

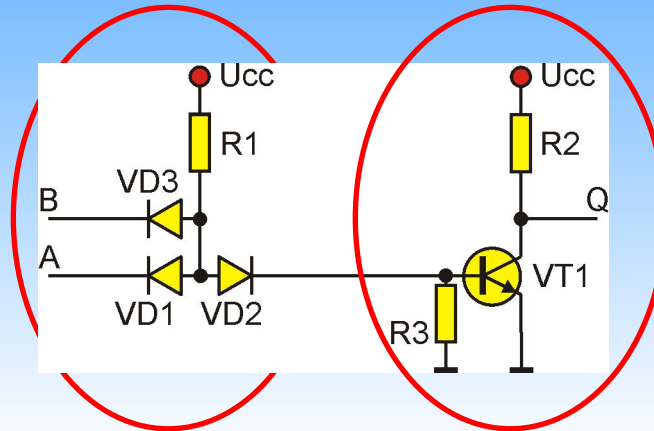
Транзисторно-транзисторная логика

TTL

Диодно-транзисторная логика

2И-НЕ

Входная логика



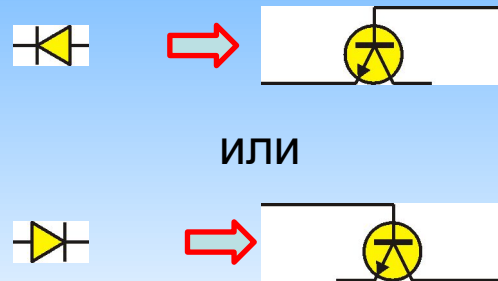
Выходной каскад

Недостатки

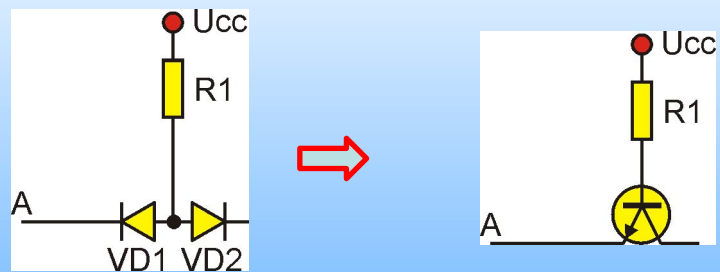
- Использование разнородных полупроводниковых приборов
- Сквозной ток при $Q=0$
- Малое быстродействие выходного каскада

Входная логика

В производстве обычно в качестве диода используется один из переходов транзистора. Так проще.

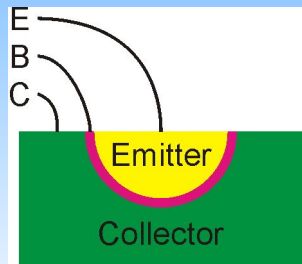


Два диода можно заменить одним транзистором

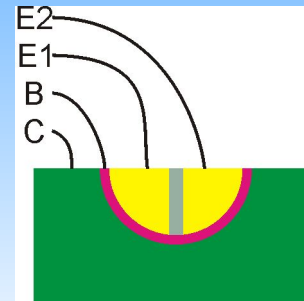


Входная логика. Многоэмиттерный транзистор

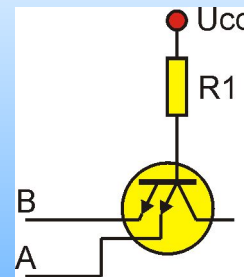
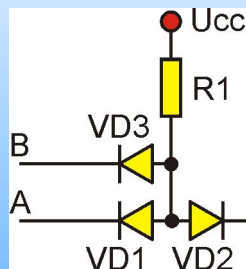
Обычный биполярный транзистор



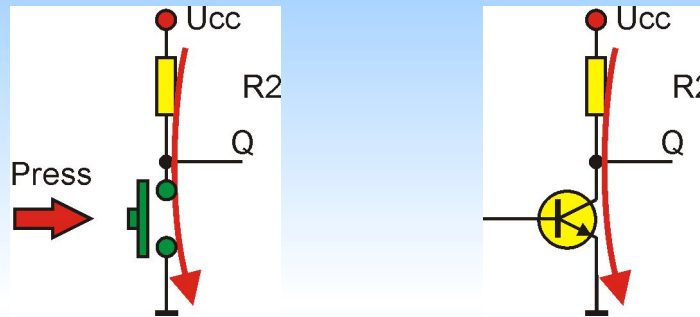
Многоэмиттерный биполярный транзистор



Весь входной каскад можно заменить одним транзистором



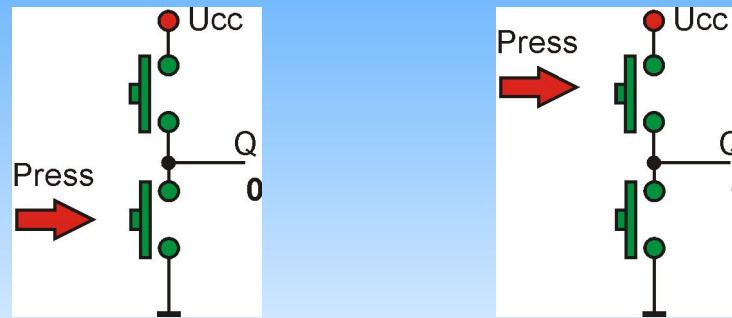
Обычный ключ



Сквозной ток при замыкании ключа неизбежен.

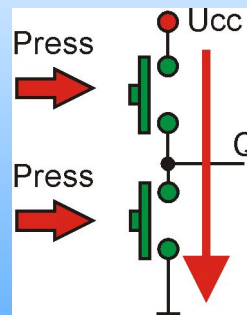
Его можно уменьшить только увеличивая сопротивление резистора.
При этом падает быстродействие

Выходной каскад



Сквозной ток = 0

Запрещенная операция



Блок схема

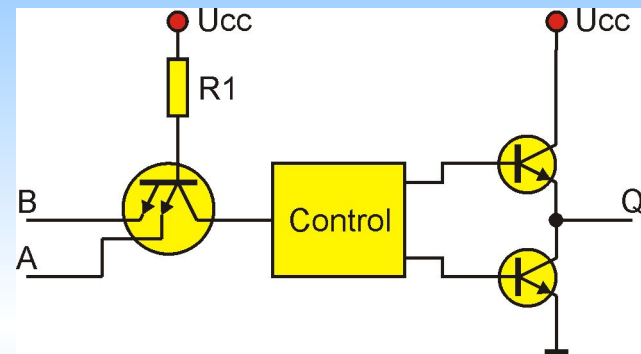
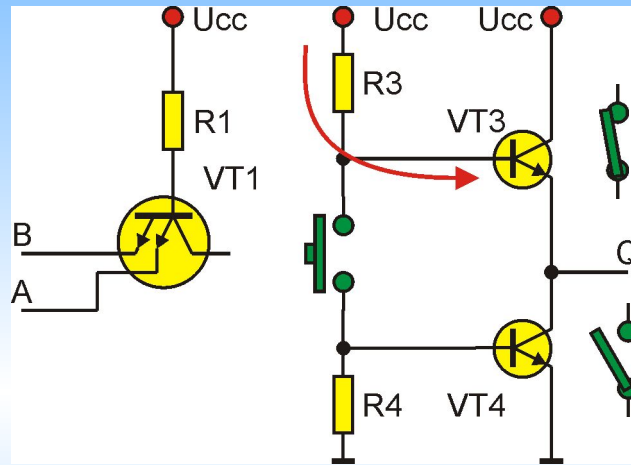


Схема управления. $Q=1$



$Q=1$

Схема управления. $Q=0$

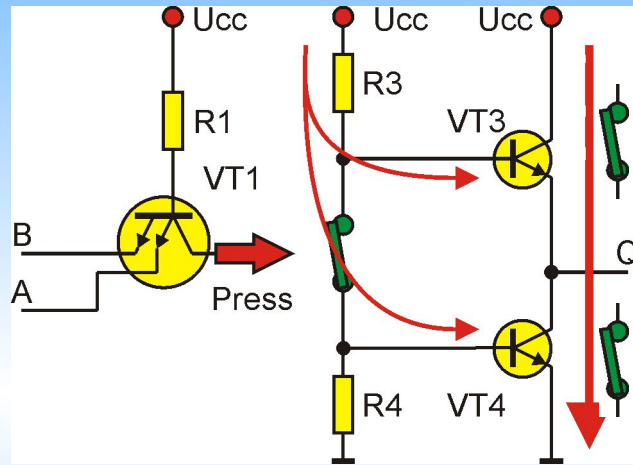
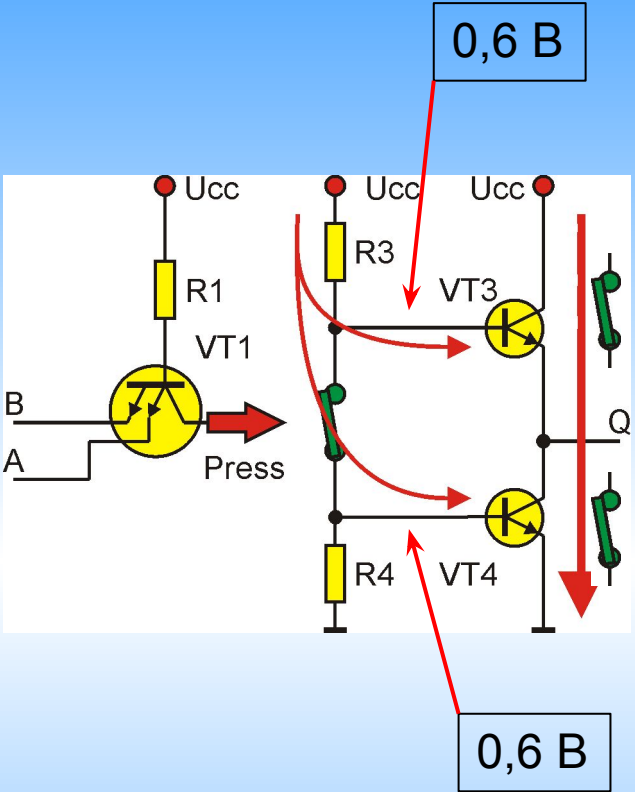


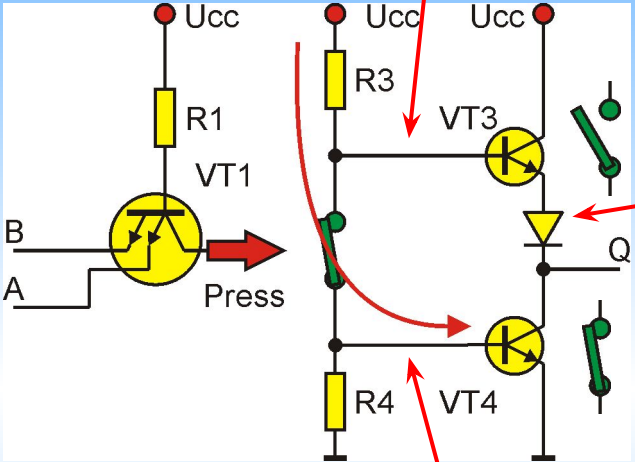
Схема управления. Q=0



Надо, чтобы VT3 не открывался от 0,6 В

Схема управления. Q=0

0,6 В.
Для открытия VT3 надо
1,2 В.

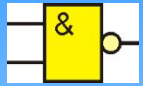


Диод

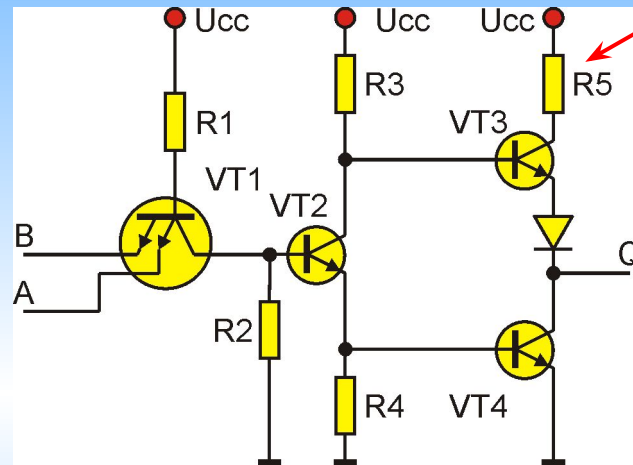
Q=0

0,6 В

2NAND



Резистор R5 для ограничения сквозного тока в момент переключения выхода

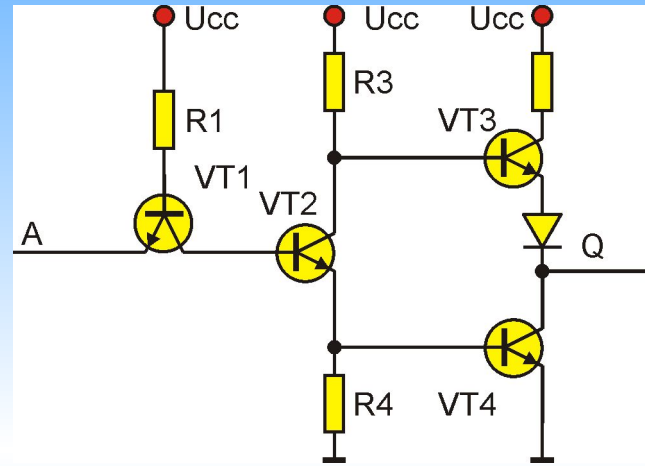


7400



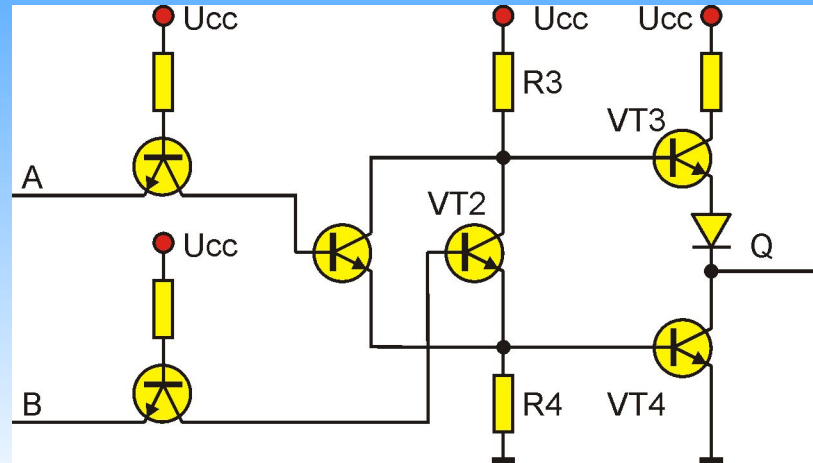
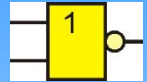
SN7400

NOT

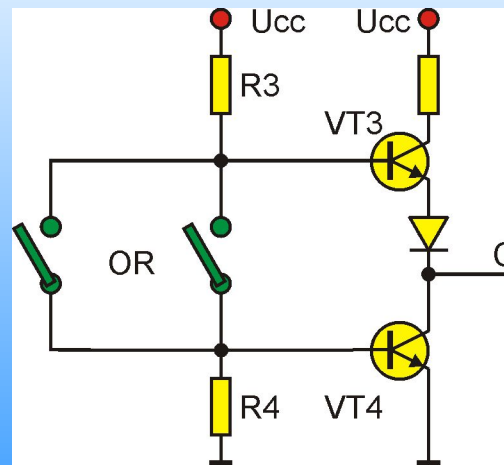


7404

2NOR



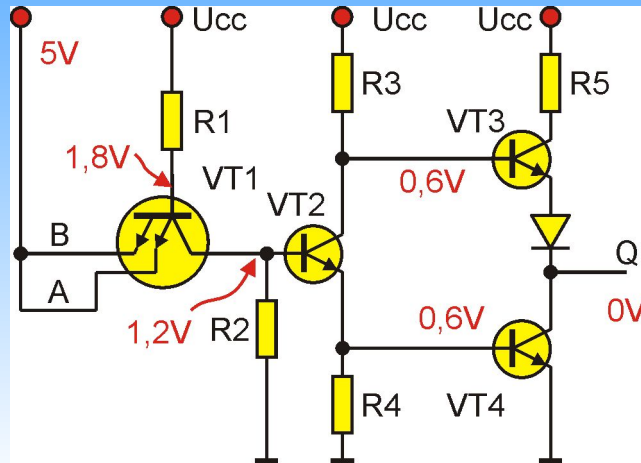
7402



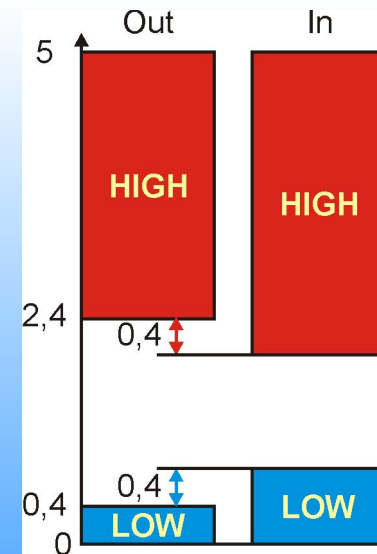
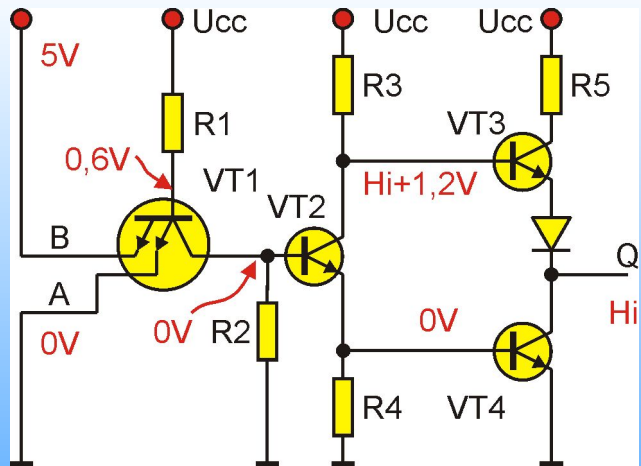
Питание и логические уровни TTL

$U_{cc}=4,75\div 5,25\text{ В}$

B	A	Q
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	1

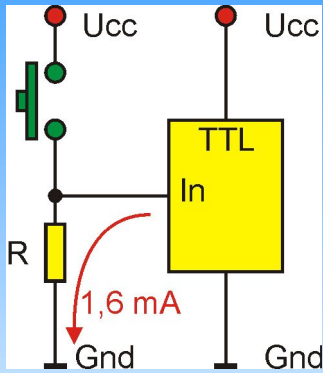


ТТЛ уровни	
U_{in0}	$0\div 0,8\text{ В}$
U_{in1}	$2,0\div 5\text{ В}$
U_{out0}	$0\div 0,4\text{ В}$
U_{out1}	$2,4\div 5\text{ В}$

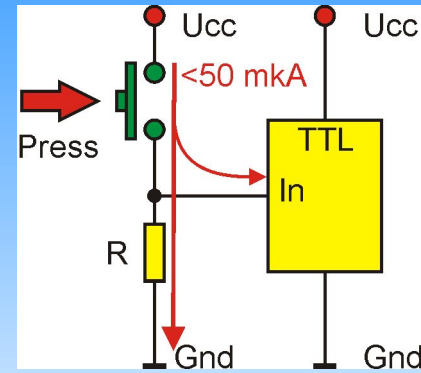


Noise Margin

Подключение кнопок

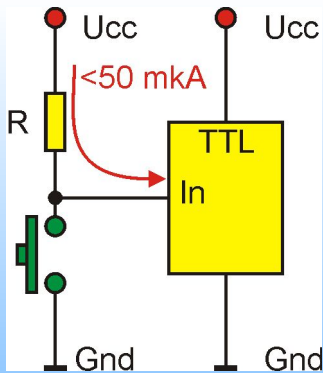


$$R < \frac{0,4}{1,6E - 3} = 240 \text{ Ohm}$$

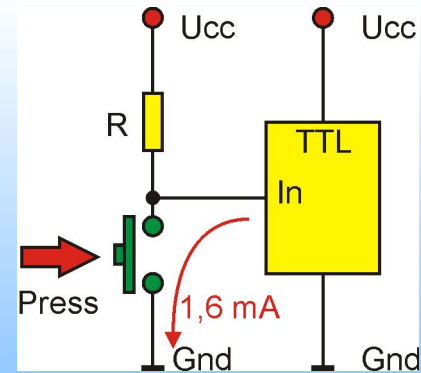


Плохой вариант

$$I_{sum} = 50 \text{ mkA} + \frac{5}{240} = 20 \text{ mA}$$



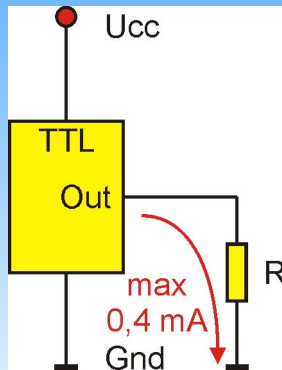
$$R < \frac{5 - 2,4}{50E - 6} = 51 \text{ kOhm}$$



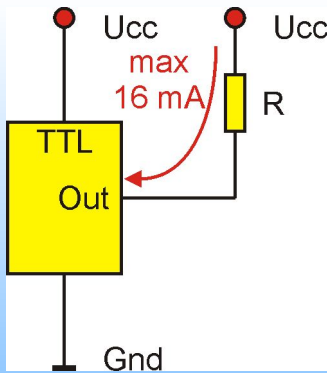
Хороший вариант

$$I_{sum} = 1,6 \text{ mA} + \frac{5}{51 \text{ kOhm}} = 1,7 \text{ mA}$$

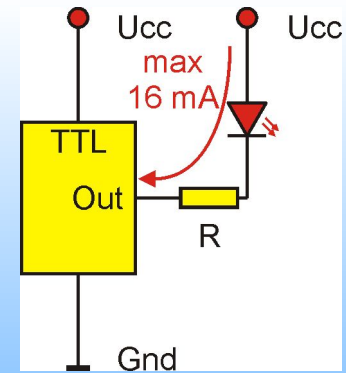
Подключение нагрузки



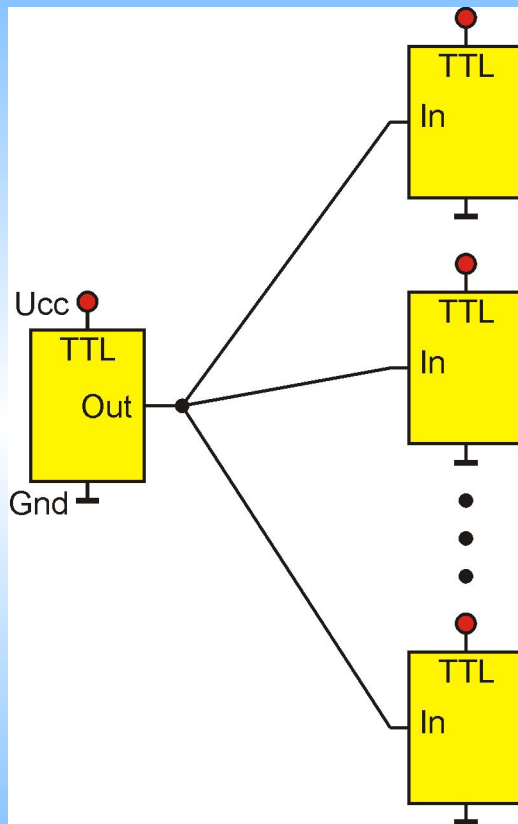
Плохой вариант



Хороший вариант



Коэффициент разветвления

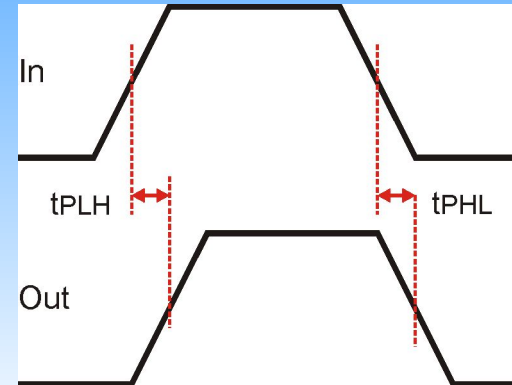
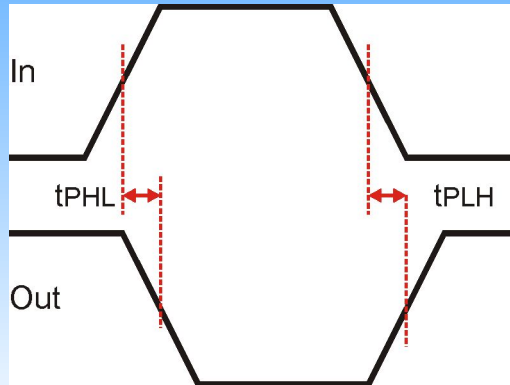


ТТЛ токи	
I_{in0}	-1,6 mA
I_{in1}	<50 mA
$I_{out0} \max$	16 mA
$I_{out1} \max$	-0,4 mA

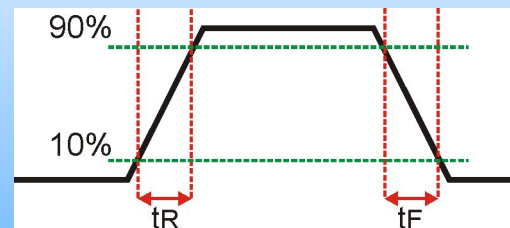
$$K = \frac{16 \text{ mA}}{1,6 \text{ mA}} = 10$$

Динамические характеристики TTL

Задержка распространения.
Propagation delays

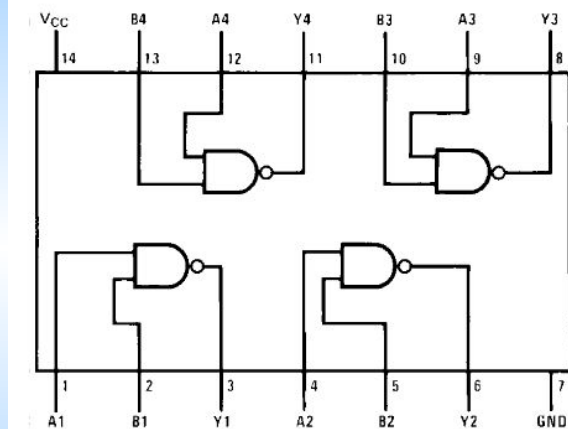


Время нарастания и спада.
Rise and Fall Times



SN7400 Quad 2-Input NAND Gates

Connection Diagram



Function Table

$$Y = \overline{AB}$$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level



Switching Characteristics

at $V_{CC} = 5V$ and $T_A = 25^\circ C$

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Units
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	$C_L = 15 \text{ pF}$ $R_L = 400\Omega$		22	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output			15	ns

Динамические характеристики TTL

15 нс это много или мало?

Скорость электромагнитных волн в вакууме $\approx 3E8$ м/с

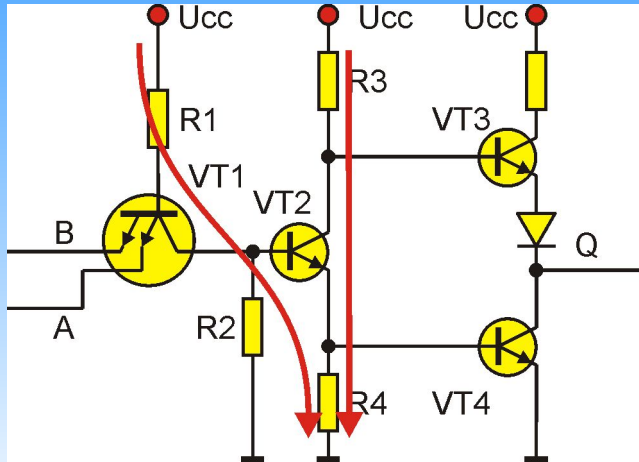
За 15 нс свет в вакууме пролетит на 4,5 м.

В проводниках, окруженных диэлектриком эта величина будет примерно в 1,5 раз меньше.

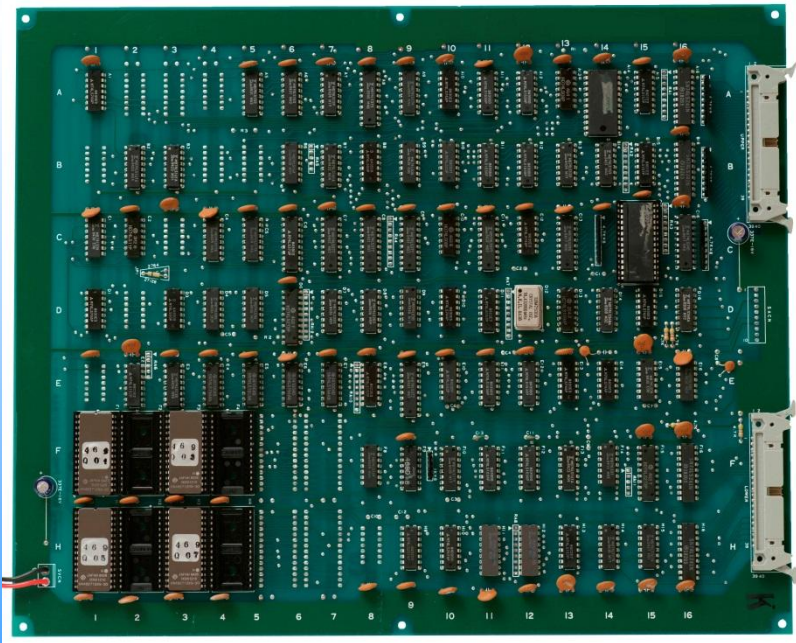
$$L \approx 3\text{м}$$

Максимальная частота переключения ≈ 25 МГц

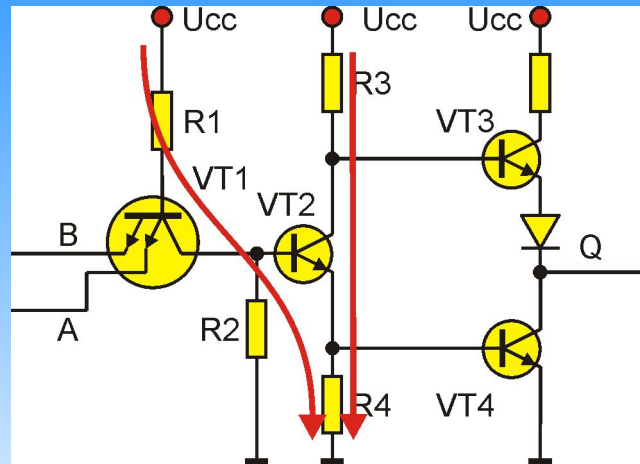
Энергопотребление



$$I_{sum} \approx 2mA$$



$$I_{sum} > 10A$$



Эффективность

Энергопотребление

Увеличить все резисторы и
снизить токи.

Серия
74Lxxx

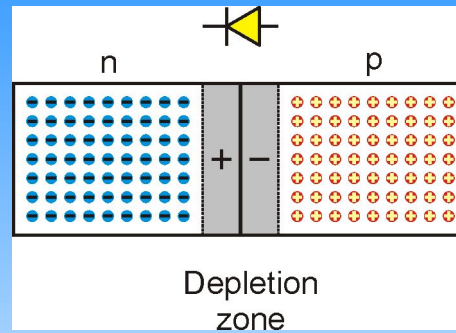
Производительность

Уменьшить все резисторы и
увеличить быстродействие.

Серия
74Hxxx

Диод Шоттки

Обычный pn переход

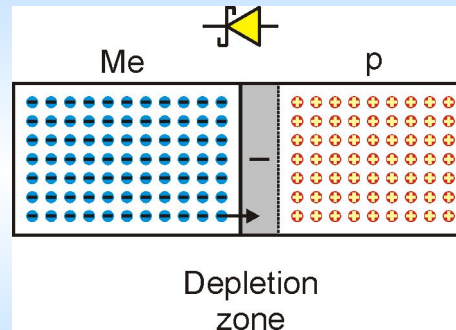


Schottky

Переход металл-полупроводник

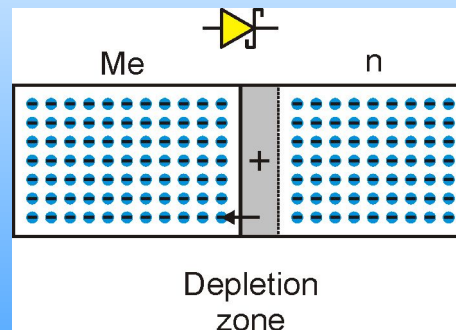
Работа выхода

$$A_{me} < A_s$$



Электронам легче перейти из металла в полупроводник

$$A_s < A_{me}$$

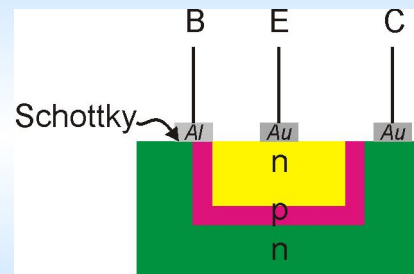
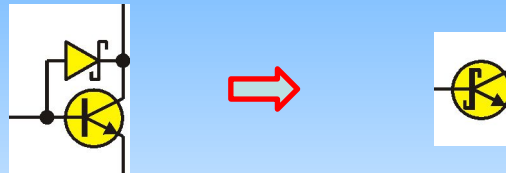


Электронам легче перейти из полупроводника в металл

Диод Шоттки. Преимущества.

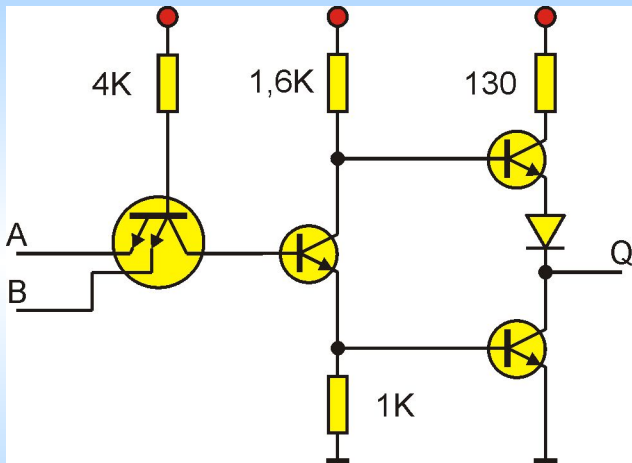
- Меньше прямое падение напряжения
 $0,6 \rightarrow 0,4 \text{ В}$
- Выше скорость выключения

Транзистор Шоттки.

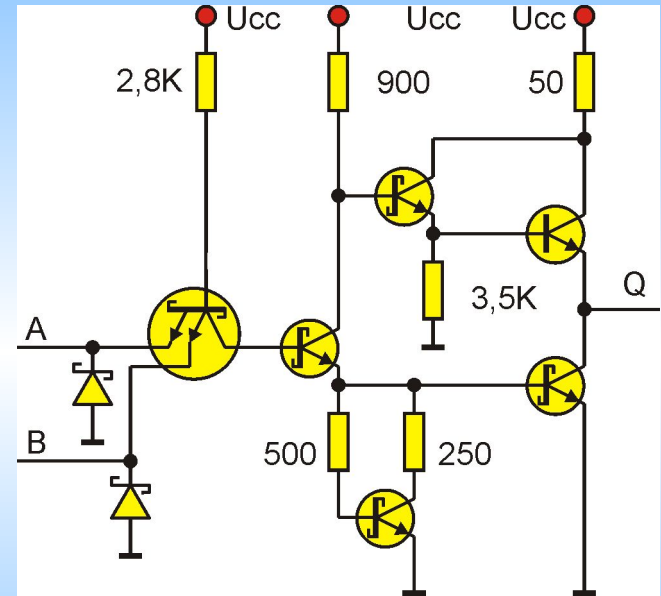


ТТЛ с транзисторами Шоттки.

7400

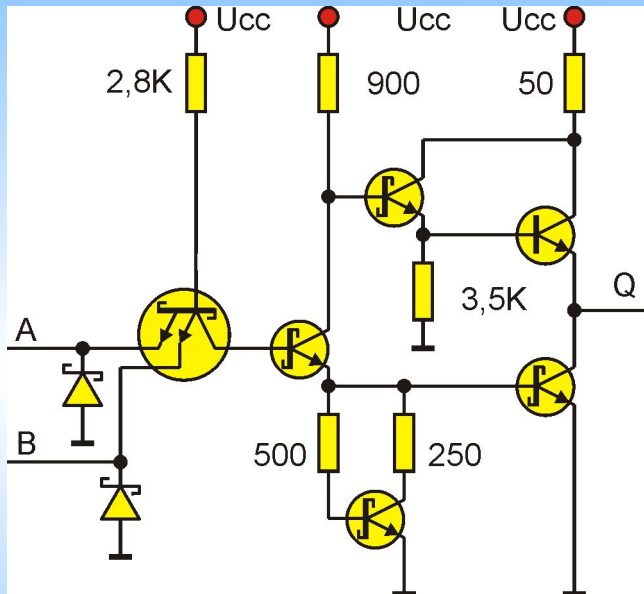


74S00

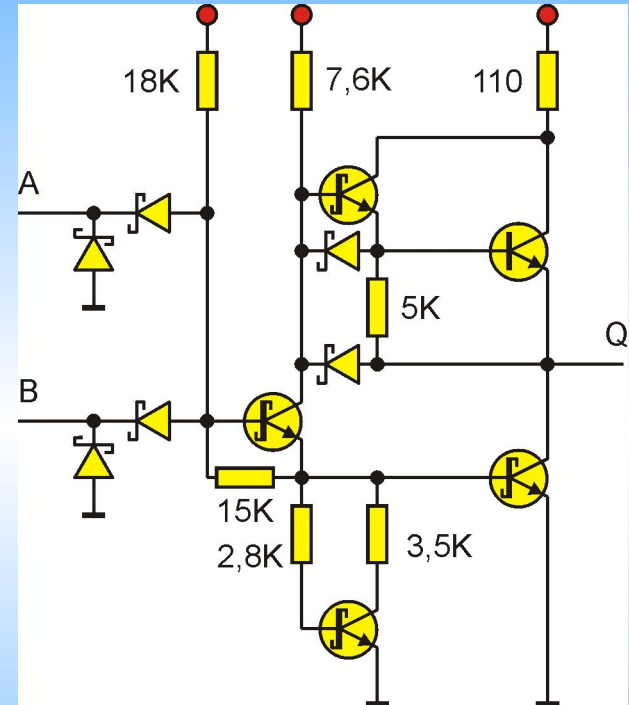


ТТЛ с транзисторами Шоттки.

74S00

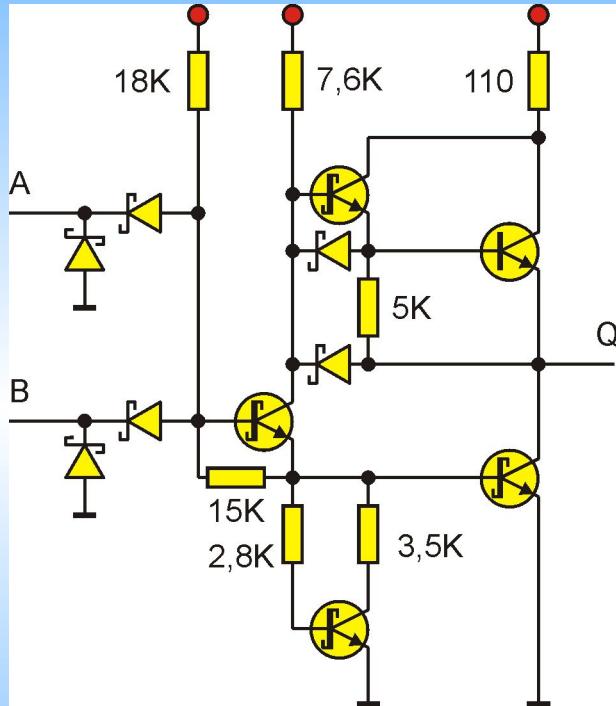


74LS00

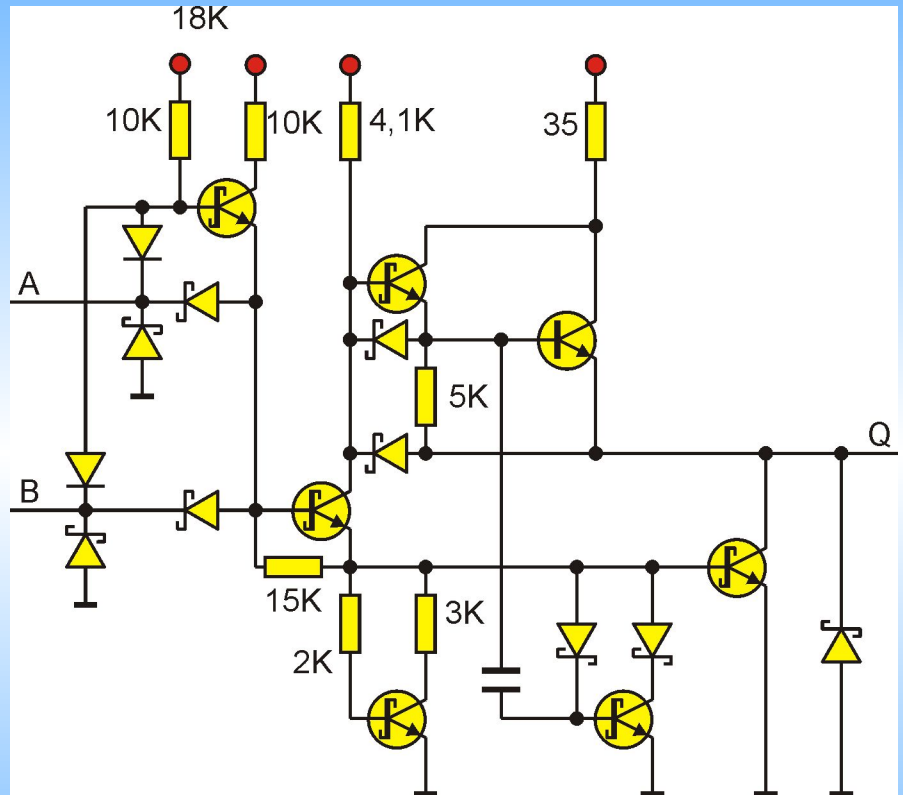


ТТЛ с транзисторами Шоттки.

74LS00



74F00

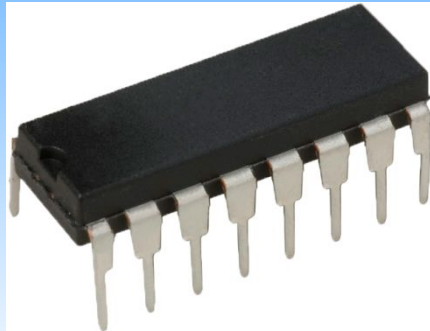


Семейство TTL

Название	Тип	Задержка [нс]	Потребление [мВт]	Энергия переключения [пДж]	Аналог
Standard	74xxx	9	10	90	155
Low power	74Lxxx	33	1	33	134
High speed	74Hxxx	6	22	132	131
Schottky	74Sxxx	3	20	60	531
Low-power Schottky	74LSxxx	9	2	18	555
Advanced Schottky	74ASxxx	1,5	20	30	
Advanced Low-power Schottky	74ALSxxx	4	1	4	1533
Fast	74Fxxx	3	4	12	1531

Корпуса и цоколевка

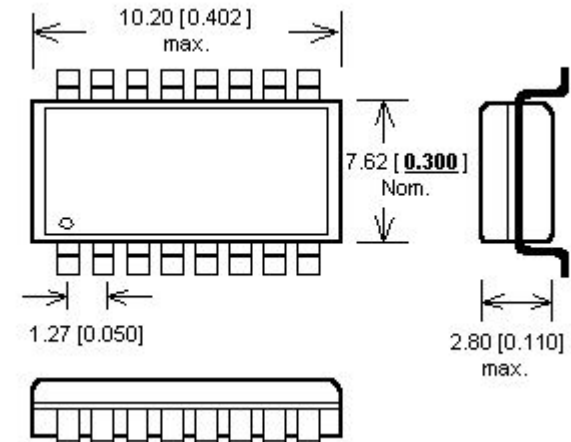
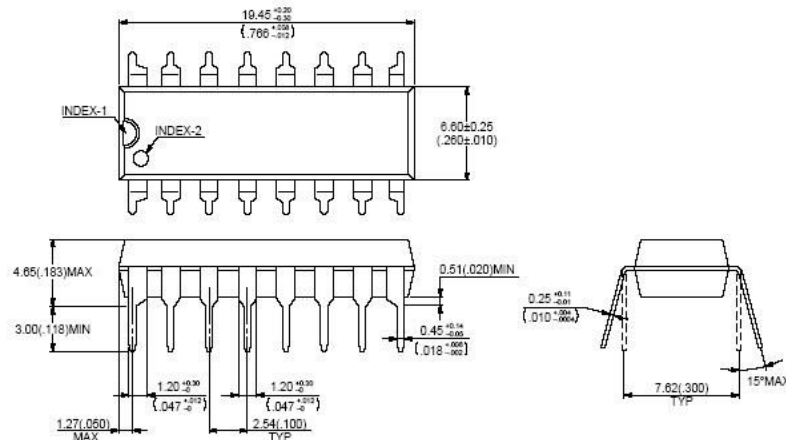
DIP (DIL)
Dual In-line Package



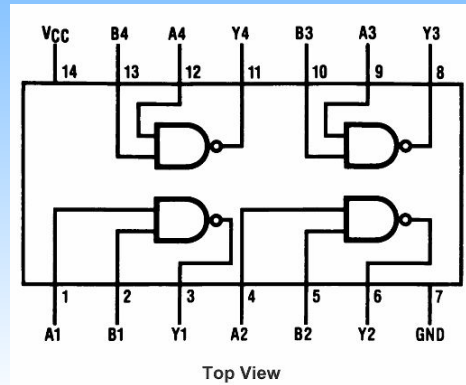
SOIC
Small-Outline Integrated Circuit



16-pin plastic DIP
(DIP-16P-M03)



7400



DIP = SOIC

74xxx = 74yyxxx