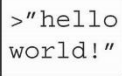


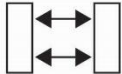
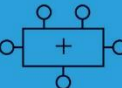
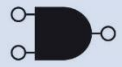
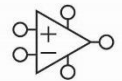
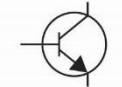



Глава 2 :: Темы

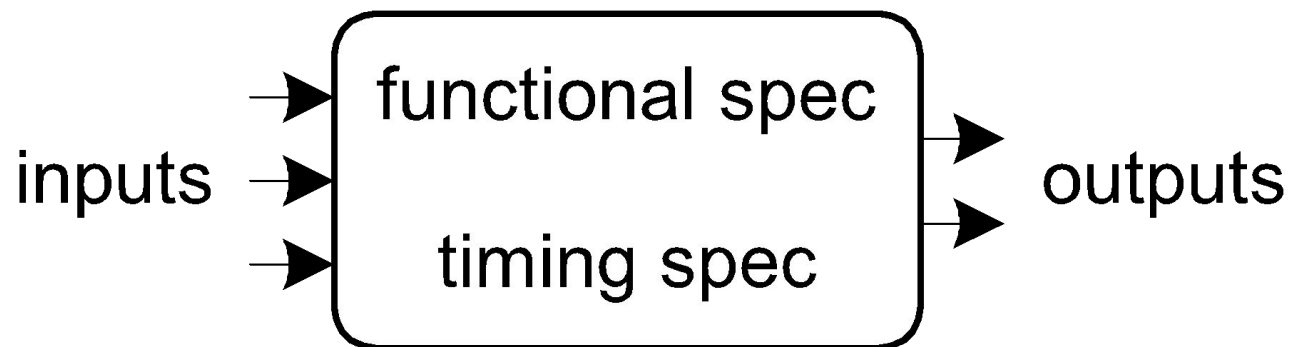
- Введение
- Булевы выражения
- Булева алгебра
- От логики к логическим элементам
- Многоуровневая комбинационная логика
- Что за X и Z?
- Карты Карно
- Базовые комбинационные блоки
- Временные характеристик

Application Software	
Operating Systems	
Architecture	
Micro-architecture	
Logic	
Digital Circuits	
Analog Circuits	
Devices	
Physics	

Введение

Логическая схема состоит из:

- Входов
- Выходов
- Функциональной спецификации
- Временной спецификации



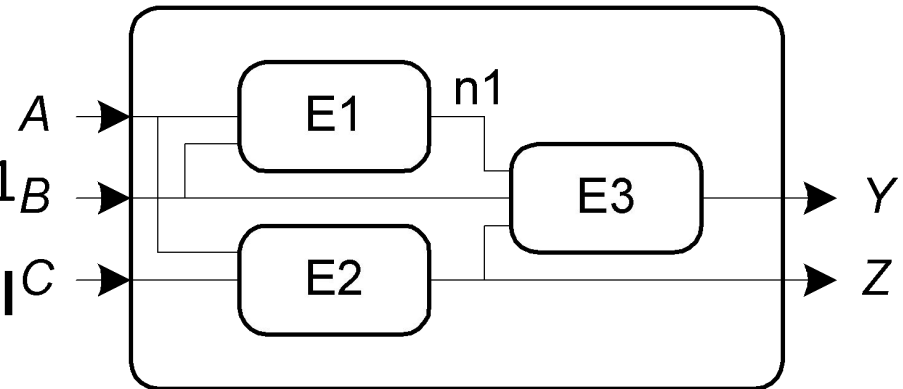
Схемы

- Узлы

- Входы: A, B, C
- Выходы: Y, Z
- Внутренний узел: $n1$

- Элементы схемы

- $E1, E2, E3$
- Каждый из них, в свою очередь, является схемой



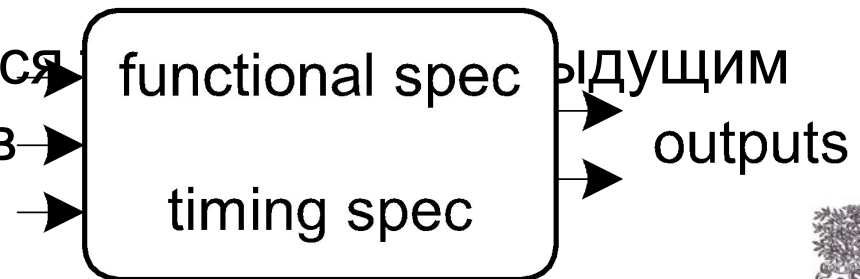
Типы цифровых схем

- **Комбинационные цифровые схемы**

- Не имеют памяти
- Выход определяется текущим состоянием входов

- **Последовательностные цифровые схемы**

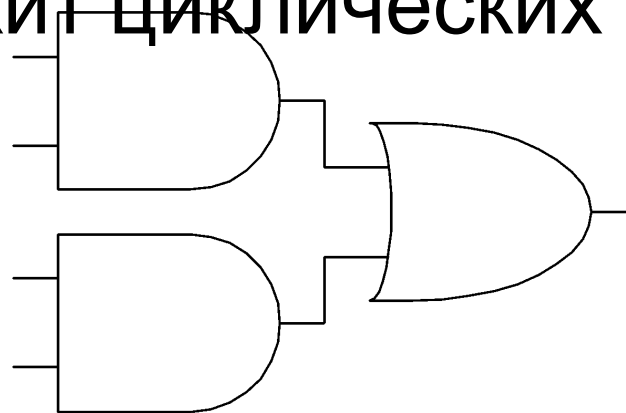
- Имеют память
- Выход определяется состоянием входов



Правила комбинационной

композиции

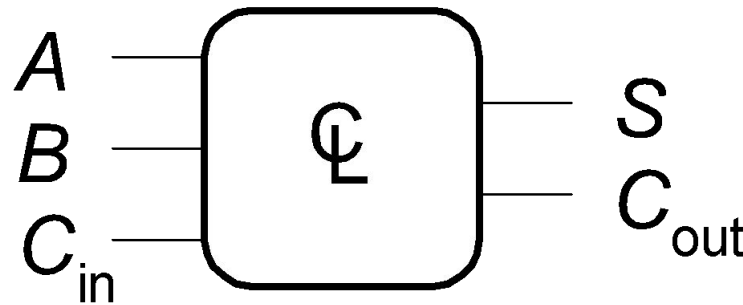
- Каждый элемент сам является комбинационным
- Каждый узел схемы является или входом, или подсоединен к одному-единственному выходу другого элемента
- Схема не содержит циклических путей
- **Пример:**



Булевы выражения

- Функциональная спецификация выходов по значениям входов
- **Пример:** $S = F(A, B, C_{in})$

$$C_{out} = F(A, B, C_{in})$$



$$S = A \oplus B \oplus C_{in}$$
$$C_{out} = AB + AC_{in} + BC_{in}$$

Некоторые определения

- Дополнение: переменная с чертой над именем
 A, B, C
- Литерал: переменная или ее дополнение
 $A, \bar{A}, B, \bar{B}, C, \bar{C}$
- Импликанта: произведение литералов
 ABC, AC, BC
- Минтерм: произведение, в которое входят литералы всех входных переменных
 $ABC, \bar{A}BC, A\bar{B}C$
- Макстерм: сумма, в которую входят литералы всех входных переменных
 $(A+B+C), (A+\bar{B}+\bar{C}), (\bar{A}+B+C)$

Дизъюнктивная форма

- Все выражения могут быть записаны в дизъюнктивной форме
- Каждой строке соответствует **минтерм**
- Минтерм является произведением (И, AND) литералов
- Каждый минтерм становится **ИСТИННЫМ** только для своей строки
- Функция записывается путем суммирования минтермов тех строк, для которых выход равен **ИСТИНЕ**
- Таким образом, формируется сумма (ИЛИ, OR) произведений (И, AND)

A	B	Y	minterm	minterm name
0	0	0	$\bar{A} \bar{B}$	m_0
0	1	1	$\bar{A} B$	m_1
1	0	0	$A \bar{B}$	m_2
1	1	1	$A B$	m_3

$$Y = F(A, B) =$$

Дизъюнктивная форма

- Все выражения могут быть записаны в дизъюнктивной форме
- Каждой строке соответствует **минтерм**
- Минтерм является произведением (AND) литералов
- Каждый минтерм становится **ИСТИННЫМ** только для своей строки
- Функция является суммой минтермов тех строк, для которых выход равен **ИСТИНЕ**
- Таким образом, формируется сумма (ИЛИ, OR) произведений (И, AND)

A	B	Y	minterm	minterm name
0	0	0	$\bar{A} \bar{B}$	m_0
0	1	1	$\bar{A} B$	m_1
1	0	0	$A \bar{B}$	m_2
1	1	1	$A B$	m_3

$$Y = F(A, B) =$$

Дизъюнктивная форма

- Все выражения могут быть записаны в дизъюнктивной форме
- Каждой строке соответствует минтерм
- Минтерм является произведением (И, AND) литералов
- Каждый минтерм становится ИСТИННЫМ только для своей строки
- Функция записывается путем суммирования минтермов тех строк, для которых выход равен ИСТИНЕ
- Таким образом, формируется сумма (ИЛИ, OR) произведений (И, AND)

A	B	Y	minterm	minterm name
0	0	0	$\bar{A} \bar{B}$	m_0
0	1	1	$\bar{A} B$	m_1
1	0	0	$A \bar{B}$	m_2
1	1	1	$A B$	m_3

$$Y = F(A, B) = \bar{A}B + AB = \Sigma(1, 3)$$

Конъюнктивная форма

- Все булевы выражения могут быть записаны в конъюнктивной форме
- Каждой строке соответствует **макстерм**
- Макстерм является суммой (ИЛИ, OR) литералов
- Каждый макстерм становится ЛОЖНЫМ только для своей строки
- Функция является произведением макстермов тех строк, для которых выход равен ЛОЖЬ
- Таким образом, формируется произведение (И, AND) сумм (ИЛИ, OR)

A	B	Y	maxterm	maxterm name
0	0	0	$A + B$	M_0
0	1	1	$A + \overline{B}$	M_1
1	0	0	$\overline{A} + B$	M_2
1	1	1	$\overline{A} + \overline{B}$	M_3

$$Y = F(A, B) = (A + B)(A + \overline{B}) = \Pi(0, 2)$$

Примеры булевых

- Вы собираетесь в кафетерий пообедать
 - Вы не пообедаете (\bar{E})
 - Там закрыто (не открыто, \bar{O}) или
 - Они предлагают только корн-доги (C)
- Запишите таблицу истинности, по которой можно определить пообедаете ли вы (E)

O	C	E
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

Примеры булевых

- Вы собираетесь в кафетерий пообедать
 - Вы не пообедаете (\bar{E})
 - Там закрыто (не открыто, \bar{O}) или
 - Они предлагают только корн-доги (C)
- Запишите таблицу истинности, по которой можно определить пообедаете ли вы (E)

O	C	E
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Дизъюнктивная и конъюнктивная формы

- Дизъюнктивная форма (SOP, sum-of-products) сумма (ИЛИ) произведений (И)

O	C	E	minterm
0	0		$\overline{O} \overline{C}$
0	1		$\overline{O} C$
1	0		$O \overline{C}$
1	1		$O C$

- Конъюнктивная форма (POS, product-of-sums) - произведение (И) сумм (ИЛИ)

O	C	Y	maxterm
0	0		$O + C$
0	1		$O + \overline{C}$
1	0		$\overline{O} + C$
1	1		$\overline{O} + \overline{C}$

Дизъюнктивная и конъюнктивная формы

- Дизъюнктивная форма (SOP, sum-of-products) сумма (ИЛИ) произведений (И)

O	C	E	minterm
0	0	0	$\overline{O} \overline{C}$
0	1	0	$\overline{O} C$
1	0	1	$O \overline{C}$
1	1	0	$O C$

$$Y = O\overline{C}$$

$$= \Sigma(2)$$

- Конъюнктивная форма (POS, product-of-sums) - произведение (И) сумм (ИЛИ)

O	C	E	maxterm
0	0	0	$O + C$
0	1	0	$O + \overline{C}$
1	0	1	$\overline{O} + C$
1	1	0	$\overline{O} + \overline{C}$

$$Y = (O + C)(O + \overline{C})(\overline{O} + \overline{C})$$

$$= \Pi(0, 1, 3)$$

Булева алгебра

- Аксиомы и теоремы позволяют **упрощать** булевы выражения
- Подобно обычной алгебре, но проще: переменные принимают только два значения (0 или 1)
- **Двойственность** аксиом и теорем:
 - Можно взаимно заменить И и ИЛИ, 0 и 1

Булевы аксиомы

	Axiom		Dual	Name
A1	$B = 0 \text{ if } B \neq 1$	A1'	$B = 1 \text{ if } B \neq 0$	Binary field
A2	$\bar{0} = 1$	A2'	$\bar{1} = 0$	NOT
A3	$0 \bullet 0 = 0$	A3'	$1 + 1 = 1$	AND/OR
A4	$1 \bullet 1 = 1$	A4'	$0 + 0 = 0$	AND/OR
A5	$0 \bullet 1 = 1 \bullet 0 = 0$	A5'	$1 + 0 = 0 + 1 = 1$	AND/OR

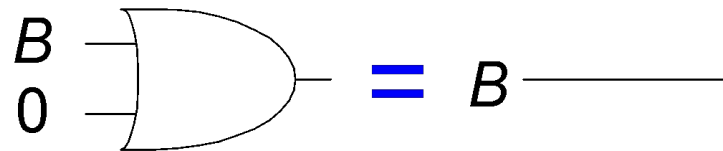
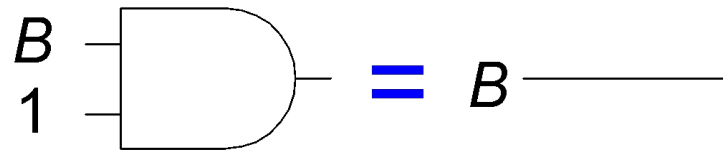
	Theorem		Dual	Name
T1	$B \bullet 1 = B$	T1'	$B + 0 = B$	Identity
T2	$B \bullet 0 = 0$	T2'	$B + 1 = 1$	Null Element
T3	$B \bullet B = B$	T3'	$B + B = B$	Idempotency
T4		$\bar{\bar{B}} = B$		Involution
T5	$B \bullet \bar{B} = 0$	T5'	$B + \bar{B} = 1$	Complements

T1: Теорема идентичности

- $V \cdot 1 = V$
- $V + 0 = V$

T1: Теорема идентичности

- $B \cdot 1 = B$
- $B + 0 = B$

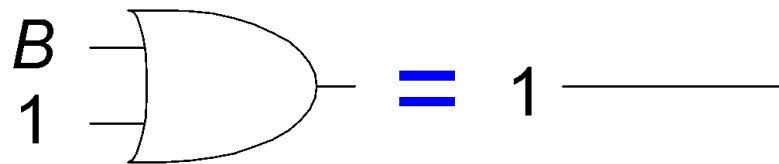
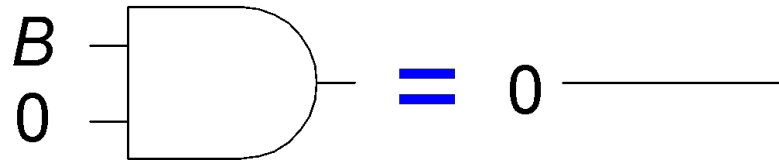


T2: Теорема о нулевом элементе

- $B \cdot 0 = 0$
- $B + 1 = 1$

T2: Теорема о нулевом элементе

- $B \cdot 0 = 0$
- $B + 1 = 1$

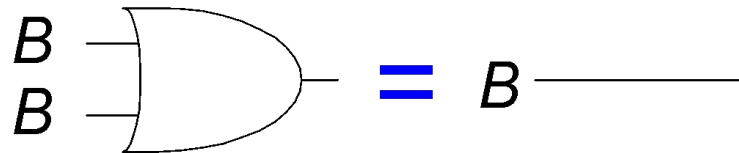
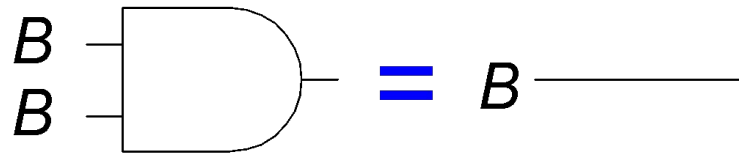


Т3: Теорема об идемпотентности

- $V \cdot V = V$
- $V + V = V$

Т3: Теорема об идемпотентности

- $B \cdot B = B$
- $B + B = B$

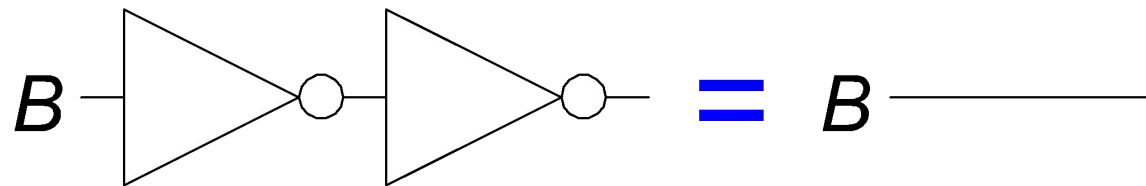


T4: Теорема идентичности

- $\overline{\overline{B}} = B$

T4: Теорема идентичности

- $\overline{\overline{B}} = B$

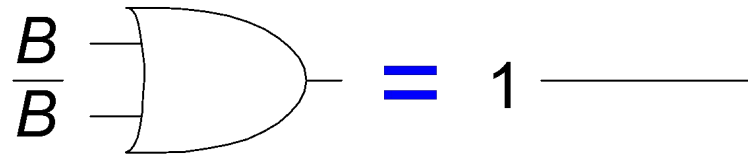
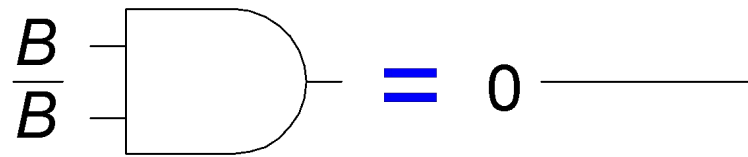


T5: Теорема о дополнительности

- $V \cdot \bar{V} = 0$
- $V + \bar{V} = 1$

T5: Теорема о дополнительности

- $B \cdot \bar{B} = 0$
- $B + \bar{B} = 1$



Булевы теоремы, обзор

	Theorem		Dual	Name
T1	$B \bullet 1 = B$	T1'	$B + 0 = B$	Identity
T2	$B \bullet 0 = 0$	T2'	$B + 1 = 1$	Null Element
T3	$B \bullet B = B$	T3'	$B + B = B$	Idempotency
T4		$\overline{\overline{B}} = B$		Involution
T5	$B \bullet \overline{B} = 0$	T5'	$B + \overline{B} = 1$	Complements

Булевы теоремы нескольких переменных

	Theorem		Dual		Name
T6	$B \cdot C = C \cdot B$	T6'	$B + C = C + B$		Commutativity
T7	$(B \cdot C) \cdot D = B \cdot (C \cdot D)$	T7'	$(B + C) + D = B + (C + D)$		Associativity
T8	$(B \cdot C) + B \cdot D = B \cdot (C + D)$	T8'	$(B + C) \cdot (B + D) = B + (C \cdot D)$		Distributivity
T9	$B \cdot (B + C) = B$	T9'	$B + (B \cdot C) = B$		Covering
T10	$(B \cdot C) + (B \cdot \overline{C}) = B$	T10'	$(B + C) \cdot (B + \overline{C}) = B$		Combining
T11	$(B \cdot C) + (\overline{B} \cdot D) + (C \cdot D)$ $= B \cdot C + \overline{B} \cdot D$	T11'	$(B + C) \cdot (\overline{B} + D) \cdot (C + D)$ $= (B + C) \cdot (\overline{B} + D)$		Consensus
T12	$\overline{B_0 \cdot B_1 \cdot B_2 \dots}$ $= (\overline{B_0} + \overline{B_1} + \overline{B_2} \dots)$	T12'	$\overline{B_0 + B_1 + B_2 \dots}$ $= (\overline{B_0} \cdot \overline{B_1} \cdot \overline{B_2} \dots)$		De Morgan's Theorem

Упрощение булевых

Пример 1:

- $Y = AB + \bar{A}B$

Упрощение булевых

Пример 1:

- $Y = AB + \bar{A}B$
 $= B(A + \bar{A})$ T8
 $= B(1)$ T5'
 $= B$ T1

Упрощение булевых

Пример 2:

- $Y = A(AB + ABC)$

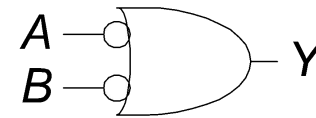
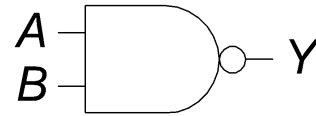
Упрощение булевых

Пример 2:

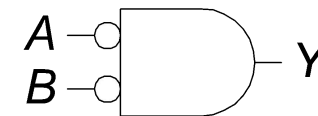
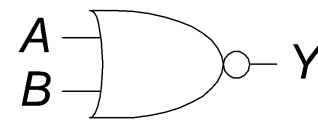
- $Y = A(AB + ABC)$
 - $= A(AB(1 + C))$ T8
 - $= A(AB(1))$ T2'
 - $= A(AB)$ T1
 - $= (AA)V$ T7
 - $= AB$ T3

Теорема де Моргана

- $Y = \overline{AB} = \overline{A} + \overline{B}$



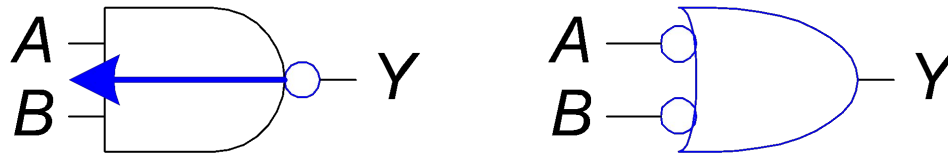
- $Y = \overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$



Перемещение инверсии

• Назад:

- Изменить тип элемента
- Добавить инверсию на входы



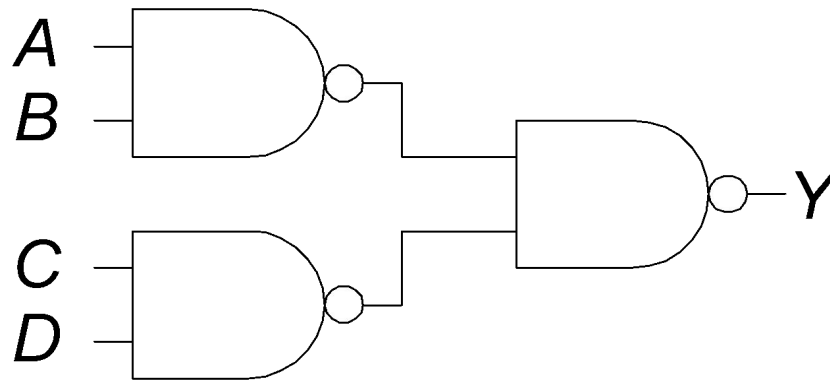
• Вперед:

- Изменить тип элемента
- Добавить инверсию на выход



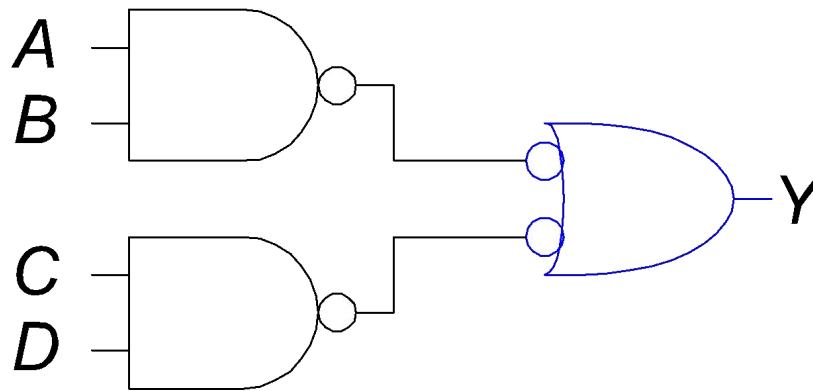
Перемещение инверсии

- Запишите булево выражение для этой схемы



Перемещение инверсии

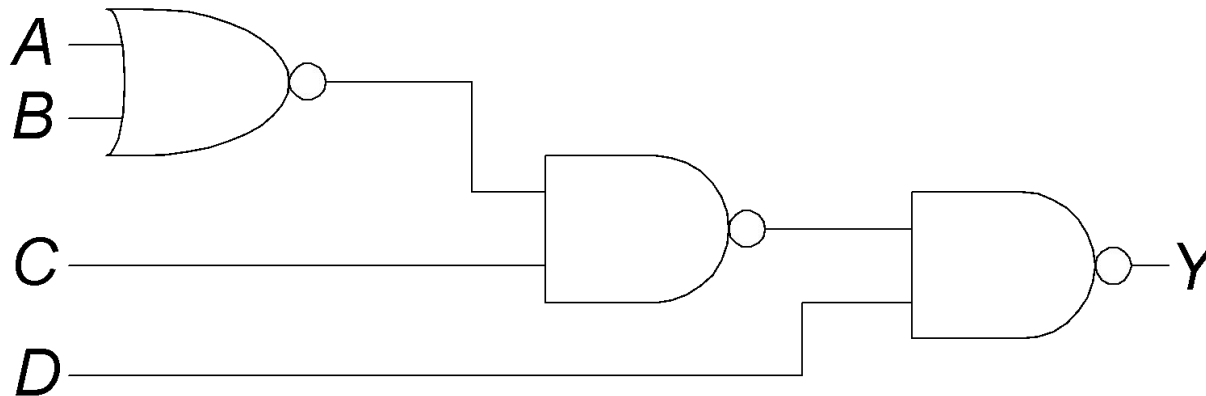
- Запишите булево выражение для этой схемы



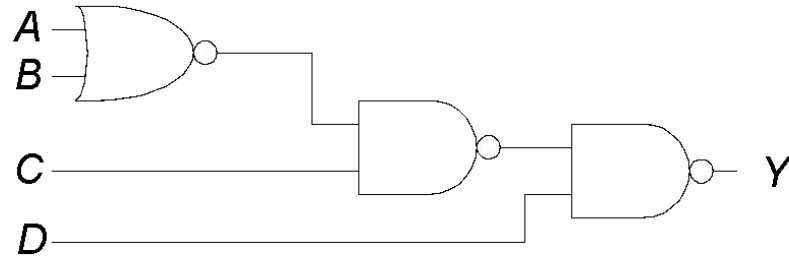
$$Y = AB + CD$$

Правила перемещения инверсии

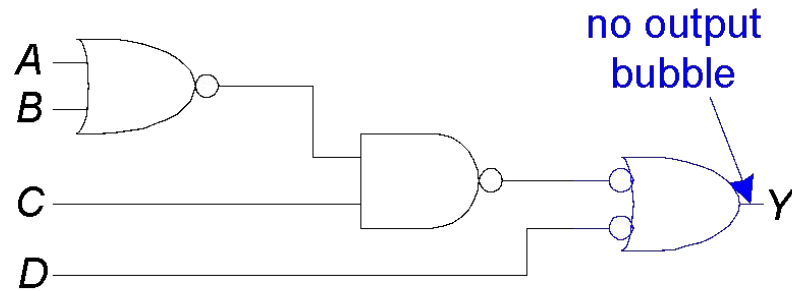
- Начать с выхода и двигаться в направлении входов
- Перемещать инверсию от выходов ко входам
- Нарисовать элементы так, чтобы увидеть, что инверсии взаимно уничтожаются



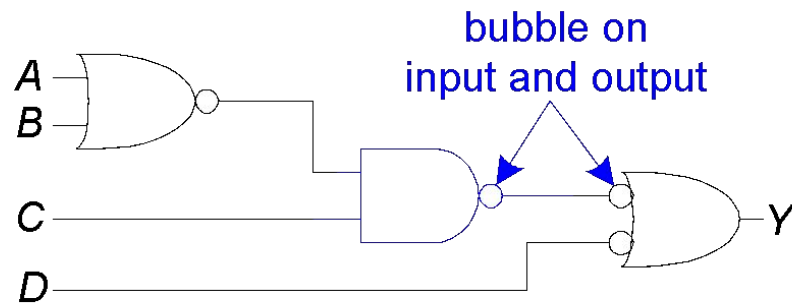
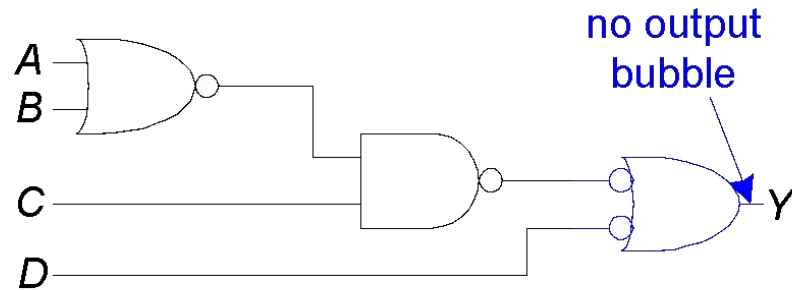
Пример перемещения инверсии



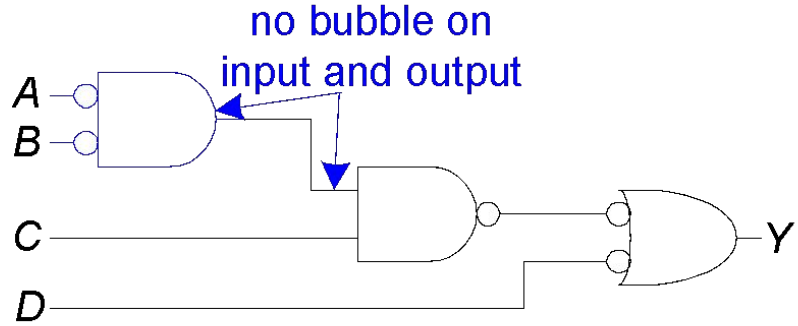
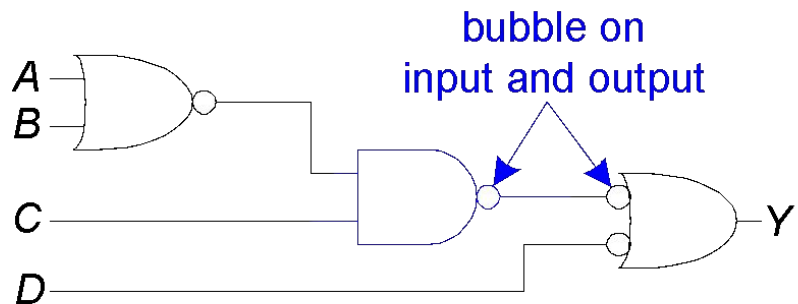
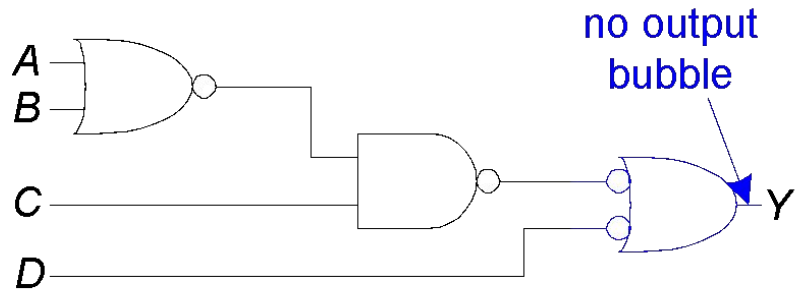
Пример перемещения инверсии



Пример перемещения инверсии



Пример перемещения инверсии

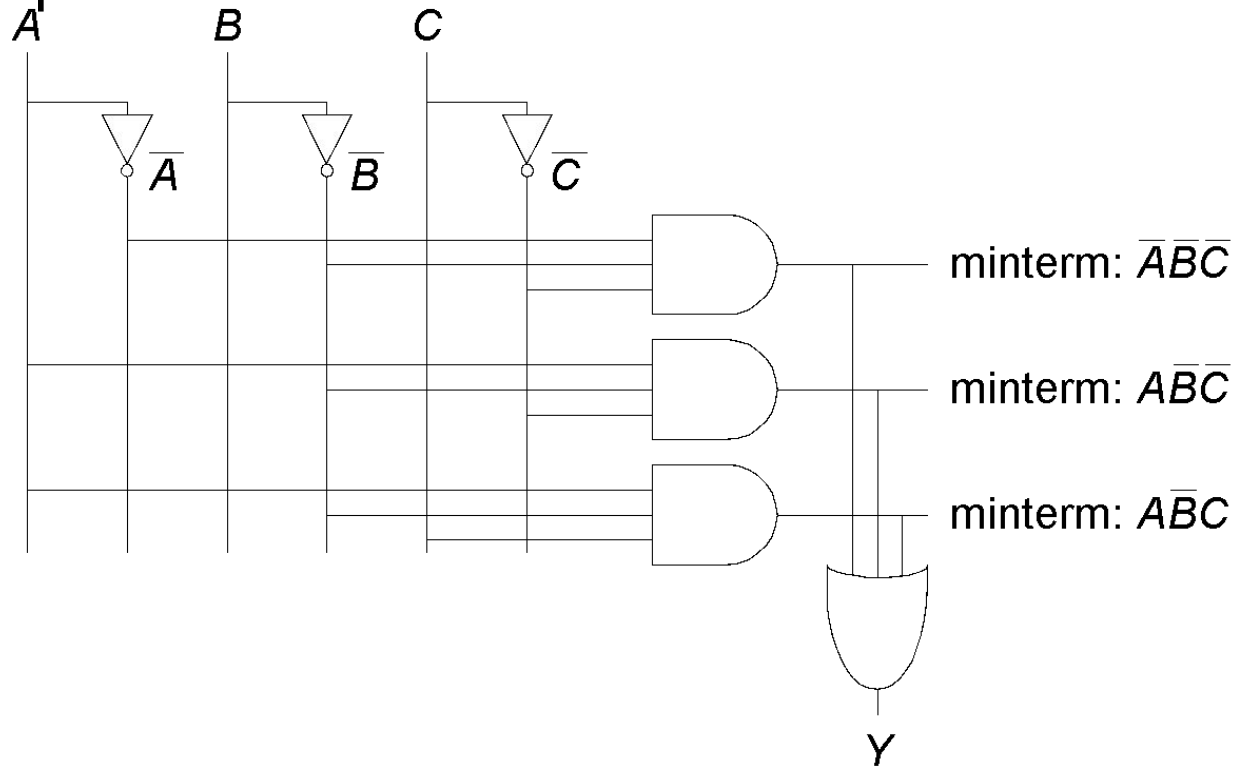


$$Y = \overline{A}BC + \overline{D}$$



От логики к логическим элементам

- Двухуровневая цифровая схема Сначала элементы И, затем ИЛИ
- Пример: $Y = \overline{A}BC + A\overline{B}C + A\overline{B}C$



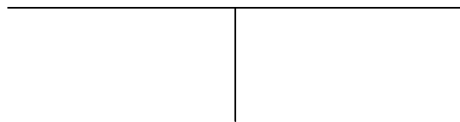
Правила изображения принципиальных схем

- Входы слева (или сверху)
- Выходы справа (или внизу)
- Информация передается от элементов, расположенных слева, к элементам, расположенным справа
- Для проводников стараться использовать прямые линии

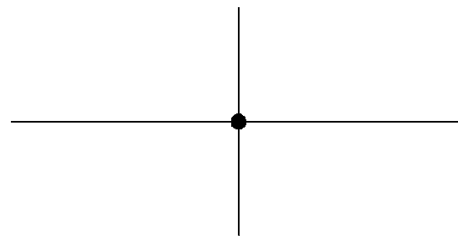
Правила изображения принципиальных схем (продолжение)

- Проводники всегда должны соединяться в виде буквы Т
- Точка в месте пересечения проводников обозначает их соединение
- Проводники, пересекающиеся без точки, не имеют соединения друг с другом

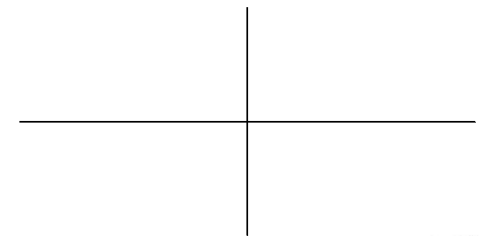
wires connect
at a T junction



wires connect
at a dot



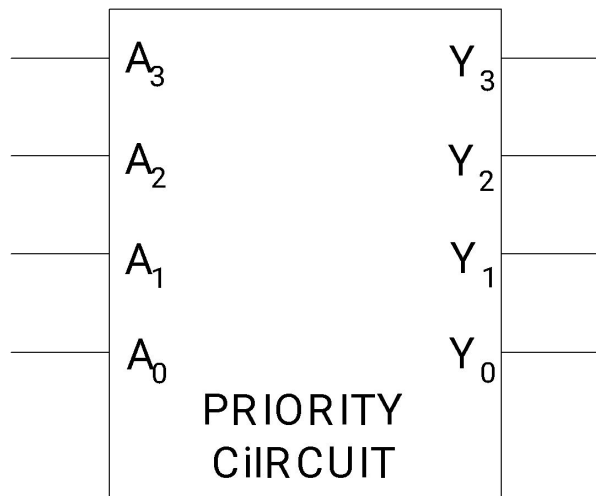
wires crossing
without a dot do
not connect



Схемы с несколькими

- **Пример: Схема приоритета**

Выход устанавливается
в соответствии
со старшим разрядом
который равен ИСТИНЕ

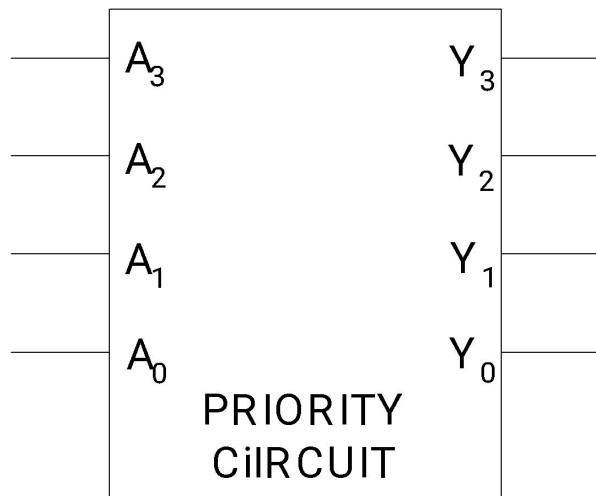


A_3	A_2	A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0				
0	0	0	1				
0	0	1	0				
0	0	1	1				
0	1	0	0				
0	1	0	1				
0	1	1	0				
0	1	1	1				
1	0	0	0				
1	0	0	1				
1	0	1	0				
1	0	1	1				
1	1	0	0				
1	1	0	1				
1	1	1	0				
1	1	1	1				

Схемы с несколькими

- **Пример: Схема приоритета**

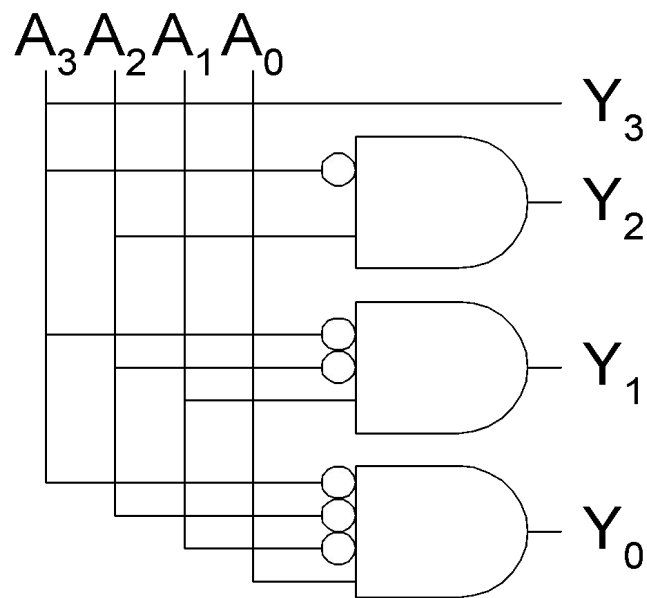
Выход устанавливается
в соответствии
со старшим входом
который равен ИСТИНЕ



A_3	A_2	A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0

Реализация схемы

A_3	A_2	A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0



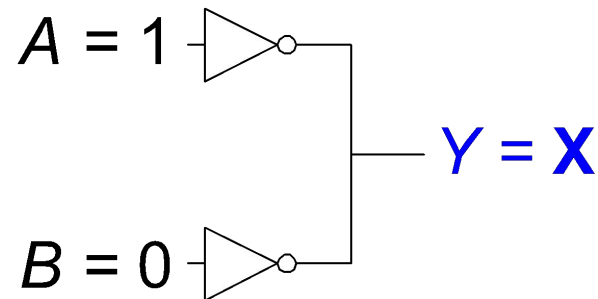
Безразличное значение

A_3	A_2	A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0
0	1	1	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	1	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	0	0	0
1	1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	0	0	0

A_3	A_2	A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	X	0	0	1	0
0	1	X	X	0	1	0	0
1	X	X	X	1	0	0	0

Конфликт: X

- Конфликтом: схема пытается установить на выходе одновременно 0 и 1
 - Действительное значение находится где-то между
 - Может быть 0, 1 или в запрещенной диапозоне
 - Может зависеть от напряжения, температуры, времени, шума
 - Часто вызывает большое энергопотребление

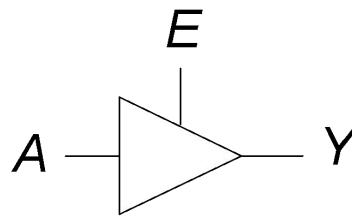


- **Предупреждение:**
 - Конфликт обычно является **ошибкой**
 - В зависимости от контекста **X** обозначает **безразличное значение или конфликт**

Третье состояние: Z

- Третье состояние, состояние высокого импеданса, неподключенная или плавающая цепь
- Состояние неподключенного выхода может быть 0, 1 или быть промежуточным
 - Вольтметр не показывает что узел находится в плавающем состоянии

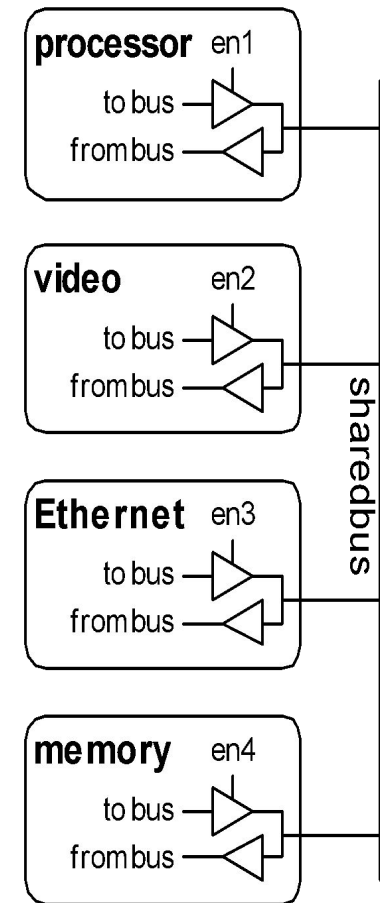
Буфер с тремя состояниями



E	A	Y
0	0	Z
0	1	Z
1	0	0
1	1	1

Шины с тремя состояниями

- Состояние высокого импеданса используется для создания шин
 - Несколько микросхем подключены к шине
 - Но активной в некоторый момент может быть одна и только одна



Карты Карно

- Булевы выражения можно упростить путем комбинирования термов
- Карты Карно позволяют наглядно минимизировать выражение
- $PA + P\bar{A} = P$

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

Y		AB			
		00	01	11	10
C	0	1	0	0	0
	1	1	0	0	0

Y		AB			
		00	01	11	10
C	0	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$\bar{A}B\bar{C}$	$AB\bar{C}$	$A\bar{B}\bar{C}$
	1	$\bar{A}\bar{B}C$	$\bar{A}BC$	ABC	$A\bar{B}C$

Карты Карно

- Обведите овалом 1 в соседних квадратах
- В булево выражение включаются только те литералы, прямая и инверсная форма которых не попадает в овал

A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

		AB			
		00	01	11	10
C	0	1	0	0	0
	1	1	0	0	0

$$Y = \overline{A}B$$

Карты Карно - три входа

		Y			
		AB			
C	0	00	01	11	10
	1	00	01	11	10
	0	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$\bar{A}B\bar{C}$	$A\bar{B}\bar{C}$	$A\bar{B}C$
	1	$\bar{A}\bar{B}C$	$\bar{A}BC$	ABC	$A\bar{B}C$

Truth Table

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

K-Map

		Y			
		AB			
C	0	00	01	11	10
	1	00	01	11	10

Карты Карно - три входа

		Y				
		C				
		AB	00	01	11	10
C	0	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$\bar{A}B\bar{C}$	$A\bar{B}\bar{C}$	$AB\bar{C}$	
	1	$\bar{A}\bar{B}C$	$\bar{A}BC$	ABC	$A\bar{B}C$	

Truth Table

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

K-Map

		Y				
		C				
		AB	00	01	11	10
C	0	0	1	1	0	
	1	0	1	0	0	

$$Y = \bar{A}B + B\bar{C}$$

Построение карты Карно

- **Дополнение:** переменная с чертой над именем
A, B, C
- **Литерал:** Литерал: переменная или ее дополнение
A, A, B, B, C, C
- **Импликанта:** произведение литералов
ABC, AC, BC
- **Первичная импликанта:** импликанта, соответствующая наибольшему овалу на карте Карно

Правила карт Карно

- Каждая 1 должна входить хотя бы в один овал
- Каждый овал должен охватывать блок, число клеток которого в каждом направлении равно степени двойки (то есть 1, 2 или 4)
- Каждый овал должен настолько большим, насколько это возможно
- Овал может связывать края карты Карно
- Безразличные значения (X) могут входить в овал, если это помогает минимизировать выражение

Карты Карно - четыре входа

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>Y</i>
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
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	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

<i>Y</i>	<i>AB</i>			
<i>CD</i>	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

Карты Карно - четыре входа

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>Y</i>
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
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	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

<i>Y</i>	<i>AB</i>			
<i>CD</i>	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	0	1	0	1
11	1	1	0	0
10	1	1	0	1

Карты Карно - четыре входа

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>Y</i>
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
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	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

<i>Y</i>	<i>AB</i>			
<i>CD</i>	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	0	1	0	1
11	1	1	0	0
10	1	1	0	1

$$Y = \bar{A}C + \bar{A}BD + A\bar{B}\bar{C} + \bar{B}\bar{D}$$

Карты Карно и безразличные значения

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>Y</i>
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	X
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	X
1	0	1	1	X
1	1	0	0	X
1	1	0	1	X
1	1	1	0	X
1	1	1	1	X

<i>Y</i>	<i>AB</i>			
<i>CD</i>	00	01	11	10
00				
01				
11				
10				

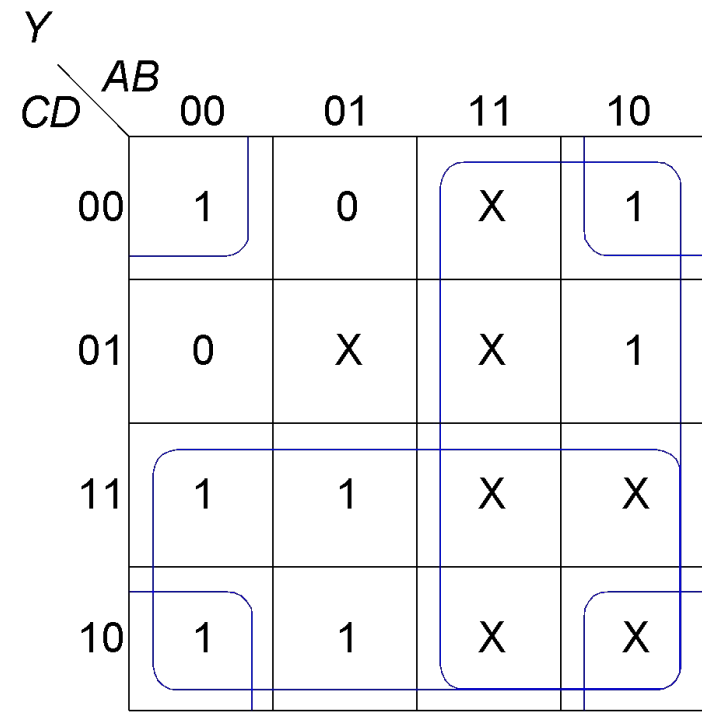
Карты Карно и безразличные значения

A	B	C	D	Y
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	X
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	X
1	0	1	1	X
1	1	0	0	X
1	1	0	1	X
1	1	1	0	X
1	1	1	1	X

Y	AB			
CD	00	01	11	10
00	1	0	X	1
01	0	X	X	1
11	1	1	X	X
10	1	1	X	X

Карты Карно и безразличные значения

A	B	C	D	Y
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	X
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	X
1	0	1	1	X
1	1	0	0	X
1	1	0	1	X
1	1	1	0	X
1	1	1	1	X



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



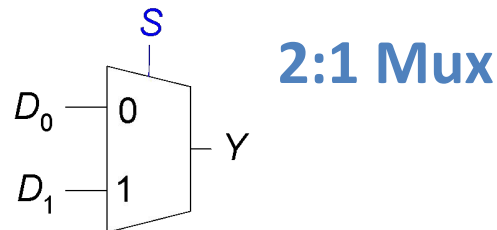
Базовые комбинационные блоки

- Мультиплексоры
- Дешифраторы

Мультиплексор (Мух)

- Выбирает один из N входов и соединяет его с выходом
- $\log_2 N$ -бит для выбора входа – вход управления (выбора)

- Пример:



S	D ₁	D ₀	Y	S	Y
0	0	0	0	0	D ₀
0	0	1	1	1	D ₁
0	1	0	0		
0	1	1	1		
1	0	0	0		
1	0	1	0		
1	1	0	1		
1	1	1	1		

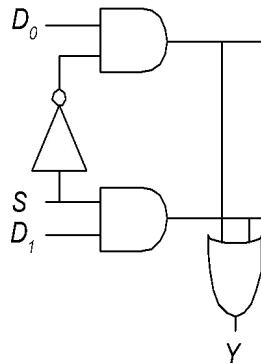
Реализация

- Используя логические элементы

- Дизъюнктивная форма

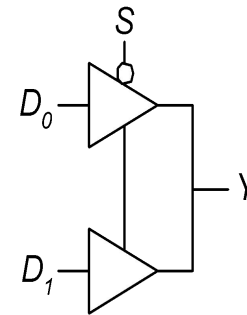
S	$D_0 D_1$			
	00	01	11	10
0	0	0	1	1
1	0	1	1	0

$$Y = D_0 \bar{S} + D_1 S$$



- Используя буферы с тремя состояниями

- Для N-входового мультиплексора используется N буферов с тремя состояниями
- Один и только один из них включается для выбора соответствующего входа

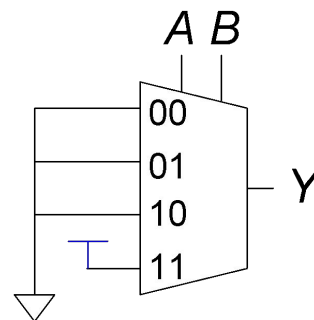


Цифровые схемы на основе мультиплексоров

- Использование мультиплексоров как таблиц преобразования

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>Y</i>
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

$$Y = AB$$

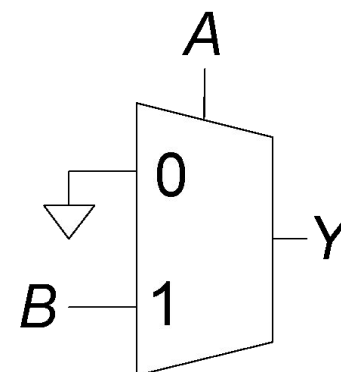


- Уменьшение размера мультиплексора

$$Y = AB$$

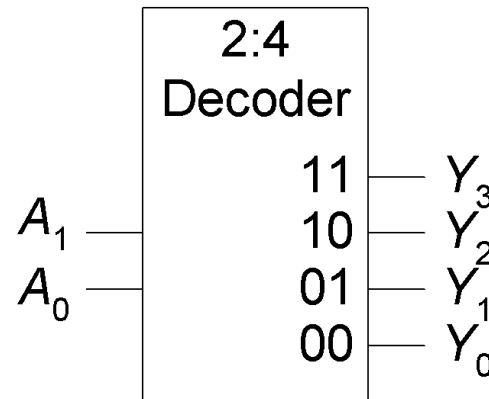
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

A	Y
0	0
1	B



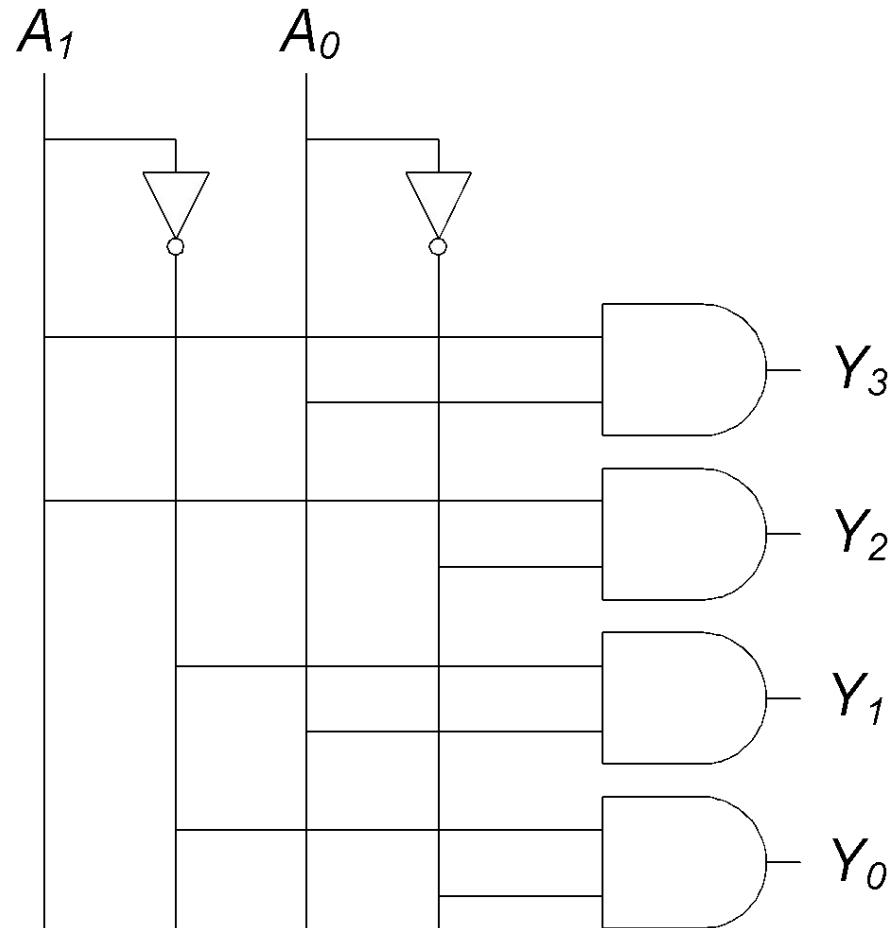
Дешифраторы

- N входов, 2^N выходов
- Прямой унитарный код: только один выход принимает значение ИСТИНА

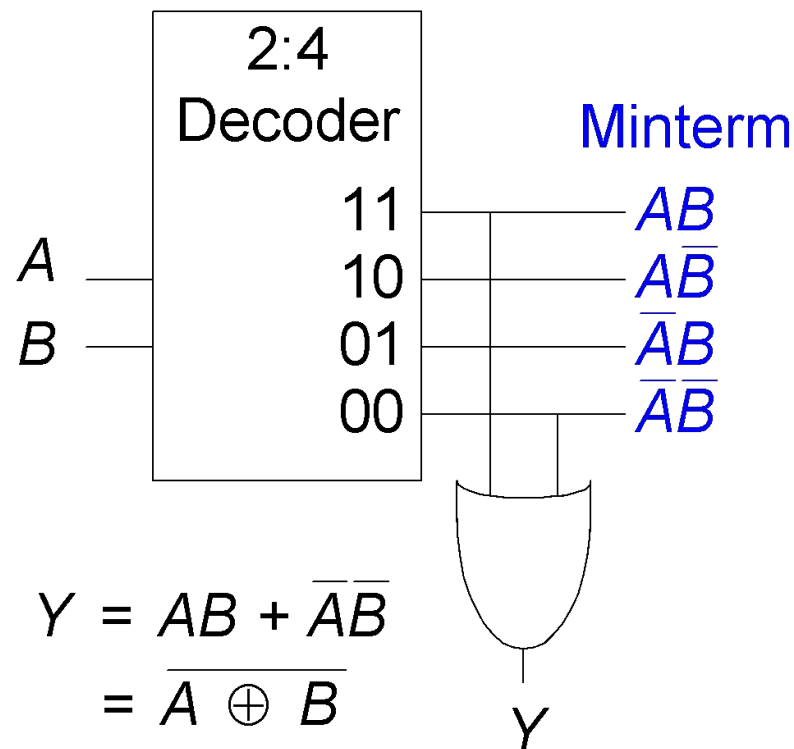


A_1	A_0	Y_3	Y_2	Y_1	Y_0
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0

Реализация дешифраторов

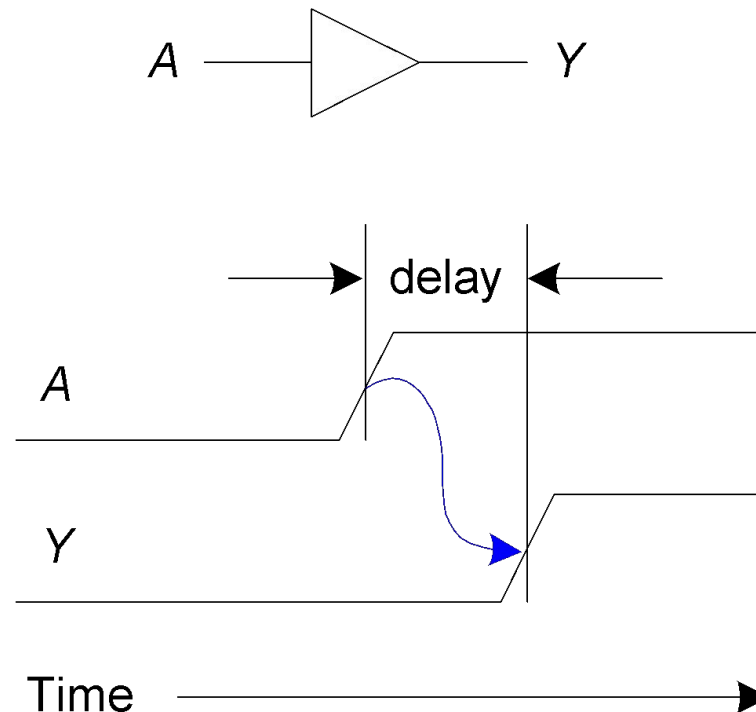


- Функция ИЛИ от минтермов



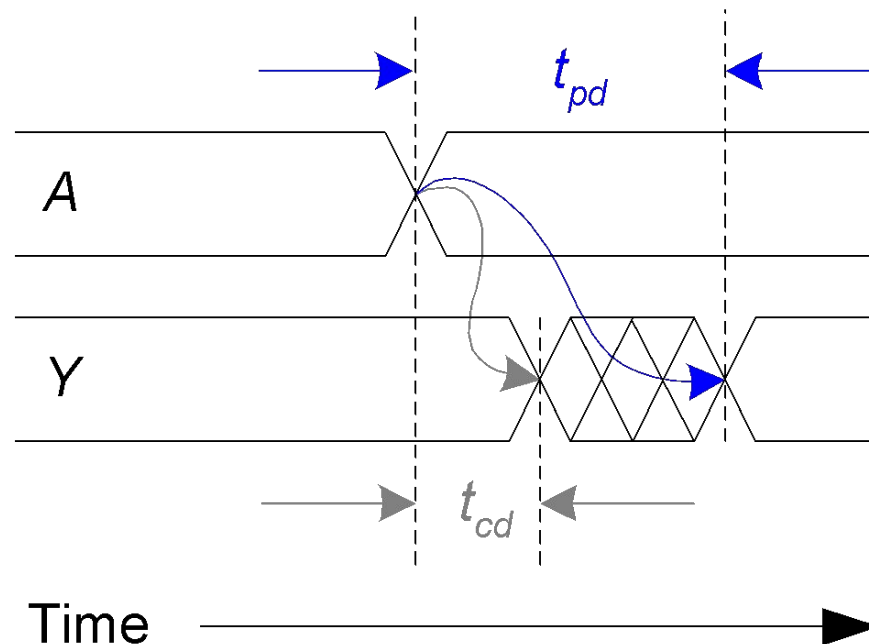
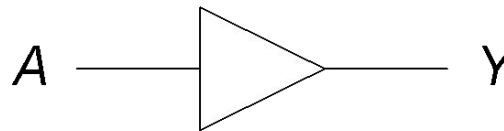
Временные характеристики

- Задержка между изменением входа и соответствующим изменением выхода
- Как проектировать быстрые схемы?



Задержки распространения и реакции

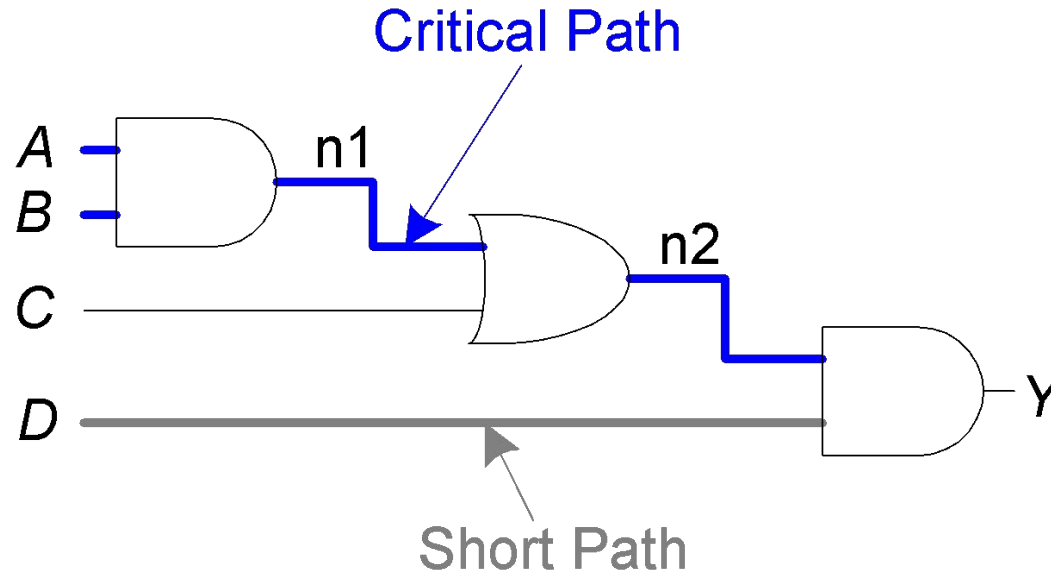
- **Задержка распространения** t_{pd} = максимальная задержка тракта ВХОД-ВЫХОД
- **Задержка реакции** t_{cd} = минимальная задержка тракта ВХОД-ВЫХОД



Задержки распространения и реакции

- Задержки обусловлены
 - Емкостями и сопротивлениями в цепях
 - Конечностью скорости света
- Причины, по которым t_{pd} и t_{cd} могут различаться
 - Разные задержки нарастания и спада сигнала
 - Несколько входов и выходов, одни из которых быстрее, чем другие
 - Замедление работы схемы при повышении температуры и ускорение при охлаждении

Критический (длинный) и кратчайший ПУТИ



Критический (длинный) путь $t_{pd} = 2t_{pd_AND} + t_{pd_OR}$

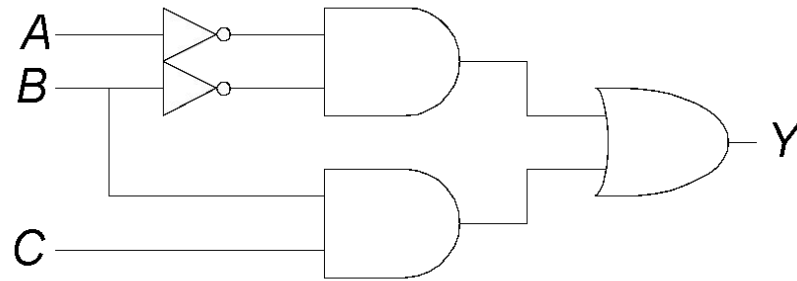
Кратчайший путь $t_{cd} = t_{cd_AND}$

Импульсные помехи

- **Одиночное изменение на входного сигнала вызывает несколько изменений сигнала на выходе**

Пример импульсной помехи

- Что происходит когда $A = 0$, $C = 1$, а B изменяется с 1 до 0?

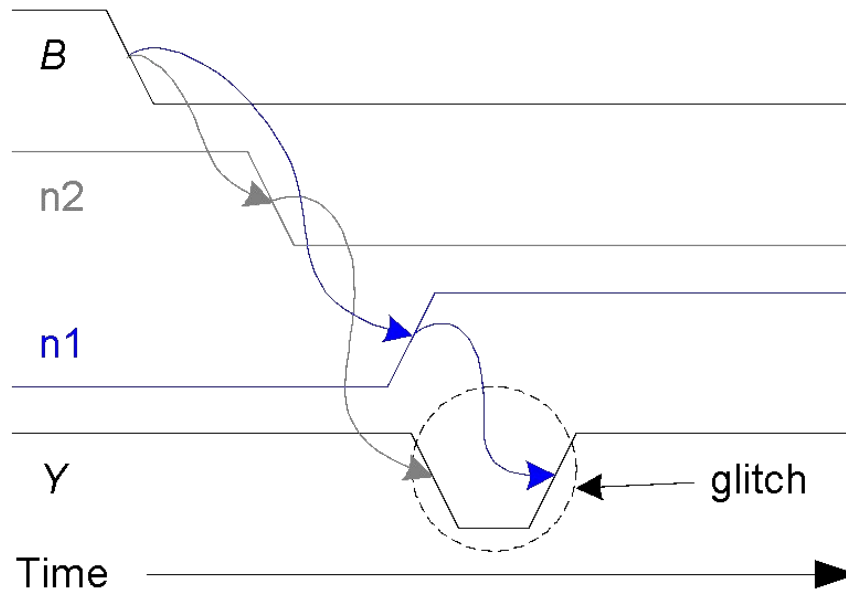
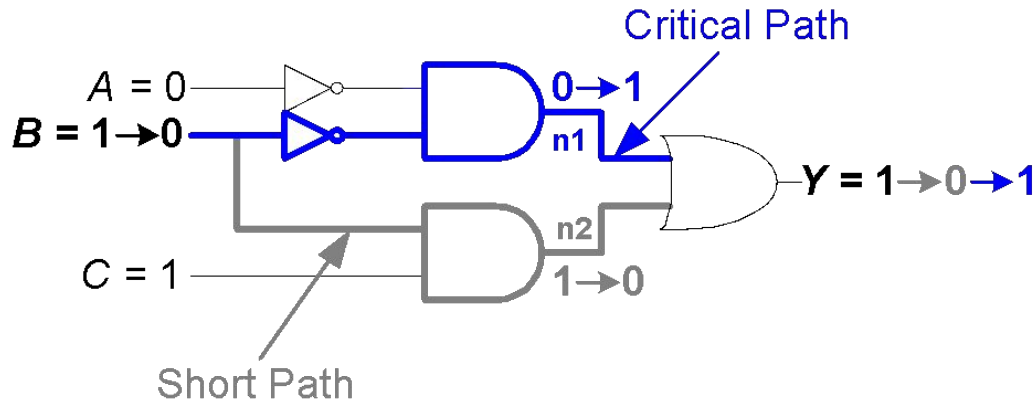


		AB			
		00	01	11	10
C	0	1	0	0	0
	1	1	1	1	0

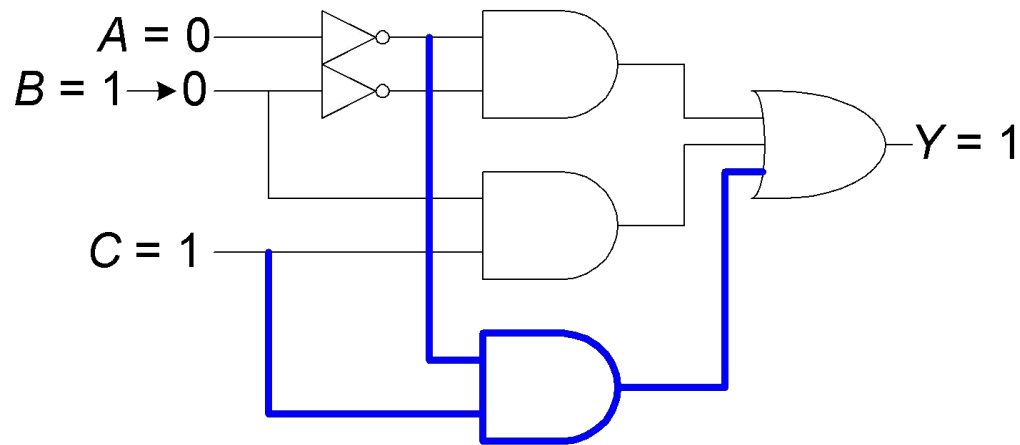
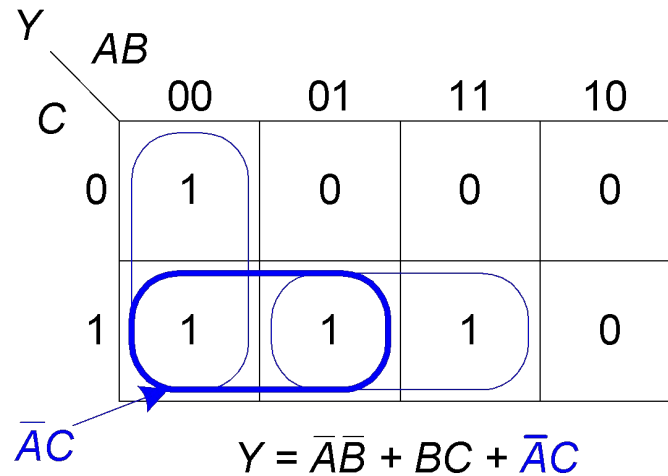
$$Y = \bar{A}\bar{B} + BC$$

Глава 2 <78>

Пример импульсной помехи



Борьба с импульсными



Почему импульсные помехи важны?

- Импульсные помехи не являются серьезной проблемой при проектировании **синхронных схем** (глава 3)
- Важно уметь распознавать их при моделировании или на экране осциллографа
- От всех импульсных помех невозможно избавиться - одновременные изменения нескольких входов могут привести к появлению таких помех