента.

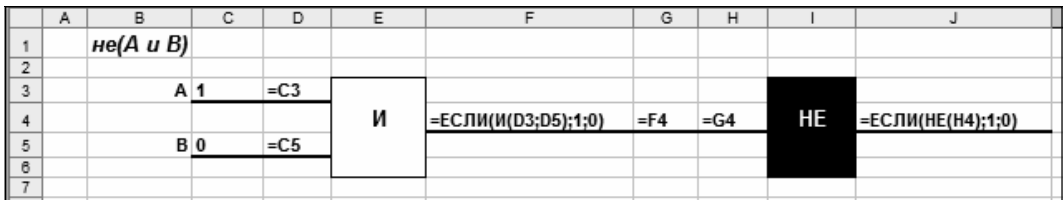


Рис. 7. Передача значений вдоль линий связи элементов (режим отображения формул)

В ячейках, соответствующих продолжениям линий (D3, D5, G4, H4), записываются ссылки на соседние слева ячейки. На рис. 8 эта же схема представлена в режиме отображения значений.

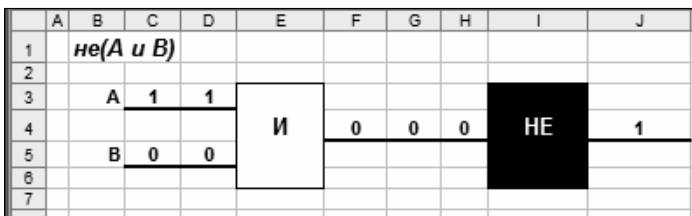


Рис. 8. Передача значений вдоль линий связи элементов (режим отображения значений)

Если вы хотите убрать значения в ячейках продолжения линий (чтобы не загромождать схему лишними данными), нужно в этих ячейках назначить белый цвет для символов. Тогда символы сольются с фоном и видны не будут (рис. 9).

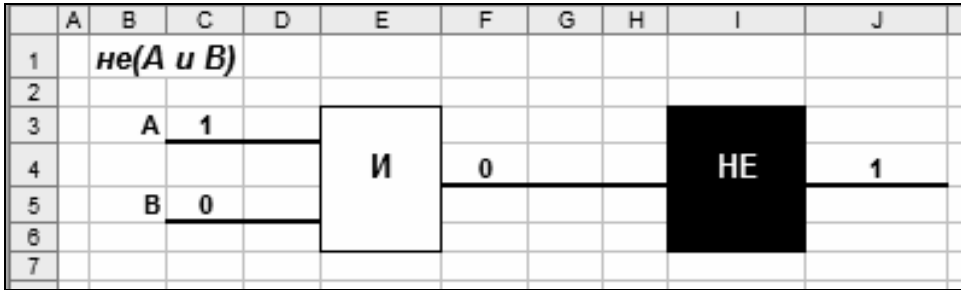


Рис. 9. Передача значений вдоль линий связи (без лишних символов)

А теперь внимательно рассмотрите схему на рис. 10, представленную в режиме отображения формул. Она соответствует логической формуле  $(A \text{ И } B) \text{ ИЛИ } (\text{НЕ } B)$ . В этой схеме линия от параметра  $B$  разделяется на две ветви: одна — к элементу И, другая — к элементу НЕ. Перенос значения параметра  $B$  на вторую ветвь происходит путем указания в ячейке  $S7$  ссылки на  $B5$ . Соединяющий вертикальный отрезок нарисован тонкими линиями на левой границе ячеек  $S6$  и  $S7$ .

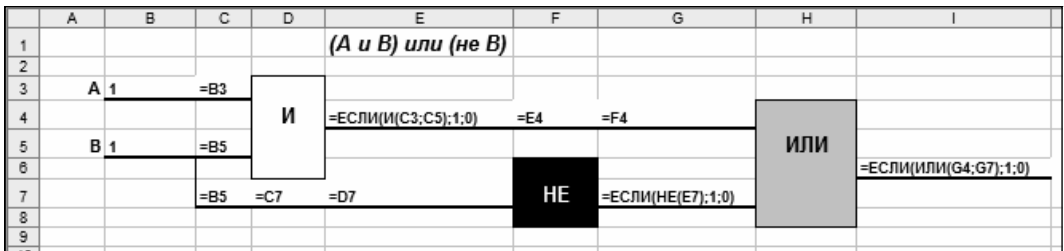


Рис. 10. Логическая схема  $(A \text{ И } B) \text{ ИЛИ } (\text{НЕ } B)$  в режиме отображения формул

На рис. 11 показана та же схема в режиме отображения значений. Значения над линиями продолжения скрыты за счет установки белого цвета символов.

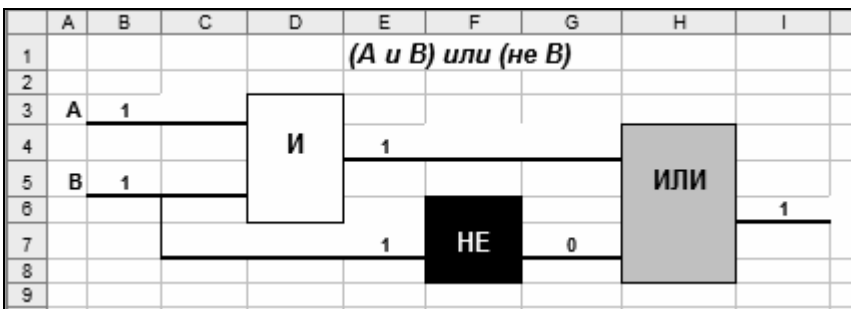


Рис. 11. Логическая схема  $(A \text{ И } B) \text{ ИЛИ } (\text{НЕ } B)$  в режиме отображения значений

**Задание 4.**

Воспроизведите в электронных таблицах на компьютере логические схемы, представленные на рис. 7—11. Проследите за их работой, перебирая все сочетания входных параметров. Постройте таблицы истинности.

### Контрольные задания.

Построить логические схемы, соответствующие приведенным ниже логическим формулам.

Для каждой схемы проверить правильность ее работы путем построения таблицы истинности, рассчитанной двумя способами: с помощью логической схемы и вычислением соответствующего логического выражения. Если оба способа дают одинаковые результаты, значит, логическая схема построена верно.

- 1) НЕ А ИЛИ В;
- 2) А И В ИЛИ С;
- 3) А ИЛИ В И С;
- 4) НЕ А ИЛИ В И С;
- 5) НЕ (А И В И С);
- 6) (А ИЛИ В) И (С ИЛИ В);
- 7) НЕ(А ИЛИ В) И (С ИЛИ В);
- 8) ((НЕ А И В) ИЛИ А) И НЕ В.

### Упражнение 3. Логические схемы элементов компьютера. Полусумматор

Полусумматор реализует сложение двух двоичных слагаемых  $A$  и  $B$  с получением на выходе младшего разряда их суммы  $S$  и старшего (переносимого) разряда  $P$ .

На рис. 12 приведен внешний вид логической схемы полусумматора, двум выходам которого ( $P$  и  $S$ ) соответствуют следующие логические формулы:

$$P = A \& B;$$

$$S = (A \vee B) \& \neg(A \& B).$$

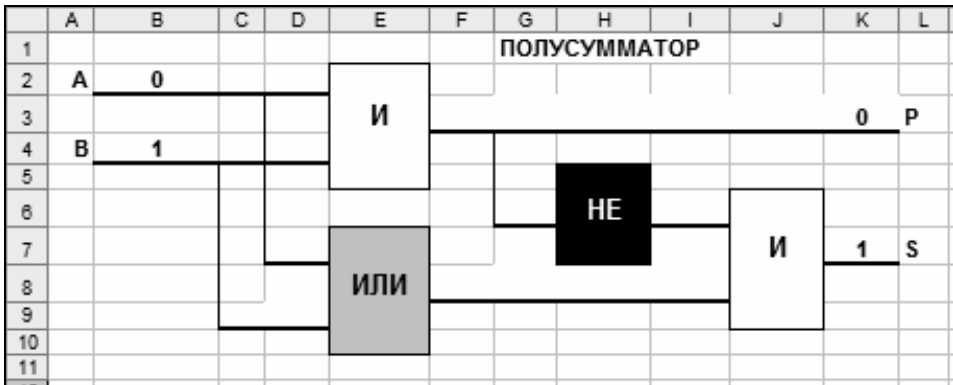


Рис. 12. Логическая схема полусумматора

### Задание 5.

1. Смоделируйте на электронной таблице логическую схему полусумматора, как показано на рис. 12.

2. В среде электронной таблицы постройте таблицу истинности для выходных параметров  $P$  и  $S$  полусумматора.

3. Протестируйте работу логической схемы, перебрав все варианты значений входных параметров  $A$  и  $B$ . Сопоставьте полученные результаты с таблицей истинности, полученной в п. 2.

### Упражнение 4. Логические схемы элементов компьютера.

#### Одноразрядный сумматор

Одноразрядный сумматор реализует сложение двух слагаемых  $A$  и  $B$  с учетом переносимого разряда  $P_0$ .

На рис. 13 приведен внешний вид логической схемы одноразрядного сумматора, двум выходам которого ( $P$  и  $S$ ) соответствуют следующие логические формулы:

$$P = (A \& B) \vee (A \& P_0) \vee (B \& P_0);$$

$$S = (A \vee B \vee P_0) \& \neg P \vee (A \& B \& P_0).$$

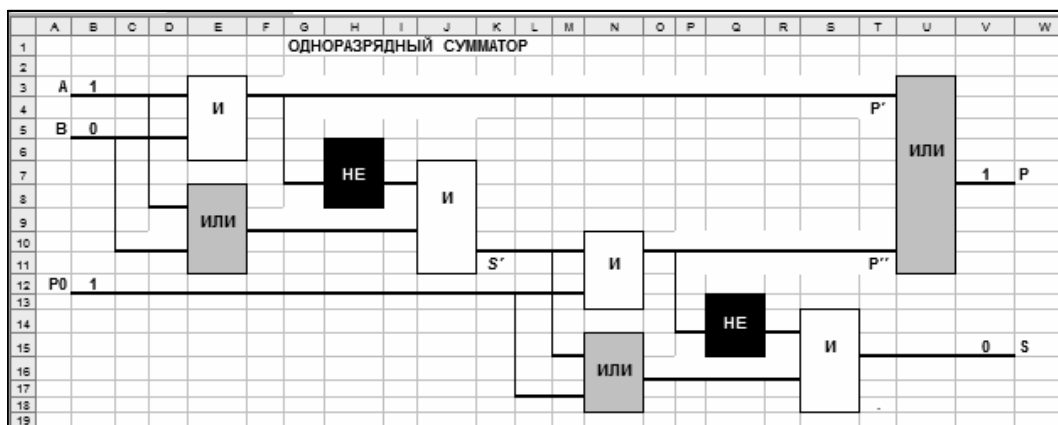


Рис. 13. Логическая схема одноразрядного сумматора

**Задание 6.**

1. Смоделируйте на электронной таблице логическую схему одноразрядного сумматора, как показано на рис. 13.

2. В среде электронной таблицы постройте таблицу истинности для выходных параметров  $P$  и  $S$  полусумматора.

3. Протестируйте работу логической схемы, перебрав все варианты значений входных параметров  $A$ ,  $B$ ,  $P_0$ . Сопоставьте полученные результаты с таблицей истинности, полученной в п. 2.

**Задание 7 (повышенной сложности).**

Смоделируйте на электронной таблице логическую схему двухразрядного сумматора, состоящего из последовательности полусумматора и одноразрядного сумматора. Протестируйте ее работу. (Задание можно усложнять путем увеличения разрядности сумматора: 3-разрядный, 4-разрядный и т. д.)

**Литература**

1. Семакин И. Г., Шеина Т. Ю., Шестакова Л. В. Информатика и ИКТ. Профильный уровень: Учебник для 10 класса. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.