

А.И.

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**  
**УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра автоматизации производственных процессов**

**А.И. Бабин**  
**С.П. Санников**  
**В.Я. Тойбич**

**Анализ и синтез логических устройств на  
интегральных микросхемах в среде Multisim**

**Задачи и упражнения для студентов очной и заочной форм обучения по  
дисциплине «Интегральная схемотехника»**

**Направление 220300 – Автоматизированные технологии и производства**

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

Рецензент доцент В.Е. Выборнов

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

---

Подписано в печать 11.02.2008	Поз. 38
Плоская печать	Тираж 50 экз.
Заказ № 71	Цена 2 р. 40 к.

---

Редакционно – издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

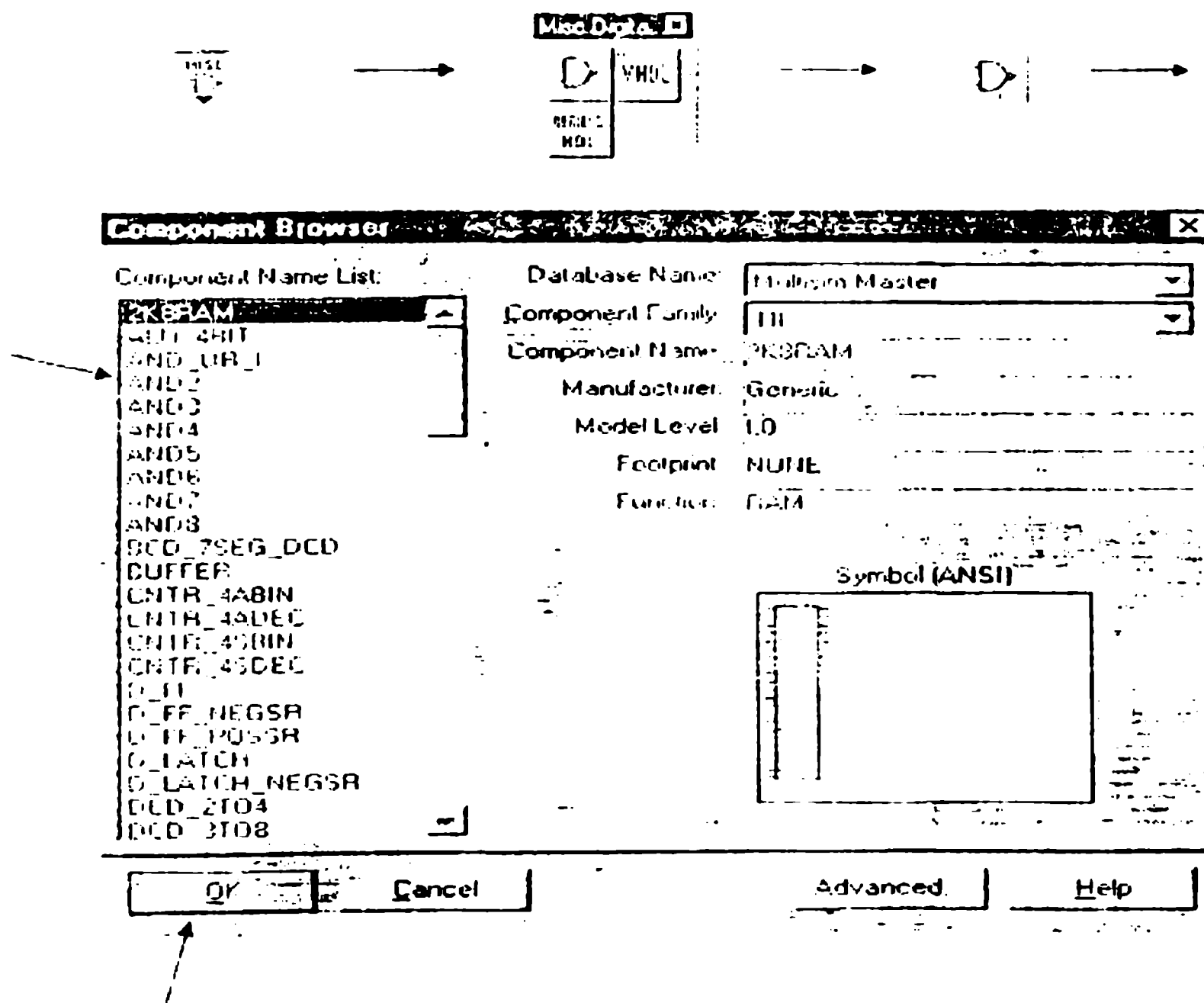
## Общие сведения о программе Multisim

Программа Multisim является версией 6.02 программы Electronics Workbench (EWB) разработки фирмы Interactive Image Technologies. Особенностью программы является наличие контрольно-измерительных приборов, обширных библиотек электронных компонентов, в том числе логических микросхем малой и средней степени интеграции.

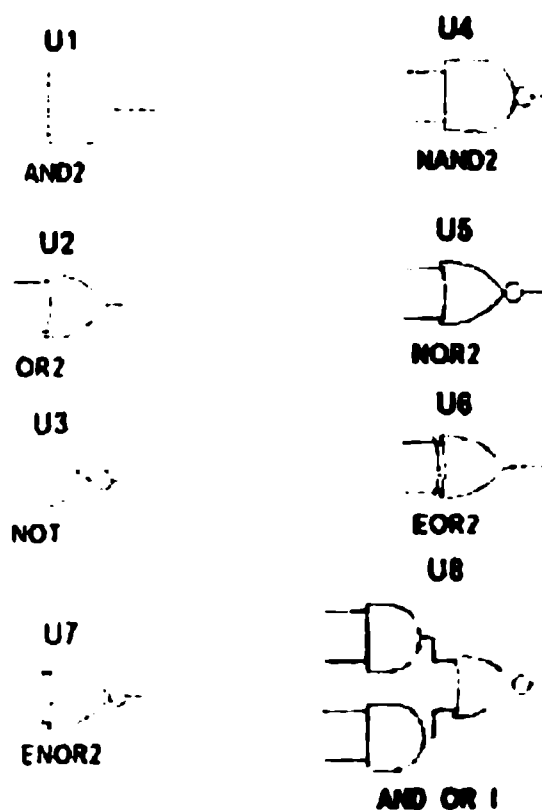
Программа позволяет моделировать логические устройства, набирая их из отдельных компонентов, анализировать поведение схемы при различных воздействиях на аргументы, проводить «реконструкцию», заменяя одни элементы другими. При этом экономятся материальные средства, затрачиваемые на лабораторное оборудование и его обслуживание, пропадает риск «пережигания» элементов, возникающий при отладке реальных схем.

Ознакомимся с элементной базой и приборами анализа, используемыми в данной работе.

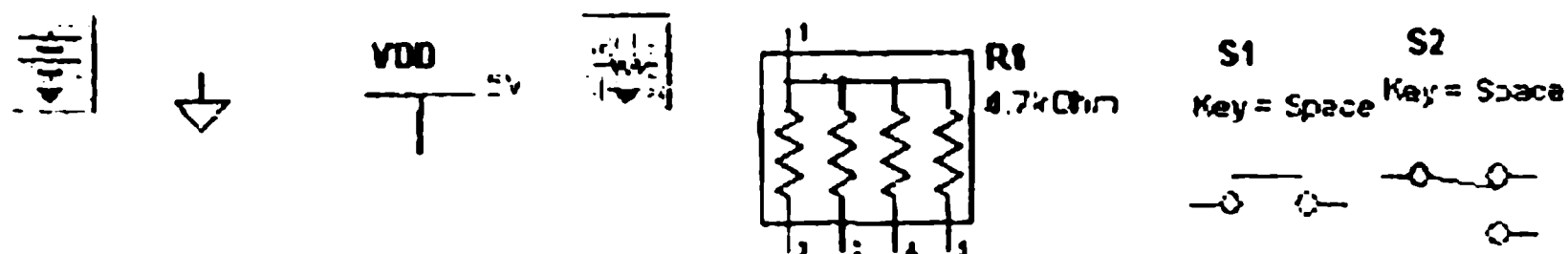
Логические элементы вызываются из библиотеки MISC последовательным нажатием левой клавиши мыши на символы:



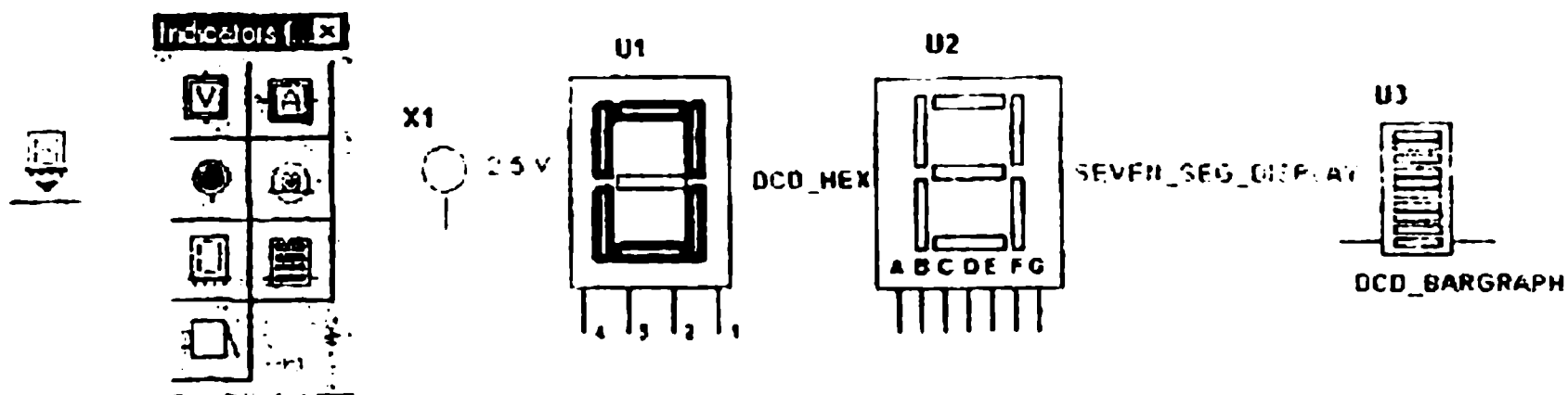
В библиотеке MISC широко представлены двух-и многовходовые логические элементы: И (AND)-U1, ИЛИ (OR)-U2, НЕ (NOT)-, И-НЕ (NAND)-U4, ИЛИ-НЕ (NOR)-U5, М2 (EOR)-U6, М2 с инверсией (ENOR)-U7, И-ИЛИ-НЕ (AND-OR-N)-U8:



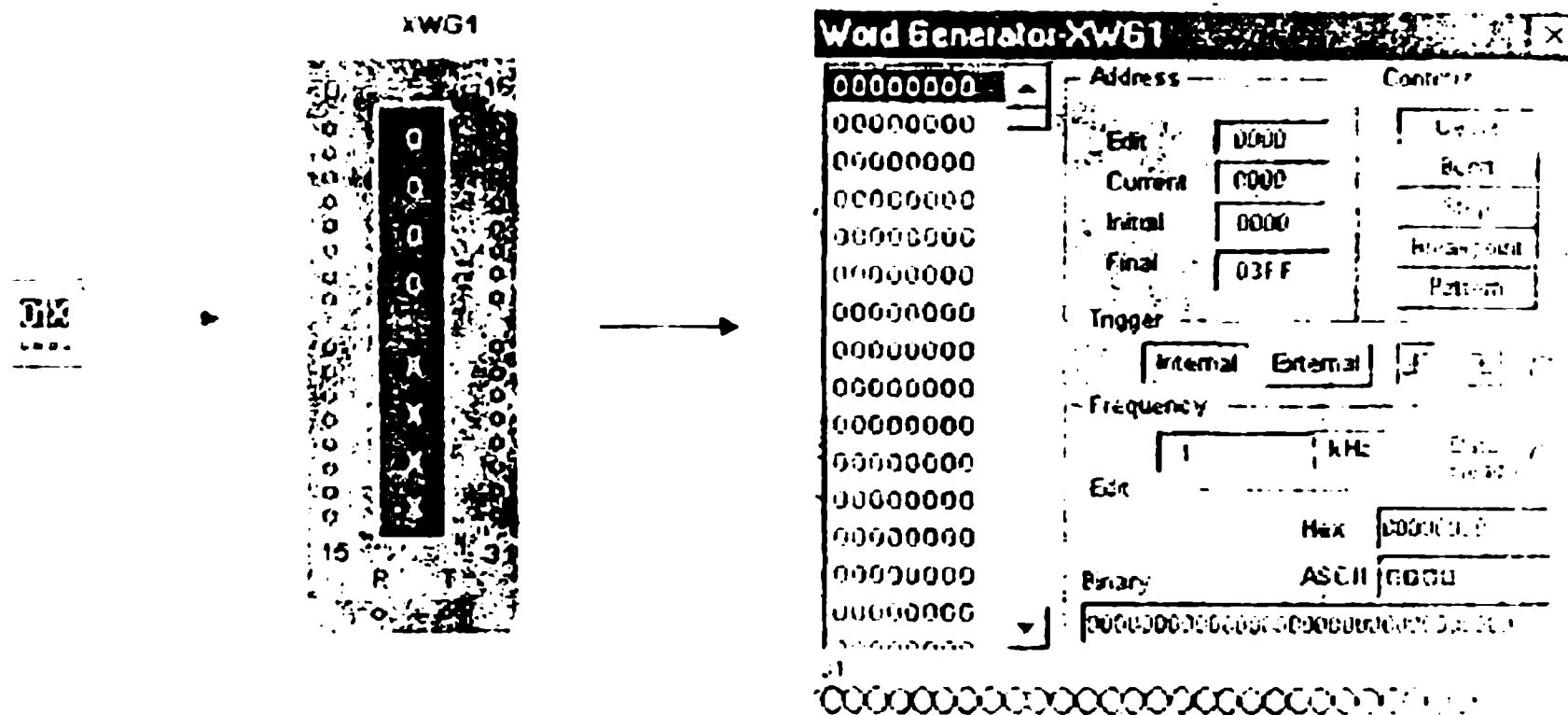
Кроме представленных логических элементов потребуются пассивные элементы - резисторы и резисторные сборки, средства коммутации - выключатели и кнопки, источники питания. Все эти элементы и средства можно извлечь из соответствующих разделов библиотек:



В качестве индикаторов состояния, как всей системы, так и отдельных её элементов, удобно применять средства контроля из библиотеки индикаторов:



Управление входными аргументами схемы можно осуществлять как в ручном, так и автоматическом режимах. Ручное управление, т.е. подача логических нулей и единиц, производится при помощи контактных коммутаторов, а автоматическое – с помощью генератора логических сигналов Word Generator, расположенного на панели инструментов справа от рабочего поля.левой клавишей мыши следует «зацепить» изображение генератора и, не отпуская клавишу, «вытянуть» его на рабочее поле. Если затем два раза быстро «щелкнуть» левой клавишей мыши по нему, то панель генератора «развернется», т.е. предстанет в виде, удобном для его программирования и управления.



Генератор может выдавать двоичные слова разрядностью в 32 бита, а кодовые комбинации необходимо задавать в шестнадцатеричном коде.

Каждая кодовая комбинация заносится в очередную редактируемую ячейку с помощью клавиатуры, номер которой фиксируется в окошке EDIT блока ADDRESS. В процессе работы генератора в отсеке ADDRESS индицируется номер текущей ячейки CURRENT, ячейки инициализации или начала работы INITIAL и конечной ячейки FINAL. К дополнительным органам управления относятся кнопки CYCLE - циклический режим начиная с нулевой ячейки, BURST - с выбранного слова до конца, STEP - пошаговый режим, BREAKPOINT - прерывание работы генератора в указанной ячейке.

Для перенесения компонента из библиотеки на рабочее поле курсор мыши подводится к значку соответствующего раздела, при этом его название подсвечивается. После выбора компонента курсором мыши и нажатия ее левой кнопки (отмена выбора - нажатие правой кнопки) возможны два варианта. В первом, наиболее простом случае, курсор мыши в форме стрелки с выбранным компонентом переносится на рабочее поле, и нажимается левая кнопка мыши. Во втором случае вызов компонента сопровождается вызовом окна. Если необходимо отредактировать

Электронный архив УГЛТУ  
параметры компонента, то в этом окне нажимается кнопка Edit, проводится коррекция параметров, и только после нажатия кнопки ОК в этом окне курсор мыши принимает указанную форму.

Соединение выводов всех элементов друг с другом осуществляется только проводниками. Не допускается наложение выводов элементов друг на друга, так как при этом соединение не устанавливается. Необходимо учитывать, что к выводу компонента можно подключить только один проводник. Для успешного позиционирования мест соединений удобнее работать при больших масштабах изображения, например 100%. Начертив часть схемы, можно возвращаться в более удобный режим, например 75%. Соединительные узлы не следует располагать близко к выводам компонентов схемы, так как это может привести к скрытым дефектам соединений.

Для прокладки соединительных проводников курсор мыши необходимо подвести к выводу компонента, и, когда курсор примет крестообразную форму, нажать-отпустить левую кнопку мыши. Проводник в виде пунктирной линии протянуть к выводу второго компонента и снова нажать-отпустить левую кнопку мыши. Для удаления соединения соответствующий проводник выделяется и нажимается клавиша Delete. При изменении формы проводника он отмечается, при этом точки его перегибов и соединений с выводами компонента отмечаются квадратиками, которые и служат для перемещения курсором мыши его отдельных частей.

При установке курсора мыши на пиктограмму прибора или на любой другой компонент схемы и при нажатии ее правой кнопки вызывается динамическое меню, позволяющее вырезать (Cut), копировать (Copy), изменить цвет (Color) компонента, а также выполнить четыре команды по его перемещению (вращению).

При необходимости удаления в буфер, копирования, изменения цвета или перемещения компонента целесообразно воспользоваться соответствующими командами из меню Edit. Если требуется размножить некоторый компонент, то после его копирования курсор мыши ставится на свободное место рабочего поля, и нажатием правой кнопки мыши вызывается второе динамическое меню, отличающееся от первого большим числом команд. После выбора из этого меню команды вставки Paste, курсор мыши с прицепившимся к нему значком компонента устанавливается в требуемое место будущей схемы и нажимается левая кнопка мыши. Если компонент необходимо вставить в разрыв проводника, то он устанавливается так, чтобы его выводы с обеих сторон совпали с проводником, после чего нажимается левая кнопка мыши. Для удаления компонента он отмечается, и нажимается клавиша Delete, при этом удаляются и присоединенные к нему проводники.

В состав схемы обязательно включаются источник питания и корпус (заземление). Не рекомендуется оставлять в окне схемы «свободные» элементы, т.е. не подключенные к другим элементам, так как при этом

неоправданно тратятся ресурсы операционной системы, поэтому неиспользуемые элементы должны быть удалены.

Для изменения номинала или наименования компонента необходимо два раза быстро щелкнуть мышью по символу его графического изображения и в раскрывающемся после этого окне внести изменения.

После сборки схемы ее необходимо проверить и испытать, активизировав виртуальный выключатель, расположенный в правом верхнем углу рабочего поля.

### Задачи и упражнения

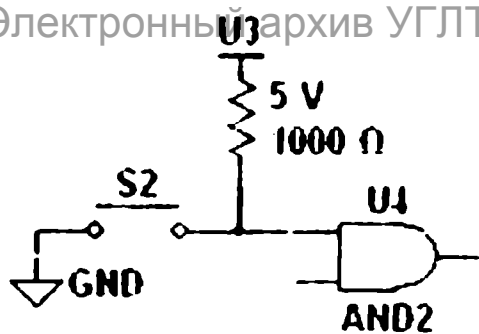
1. Запрограммировать генератор логических сигналов согласно нижеприведенной таблице двоичных чисел.

№	Варианты				
	A	B	C	D	E
0	00000000	00000000	00000000	11110000	00000000
1	00010001	00000001	00000001	11100001	00011000
2	00100010	00000011	00000010	11010010	00111100
3	00110011	00000111	00000100	11000011	01111110
4	01000100	00001111	00001000	10110100	11111111
5	01010101	00011111	00010000	10100101	10000001
6	01100110	00111111	00100000	10010110	11000011
7	01110111	01111111	01000000	10000111	11100111
8	10001000	11111111	10000000	01111000	11111111
9	10011001	10000000	11000000	01101001	01010101
10	10101010	11000000	01100000	01011010	10101010
11	10111011	11100000	00110000	01001011	11001100
12	11001100	11110000	00011000	00111100	00110011
13	11011101	11111000	00001100	00101101	00001111
14	11101110	11111100	00000110	00011110	11110000
15	11111111	11111110	00000011	00001111	10001000

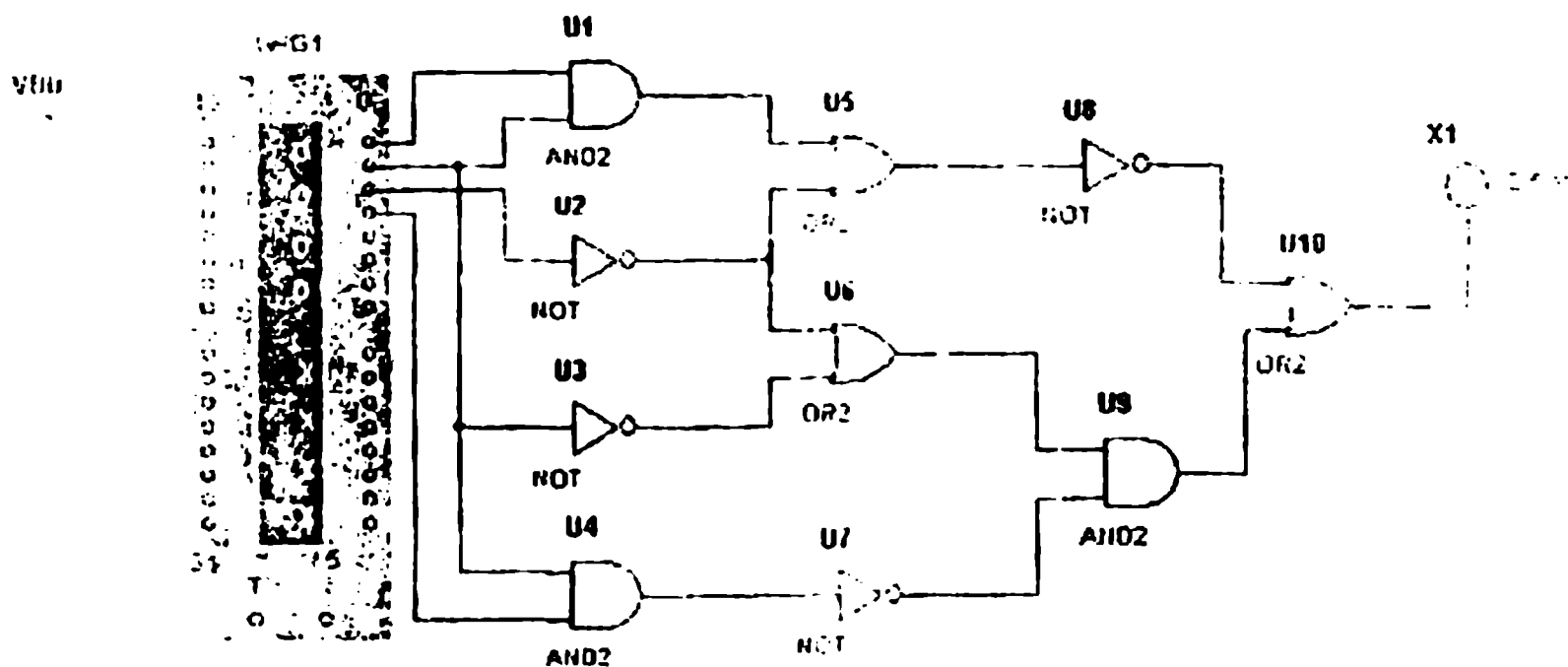
2. Перевести кодовые слова из столбца А задания №1 в код Грея и запрограммировать этим кодом генератор слов.

3. На рабочем поле программы Multisim собрать нижеприведенную схему и исследовать ее в «ручном» режиме, а затем и в автоматическом, задавая входные кодовые последовательности при помощи генератора логических сигналов.

*Указание.* Управление схемой в «ручном» режиме необходимо осуществлять таким образом, чтобы на входы логических элементов в любой момент времени поступали логические уровни 1 или 0. Этого можно добиться различными способами, в том числе и нижеприведенным.



Как видно из приведенной схемы, при разомкнутых контактах кнопки напряжение от плюса источника 5В через токоограничительный резистор 1000 Ом поступает на один из входов логического элемента 2И, обеспечивая тем самым подачу логической единицы. При замыкании контактов кнопки вход логического элемента соединится с «землей», что равносильно подаче логического нуля. В этом случае ток от плюса источника питания стекает через токоограничительный резистор на «землю» во избежание режима короткого замыкания.



Записать структурную формулу вышеприведенной схемы, минимизировать и синтезировать новую схему с теми же свойствами, выполненную на:

- 1) элементах И, ИЛИ, НЕ с произвольным числом входов;
- 2) элементах 2И-НЕ;
- 3) элементах 3ИЛИ-НЕ;
- 4) элементах 2И-ИЛИ-НЕ.

4. Запрограммировать генератор слов числами, представленными в системах счисления с различными основаниями.

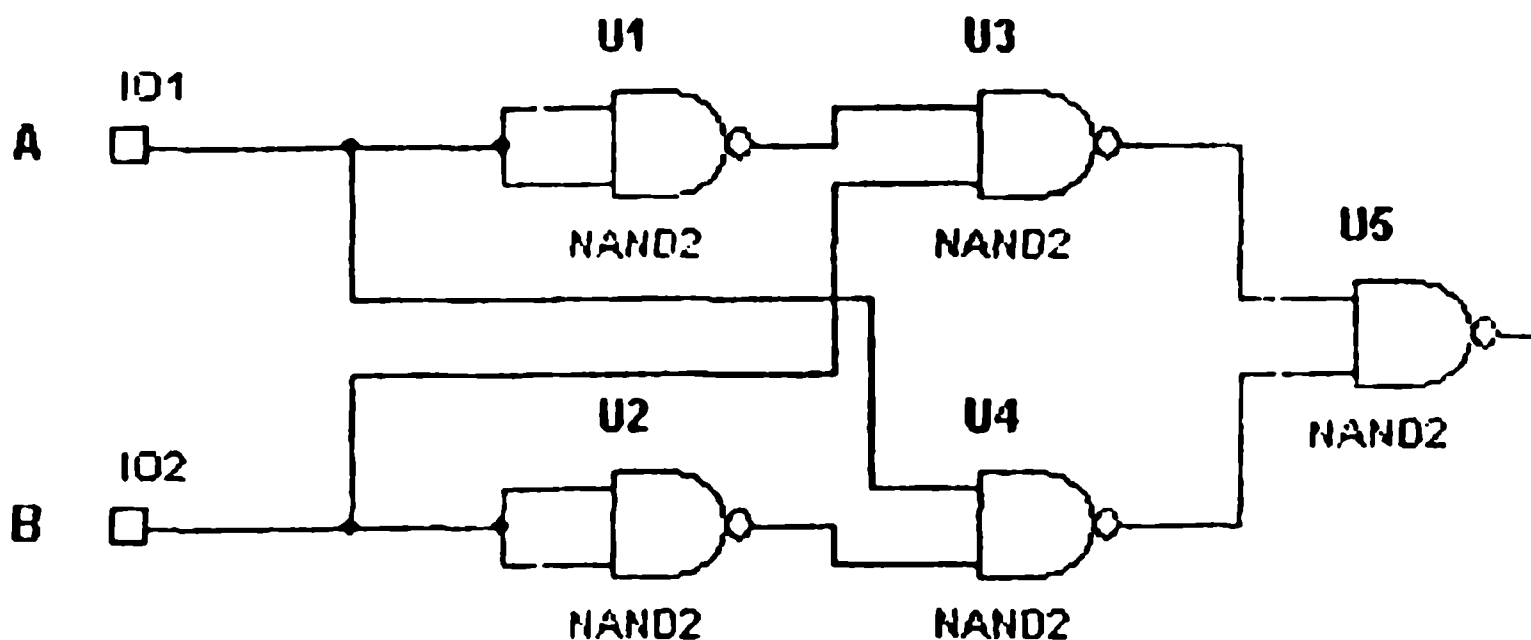
ВАРИАНТЫ			
N <sub>10</sub>	N <sub>8</sub>	N <sub>2=10</sub>	N <sub>2</sub>
0	16	0011.0110	00110101
1	17	0011.0111	00110110
2	20	0011.1000	00110111
3	21	0100.0000	00111000
4	22	0100.0001	00111001



N <sub>10</sub>	N <sub>8</sub>	N <sub>2-10</sub>	N <sub>2</sub>
5	23	0100.0010	00111010
6	24	0100.0011	00111011
7	25	0100.0100	00111100
8	26	0100.0101	00111101
9	27	0100.0110	00111110
10	30	0100.0111	00111111
11	31	0100.1000	01000000
12	32	0100.1001	01000001
13	33	0101.0000	01000010
14	34	0101.0001	01000011
15	35	0101.0010	01000100

Перевести числа из столбцов N<sub>8</sub>, N<sub>2-10</sub>, N<sub>2</sub> в десятичные числа.

5. Упростить схему комбинационного устройства, реализовав ее на четырех элементах 2И-НЕ.



6. Задана логическая функция:

$$Y = (X1 + \overline{X2}) \cdot (X1 + X3) + \overline{X2 + X2 \cdot X3 + X2 \cdot X3}.$$

Минимизировать и реализовать на логических элементах:

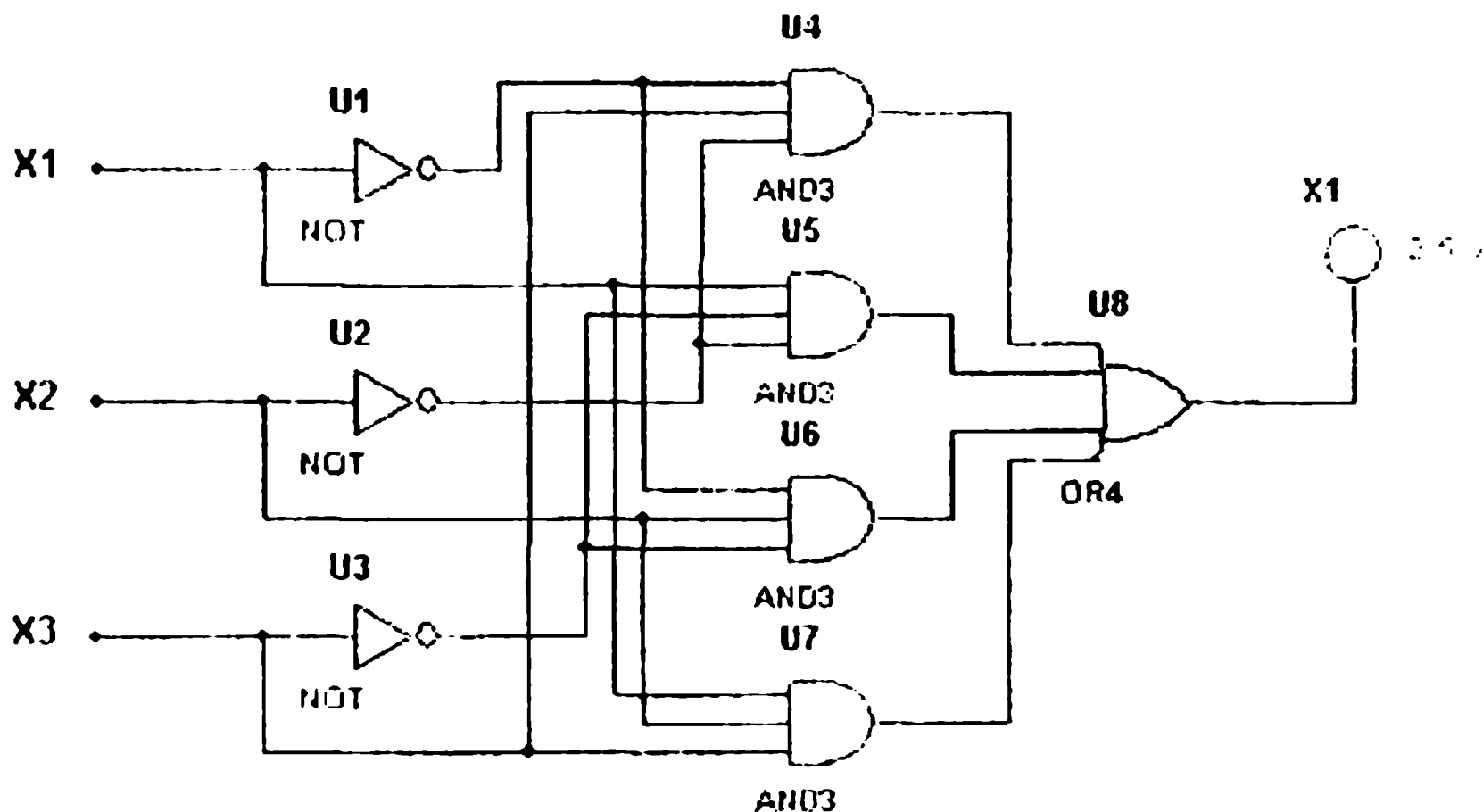
- 1) И, ИЛИ, НЕ;
- 2) 2И-НЕ;
- 3) 2ИЛИ-НЕ.

7. Задана логическая функция:

$$Y = \overline{\overline{\overline{X1 + X3 \cdot X1 + X4} + X1 + X3 \cdot X4}}.$$

Построить схему, реализующую эту функцию, и провести ее анализ при помощи генератора логических сигналов. Предложить минимизированный вариант реализации этой же функции на логических элементах 2И-НЕ.

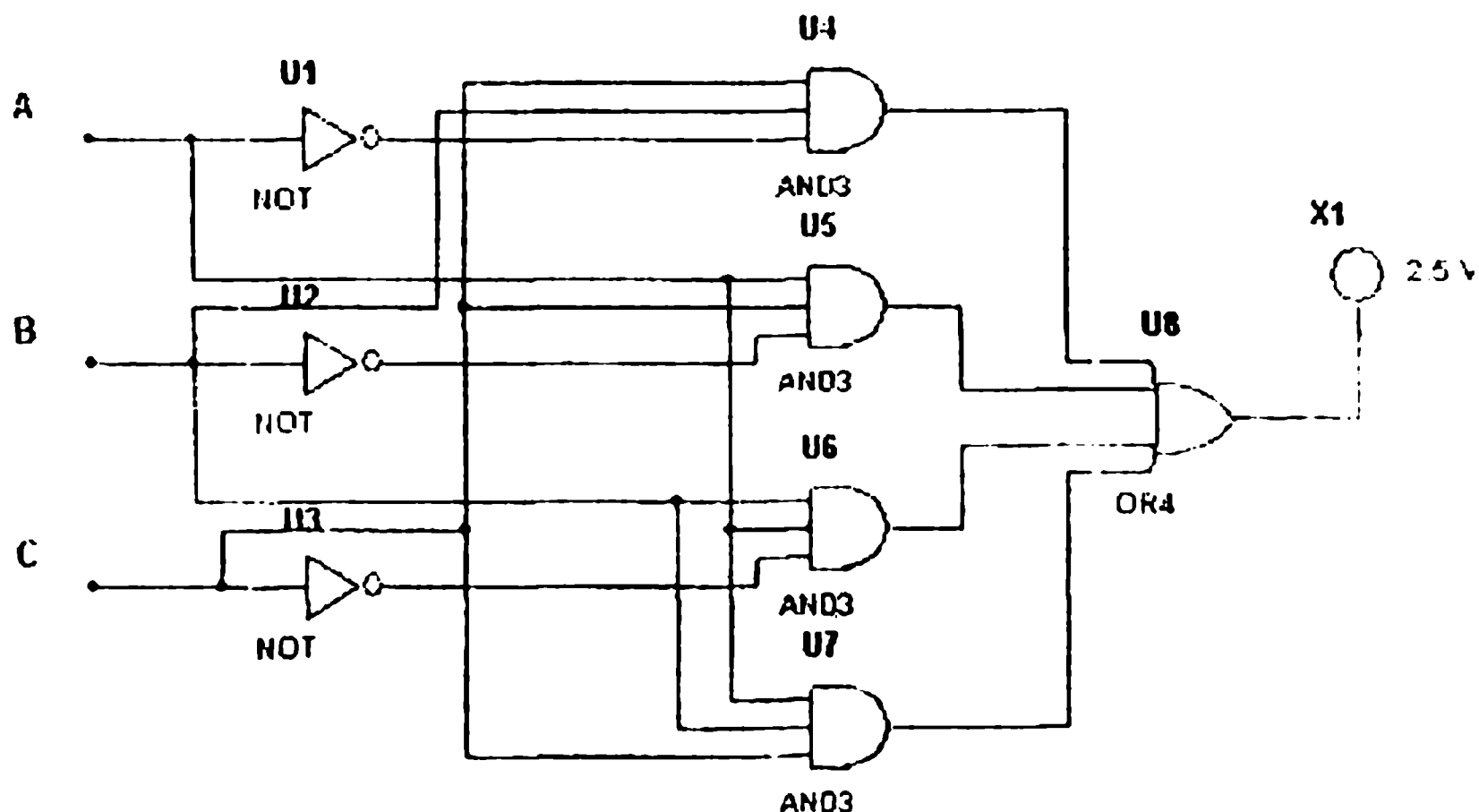
8. По заданной схеме определить логическую функцию, минимизировать и реализовать на минимальном количестве любых логических элементов.



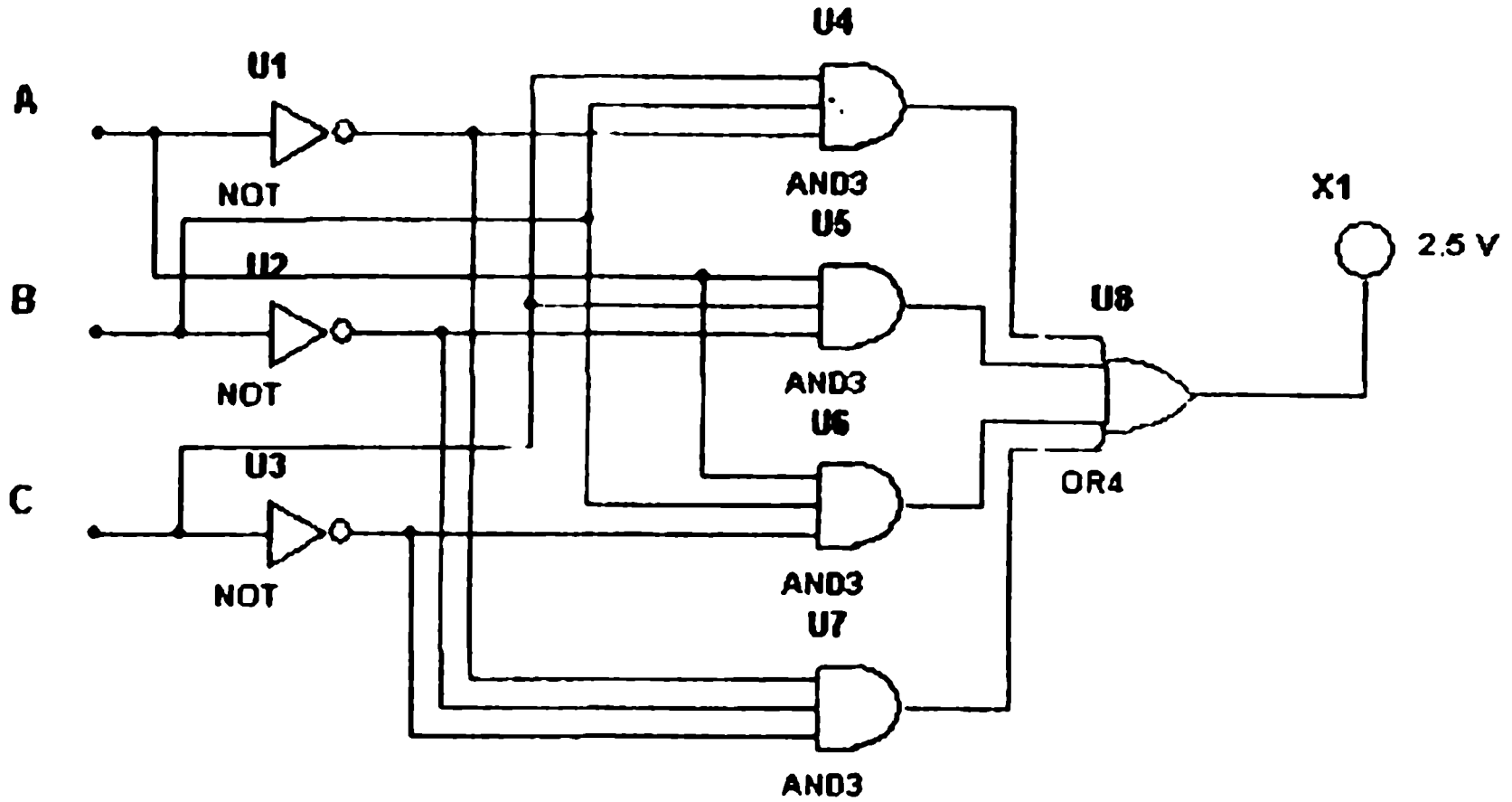
9. По словесному описанию условия работы объекта управления синтезировать логическую схему комбинационного устройства, реализовав ее на логических элементах 2ИЛИ-НЕ.

*Условие задачи.* Устройство не сработает, если от одного из трех датчиков сигнал будет равен 1 или 0.

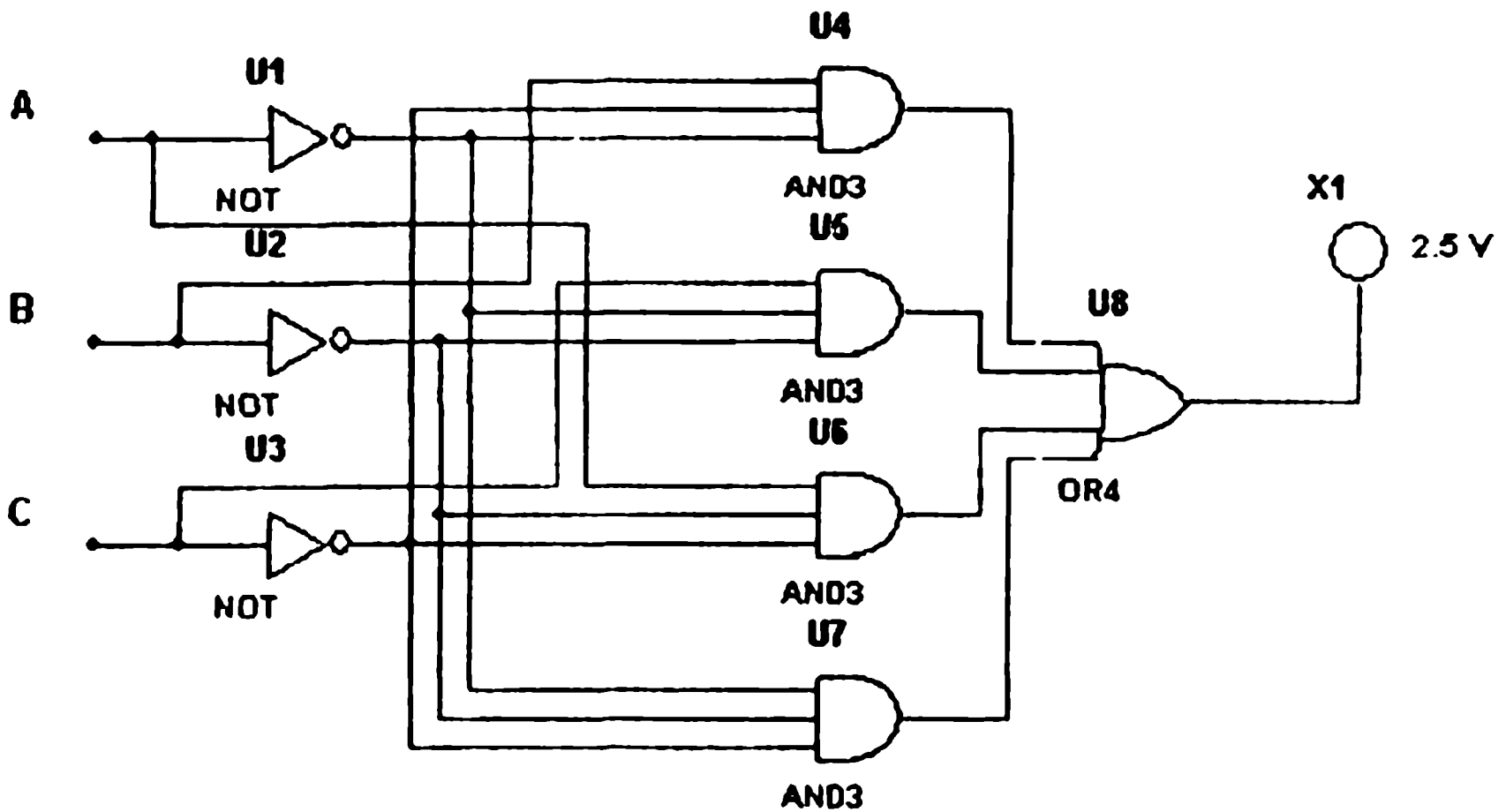
10. По заданной схеме определить логическую функцию, минимизировать ее и синтезировать новую схему на элементах 3И-НЕ с теми же свойствами.



11. По нижеприведенной схеме составить логическую функцию, минимизировать и реализовать на элементах 2И-НЕ.



12. По нижеприведенной схеме составить логическую функцию, минимизировать и реализовать на элементах 2ИЛИ-НЕ.



13. Синтезировать преобразователь одноразрядного позиционного десятичного кода в двоично-десятичный на элементах 2И-НЕ.

14. Составить схему устройства для сравнения двух-, пятиразрядных двоичных чисел, используя только двухвходовые сумматоры по модулю два и ячейку ИЛИ (при равенстве чисел выходной сигнал равен 0).

15. Устройство с четырьмя входами должно работать так, чтобы на выходе появлялся сигнал 1, когда на трех входах будут одновременно сигналы 1. На всех четырех входах сигнал 1 никогда не появляется. Синтезировать устройство на элементах И, ИЛИ, НЕ с произвольным количеством входов.

16. Устройство с четырьмя входами должно работать так, чтобы на выходе появлялся сигнал 1, когда не менее чем на трех входах будут одновременно сигналы 1. Синтезировать устройство на элементах ЗИЛИ-НЕ.

17. Функция алгебры логики задана координатным способом с помощью матрицы Карно. Необходимо по этому изображению получить минимизированную логическую функцию и реализовать ее на минимальном наборе любых логических элементов.

*			*
	*	*	
	*	*	
*			*

а

*			
	*		
		*	
			*

б