Компараторы

Компараторы выступают в качестве КЛС, которые обеспечивают сравнение двоичных чисел.

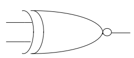
Элементарный компаратор представляет собой простую комбинационную схему, способную обнаруживать факт равенства (неравенства) двух двоичных чисел на входах данных, вырабатывая на выходе соответствующее значение специального бита равенства (неравенства).

Таблица истинности

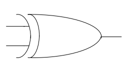
a_i	b_i	$F_=$	$F_{\neq}$
0	0	1	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

$$F_= = \overline{a \oplus b}$$

$$F_{\neq} = a \oplus b$$

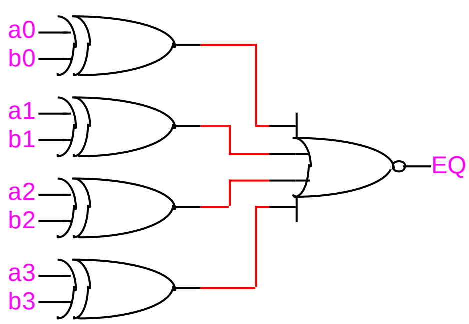


$F_= = \overline{a \oplus b}$ Выход получает значение 1, если входы равны



$F_{\neq} = a \oplus b$ Выход получает значение 1, если входы не равны

Элементарный 4-битный компаратор:



Комплексный 1-битный компаратор

Очевидно, что числа на входах данных могут и не быть равными. Если желательно сравнение двух входных чисел как в отношении равенства, так и в отношении больше/меньше необходимо построить более сложный компаратор (**magnitude comparator**), который может вырабатывать три выходных сигнала: биты равно, больше и меньше.

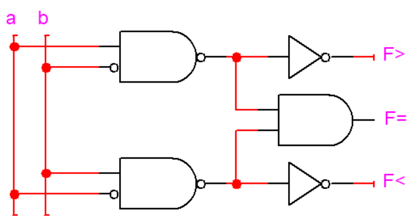
Таблица истинности

a_i	b_i	$F_=$	$F_<$	$F_>$
0	0	1	0	0
0	1	0	1	0
1	0	0	0	1
1	1	1	0	0

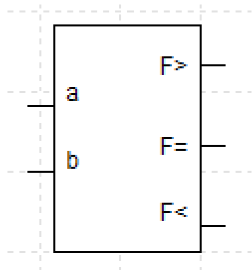
$$F_= = \overline{a \oplus b} = \overline{\bar{a}b + a\bar{b}} = \overline{\bar{a}b} \cdot \overline{a\bar{b}}$$

$$F_> = a\bar{b}$$

$$F_< = \bar{a}b$$



Логический символ:



Синтез компараторов классическими методами практически невозможен. Предположим, что необходимо построить схему сравнения на равенство двух 8-разрядных чисел. Классический метод синтеза потребовал бы построить таблицу истинности с числом строк $2^{(8+8)}$=65536. В таких случаях решение находится методом декомпозиции задачи, который предполагает разбиение решаемой задачи на более мелкие подзадачи. Поясним сказанное на примере синтеза компаратора с тремя выходами.

Пусть требуется сравнить двоичные числа $A=a_3a_2a_1a_0$ и $B=b_3b_2b_1b_0$. Прямой синтез потребовал бы запись канонических форм для трех функций $F_{A=B}$ – равенства, $F_{A>B}$ – большинства, $F_{A<B}$ – меньшинства по таблице истинности, число строк которой $2^{(4+4)}$ = 256. Практически синтез реализуется раздельным сравнением цифр в разрядах 3, 2, 1, 0. С этой целью необходимо выполнить синтез одноразрядной схемы равенства на три выхода. Для этих выходов получим функции $f_=$ – равенства, $f_>$ - большинства и $f_<$ - меньшинства. Затем на базе одноразрядной схемы равенства построим 4-разрядный компаратор.

Логические функции, в соответствии с которыми работает 4-разрядный компаратор:

- отношение равенства A=B выражается функцией:

$$F_{A=B} = f_{=3}\, f_{=2}\, f_{=1}\, f_{=0},$$

так как отношение A=B предполагает, что:

$a_3=b_3$ *and*
$a_2=b_2$ *and*
$a_1=b_1$ *and*
$a_0=b_0$;

- отношение большинства A>B предполагает

$a_3>b_3$; *or*
$a_3=b_3$ *and* $a_2>b_2$; *or*
$a_3=b_3$ *and* $a_2=b_2$ *and* $a_1>b_1$; *or*
$a_3=b_3$ *and* $a_2=b_2$ *and* $a_1=b_1$ *and* $a_0>b_0$

что приводит к логической функции:

$$F_{A>B} = f_{>3} + f_{=3}f_{>2} + f_{=3}f_{=2}f_{>1} + f_{=3}f_{=2}f_{=1}f_{>0}$$

- отношение меньшинства A<B предполагает:

$a_3<b_3$; *or*

$a_3=b_3$ *and* $a_2<b_2$; *or*

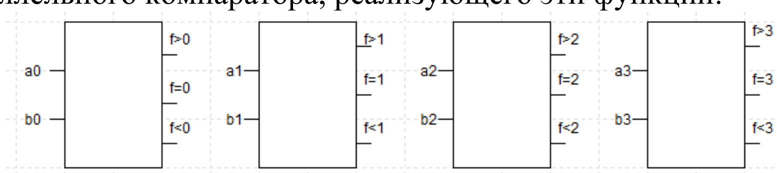
$a_3=b_3$ *and* $a_2=b_2$ *and* $a_1<b_1$; *or*

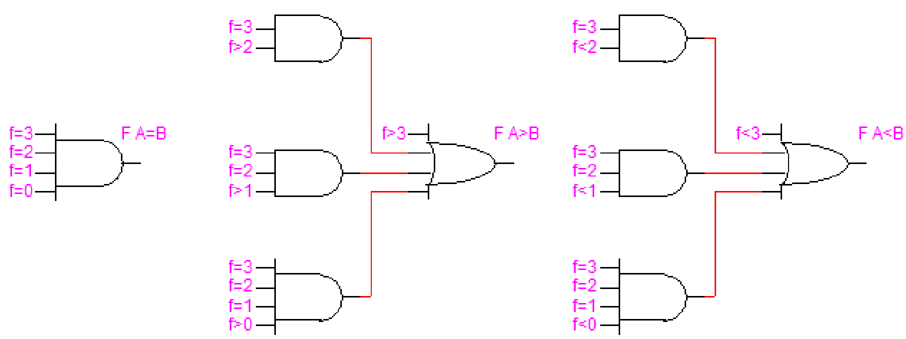
sau $a_3=b_3$ *and* $a_2=b_2$ *and* $a_1=b_1$ *and* $a_0<b_0$

откуда следует функция:

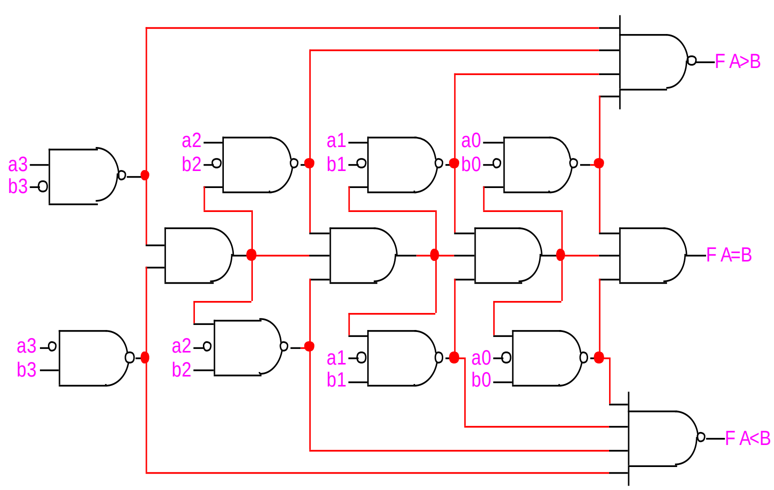
$$F_{A<B} = f_{<3} + f_{=3}f_{<2} + f_{=3}f_{=2}f_{<1} + f_{=3}f_{=2}f_{=1}f_{<0}$$

Схема параллельного компаратора, реализующего эти функции:

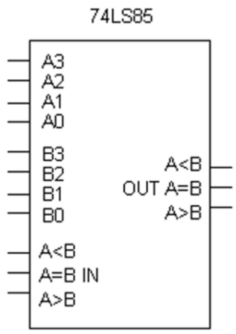




Такая же схема выполнена в последовательном исполнении:



Интегральная схема 4-битного параллельного комплексного компаратора 74-85:



Другой способ синтеза компаратора основывается на реализации операции (A-B) на сумматоре с последующим анализом полученного результата. Как известно, сумматоры выполняют операцию вычитания через суммирование вычитателя с дополнительным кодом вычитаемого. Поэтому входное слово A следует подавать на один из входов данных сумматора. Для получения дополнительного кода входного слова B его следует подать в инверсном виде на второй вход данных сумматора. При этом на вход переноса необходимо подать сигнал логической 1.

Пусть требуется сравнить два 4-разрядных числа A и B. Выполним операцию вычитания а затем проанализируем полученный результат для трех случаев: A>B, A=B, A<B.

A>B

$\boldsymbol{A}=9_{(10)}=1001_{(2)}$

$\boldsymbol{B}=6_{(10)}=0110_{(2)}$

$\boldsymbol{-Bci}=\ 1001$

$\boldsymbol{(A\text{-}B)}\Rightarrow\ 1001$

$$\begin{array}{r} 1001 \\ +\,1001 \\ 1 \\ \hline \underbrace{01}_{C_{out}}\ \underbrace{0011}_{S} \end{array}$$

A=B

$\boldsymbol{A}=9_{(10)}=1001_{(2)}$

$\boldsymbol{B}=9_{(10)}=1001_{(2)}$

$\boldsymbol{-Bci}=\ 0110$

$\boldsymbol{(A\text{-}B)}\Rightarrow\ 1001$

$$\begin{array}{r} 1001 \\ +\,0110 \\ 1 \\ \hline \underbrace{01}_{C_{out}}\ \underbrace{0000}_{S} \end{array}$$

A<B

$\boldsymbol{A}=5_{(10)}=\ 0101_{(2)}$

$\boldsymbol{B}=14_{(10)}=1110_{(2)}$

$\boldsymbol{-Bci}=\ 0001$

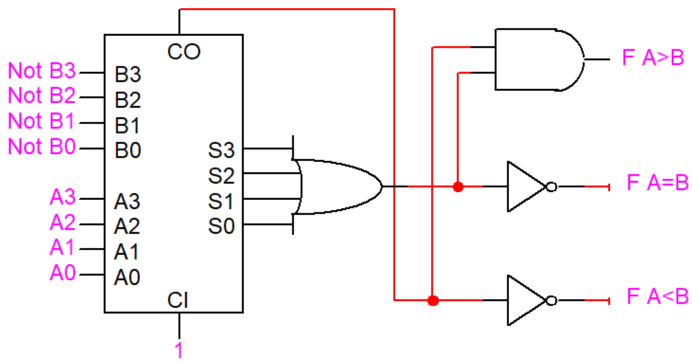
$\boldsymbol{(A\text{-}B)}\Rightarrow\ 0101$

$$\begin{array}{r} 0101 \\ +\,0011 \\ 1 \\ \hline \underbrace{00}_{C_{out}}\ \underbrace{1001}_{S} \end{array}$$

Из представленного примера следует что:

- отношение большинства A>B имеет место когда выходной перенос $C_{out}=1$ и сумма $S\neq 0$;
- отношение равенства A=B имеет место при S=0.
- отношение меньшинства A<B справедливо если выходной перенос $C_{out}=0$.

Используя выводы проведенного анализа можно построить схему компаратора:



CO
Not B3
B3
Not B2
B2
Not B1
B1
Not B0
B0
S3
S2
S1
S0
A3
A3
A2
A2
A1
A1
A0
A0
CI
1
F A>B
F A=B
F A<B