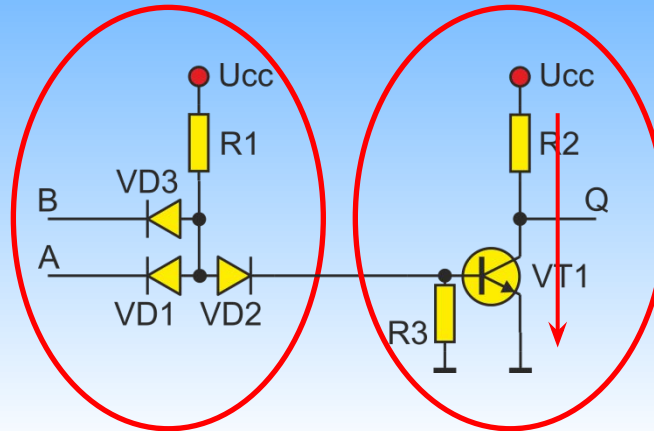


# Транзисторно-транзисторная логика

## TTL

## 2И-НЕ

Входная логика



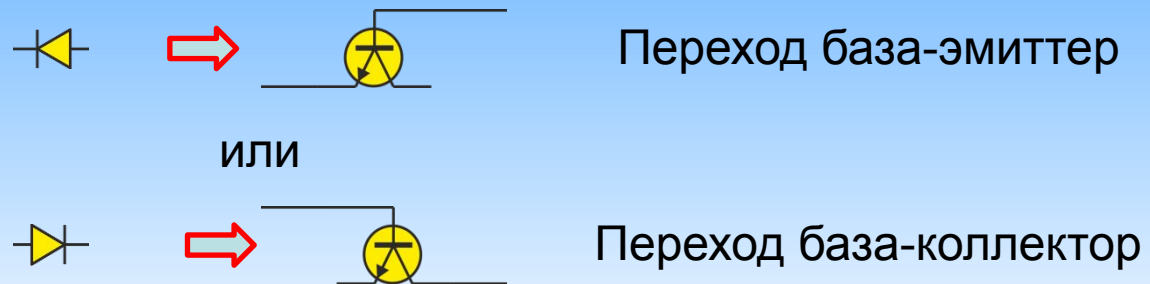
Выходной каскад

## Недостатки

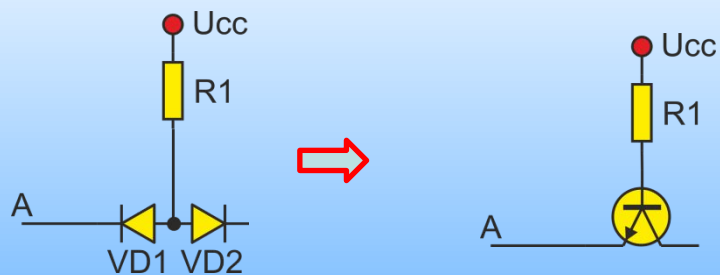
- Использование разнородных полупроводниковых приборов
- Сквозной ток при  $Q=0$
- Малое быстродействие выходного каскада

# Входная логика

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

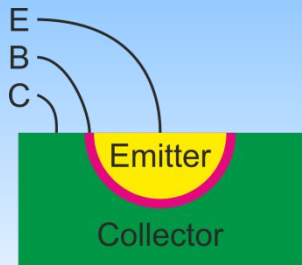


Два диода можно заменить одним транзистором

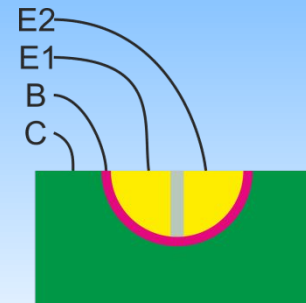


# Входная логика. Многоэмиттерный транзистор

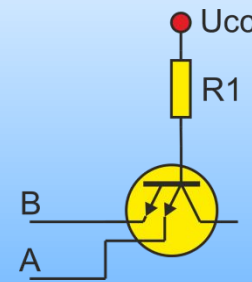
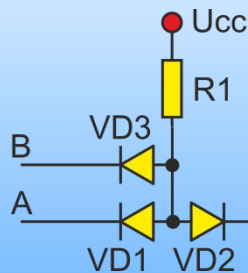
Обычный биполярный транзистор



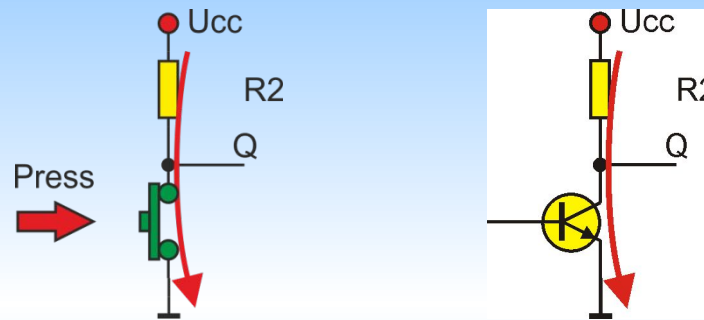
Многоэмиттерный биполярный транзистор



Весь входной каскад можно заменить одним транзистором



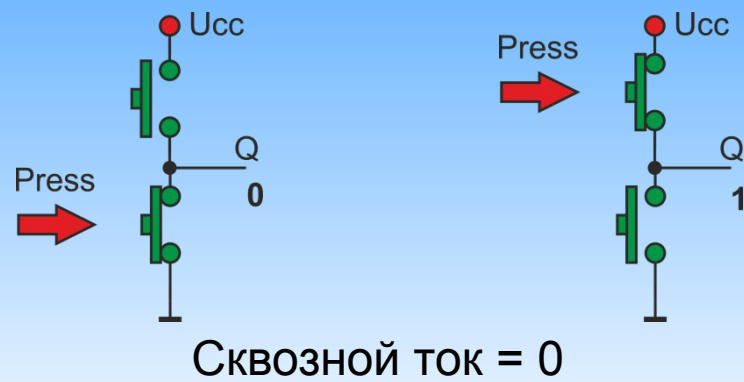
## Обычный ключ



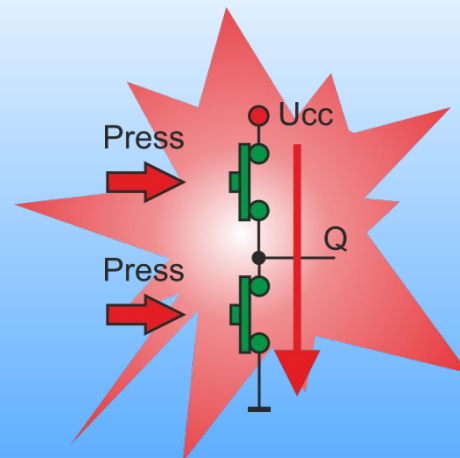
Сквозной ток при замыкании ключа неизбежен.

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

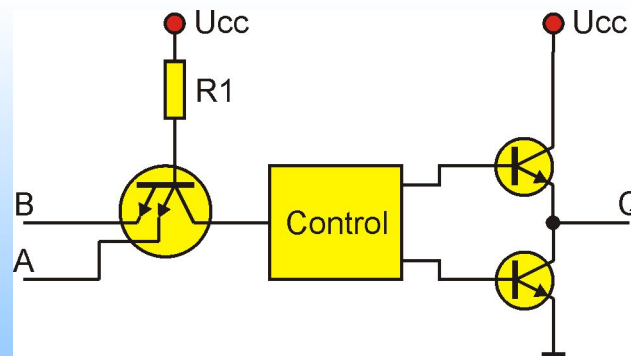
# Выходной каскад



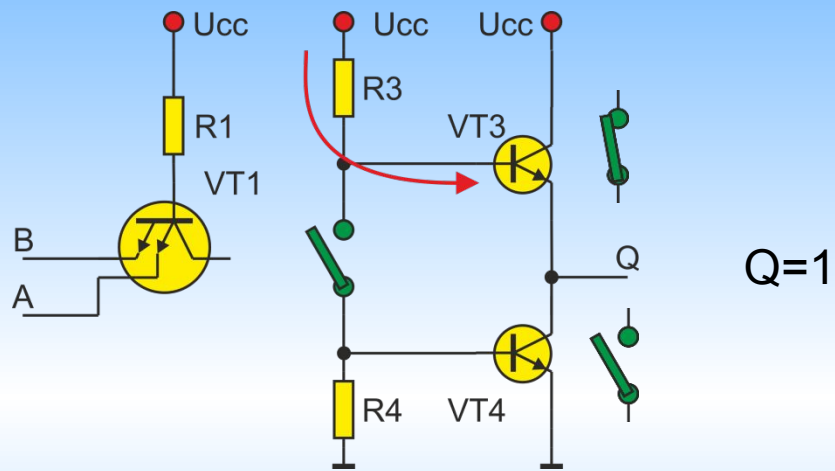
## Запрещенная операция



# Блок схема

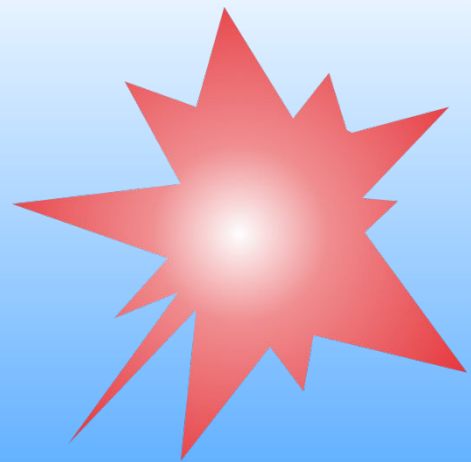
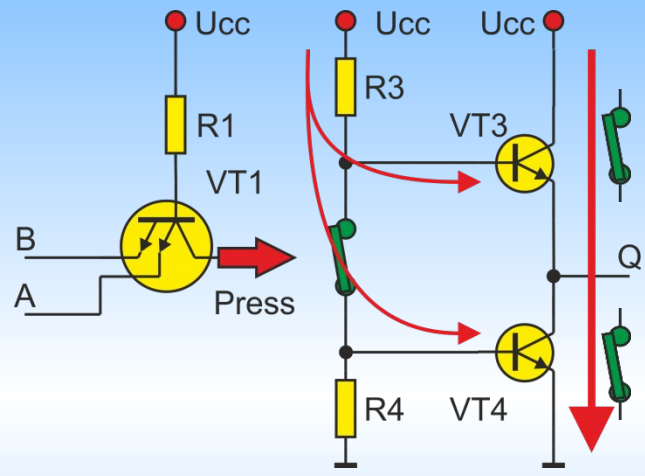


# Схема управления. Q=1

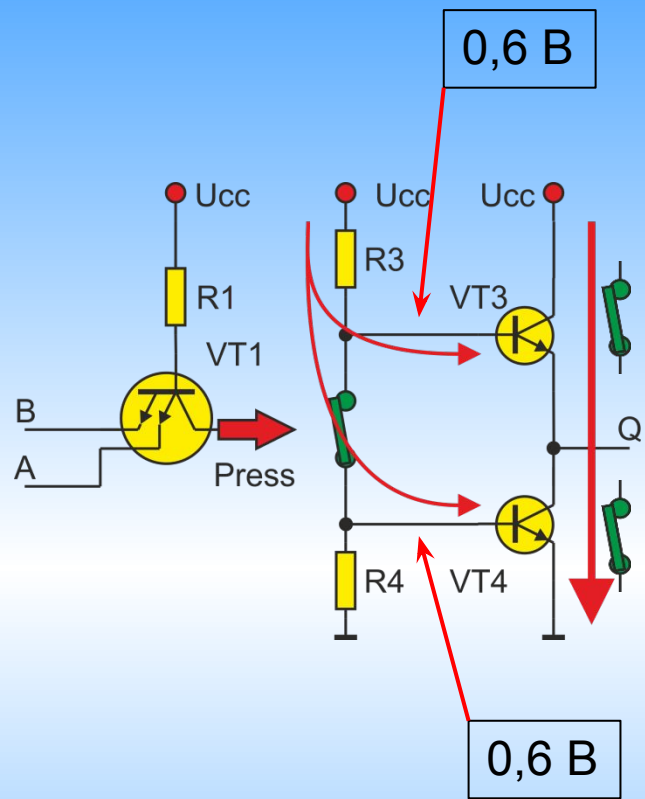




# Схема управления. Q=0

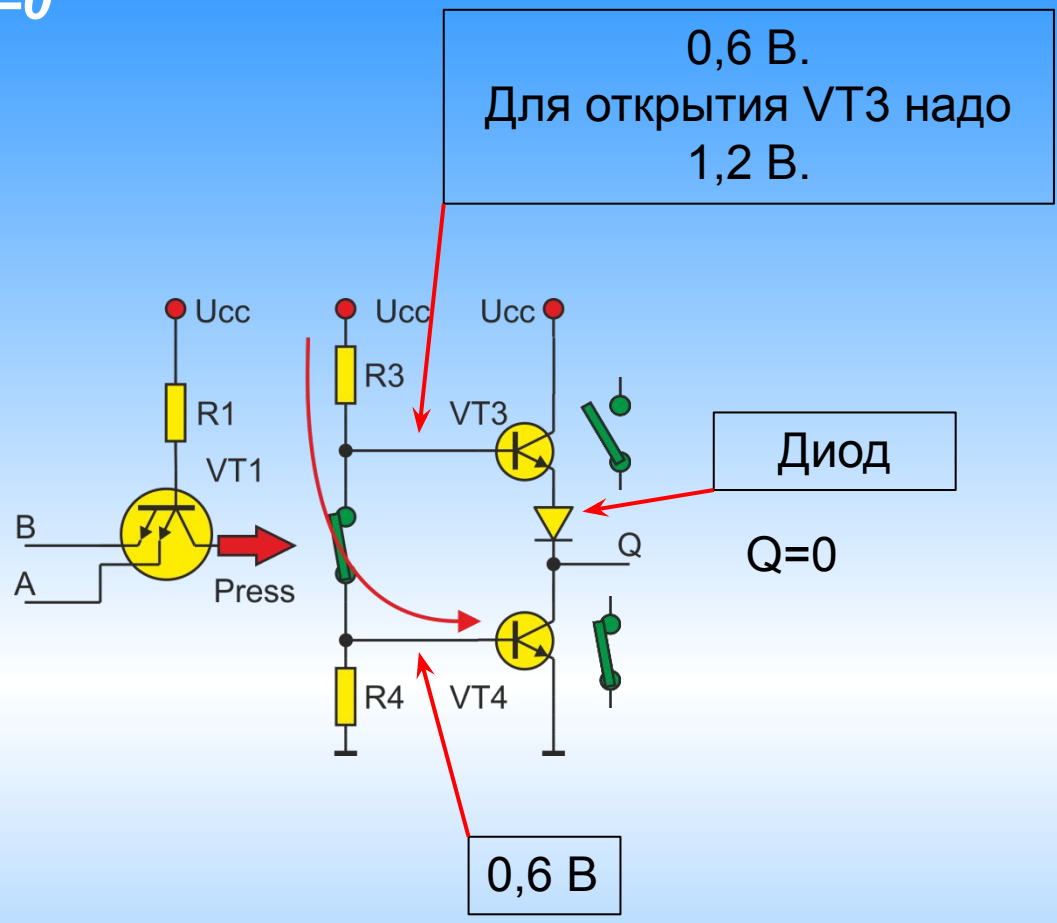


# Схема управления. Q=0

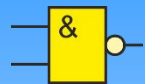


Надо, чтобы VT3 не открывался от 0,6 В

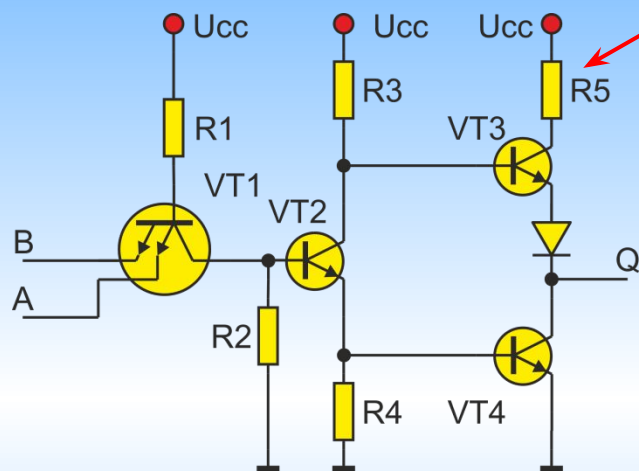
# Схема управления. Q=0



# 2NAND



Резистор R5 для ограничения сквозного тока в момент переключения выхода



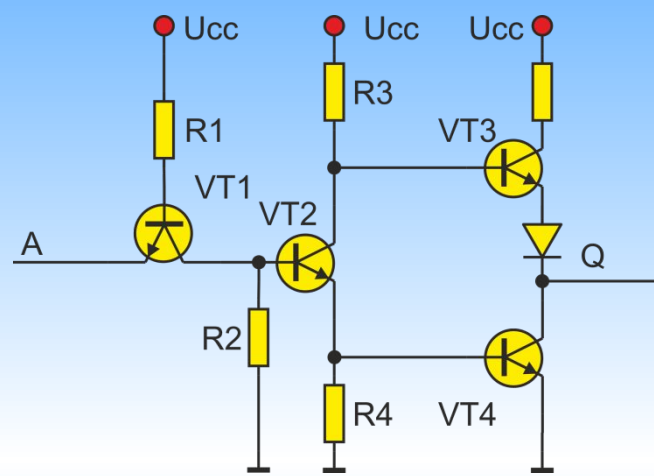
7400



SN7400

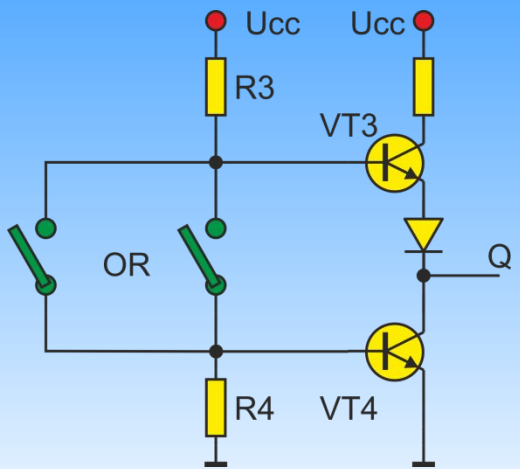
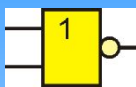
К155ЛА3

# NOT

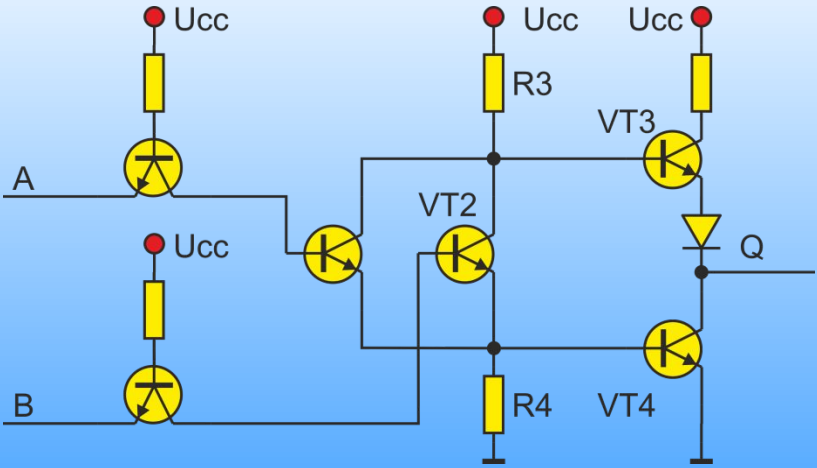


7404

# 2NOR



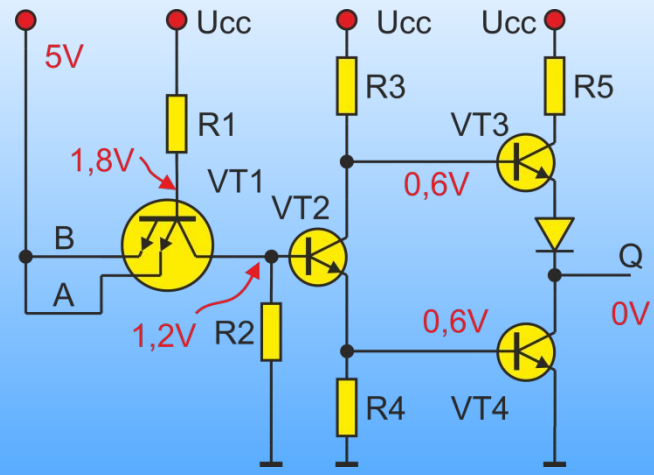
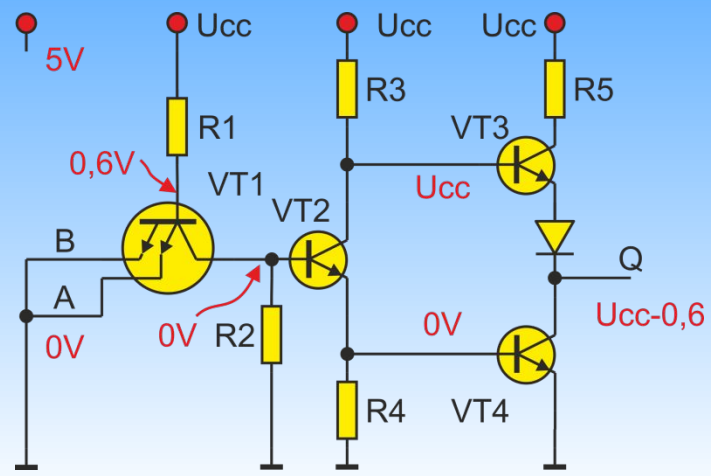
7402



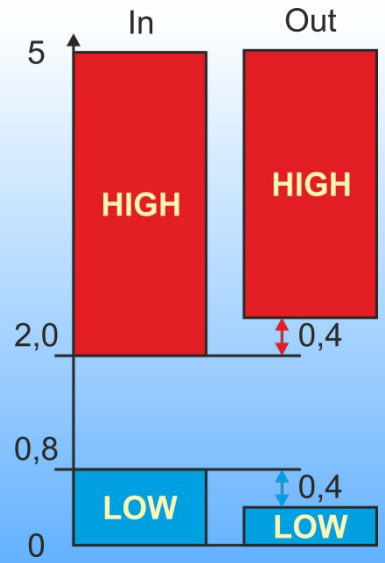
# Питание и логические уровни TTL

Ucc=4,75÷5,25 В

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

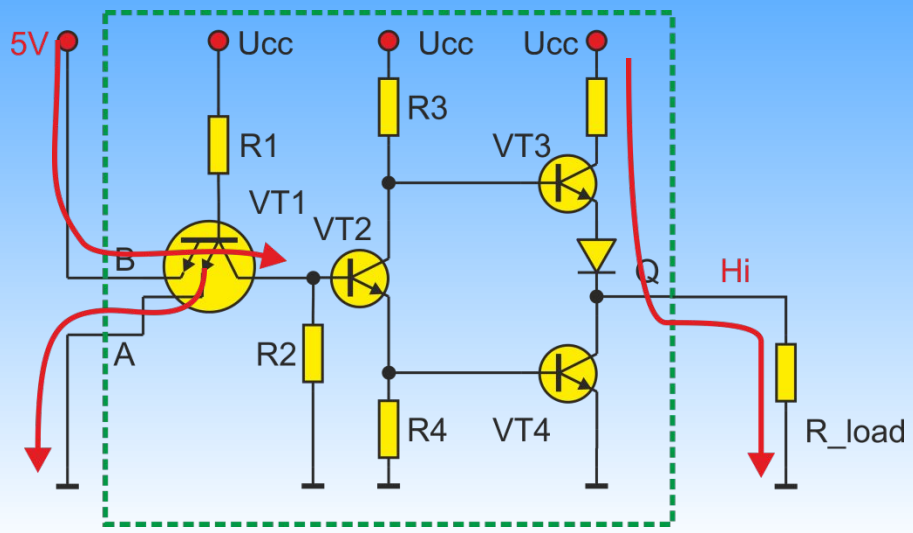


ТТЛ уровни	
$U_{in0}$	0÷0,8 В
$U_{in1}$	2,0÷5 В
$U_{out0}$	0÷0,4 В
$U_{out1}$	2,4÷5 В

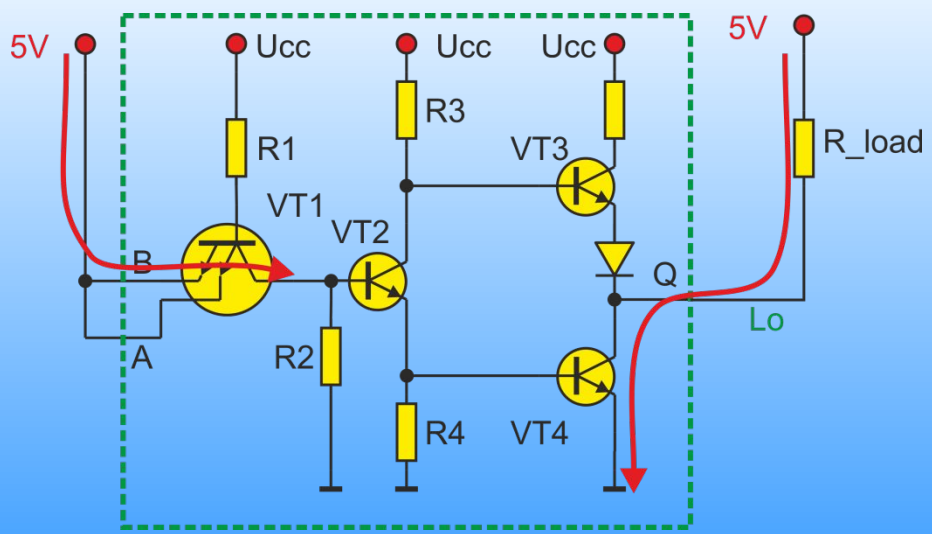


Noise Margin

# Токи TTL

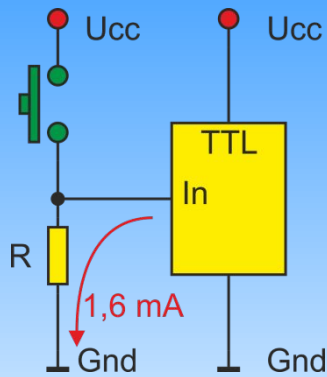


ТТЛ ТОКИ	
$I_{in0}$	-1,6 mA
$I_{in1}$	<50 mA
$I_{out0 max}$	16 mA
$I_{out1 max}$	-0,4 mA

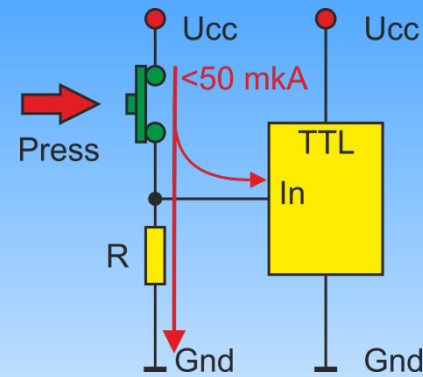




# Подключение кнопок

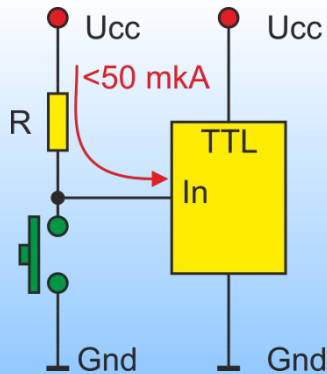


$$R < \frac{0,4}{1,6E - 3} = 240 \text{ Ohm}$$

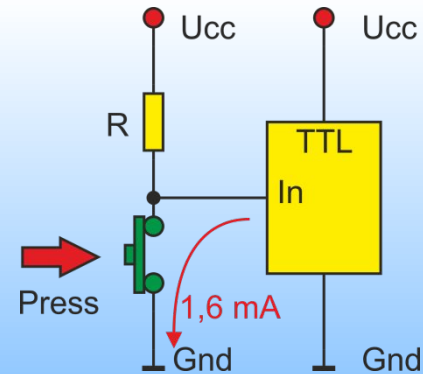


Плохой вариант

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



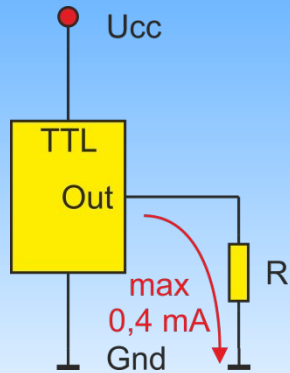
$$R < \frac{5 - 2,4}{50E - 6} = 51 \text{ kOhm}$$



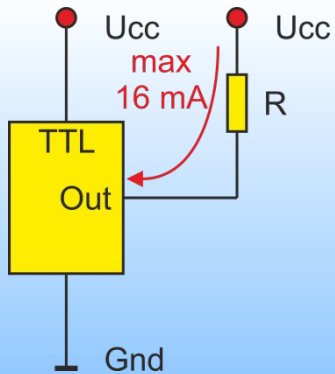
Хороший вариант

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

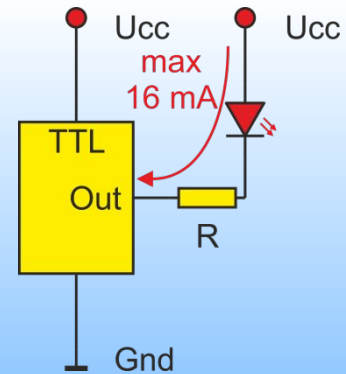
# Подключение нагрузки



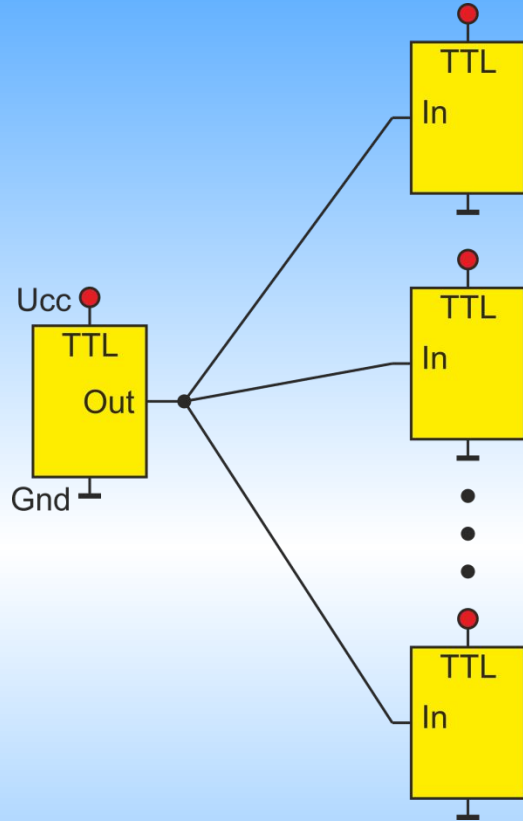
Плохой вариант



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

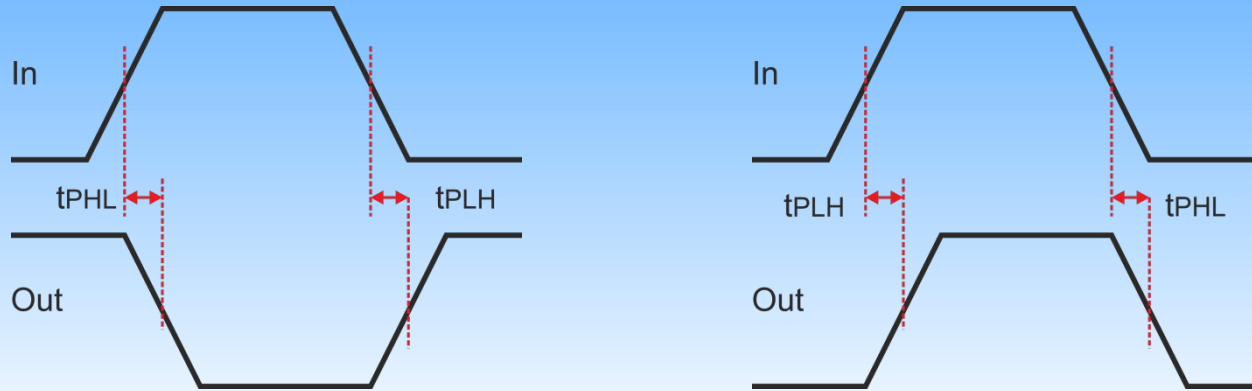
$$K = \frac{16 \text{ mA}}{1,6 \text{ mA}} = 10$$

А миллион можно?

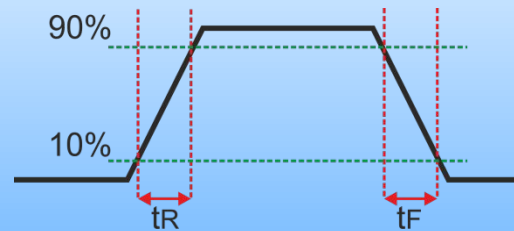
# Динамические характеристики TTL

$\tau_{01}, \tau_{10}$

Задержка распространения.  
Propagation delays

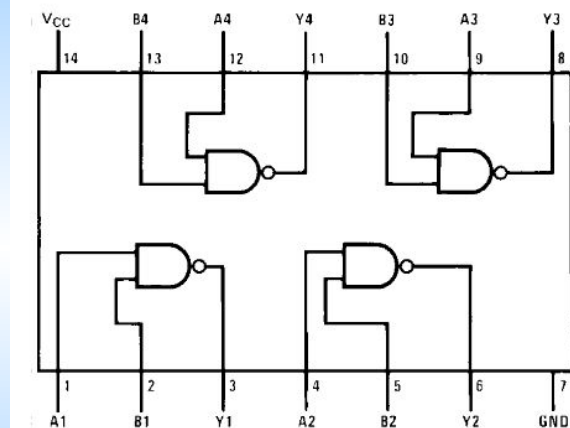


Время нарастания и спада.  
Rise and Fall Times



## 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

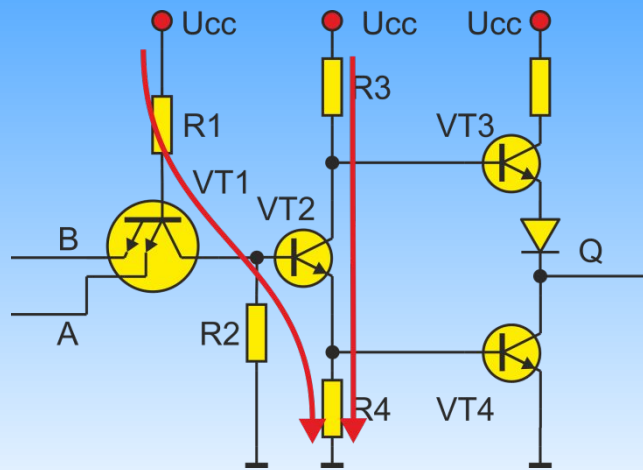
За 15 нс свет в вакууме пролетит на 4,5 м.

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

$$L \approx 3\text{м}$$

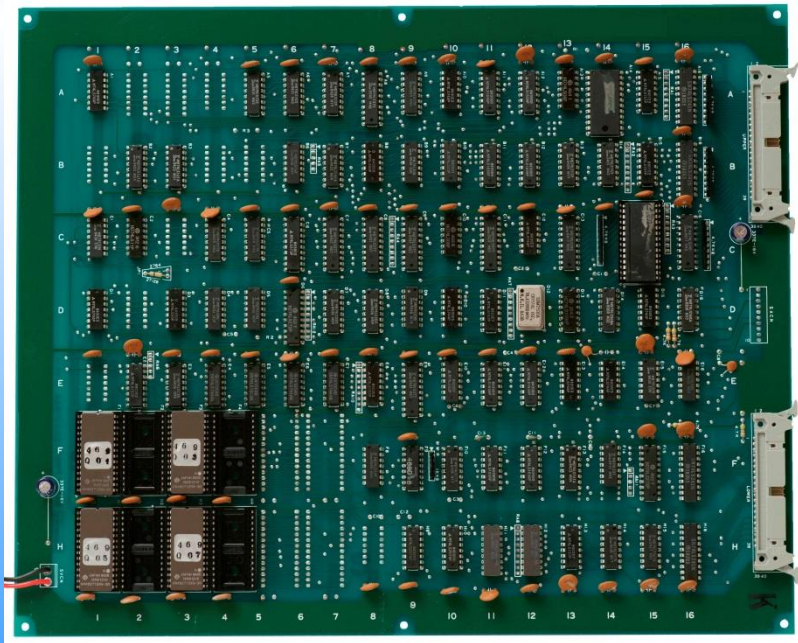
Максимальная частота переключения  $\approx 25$  МГц

# Энергопотребление



Токи управления

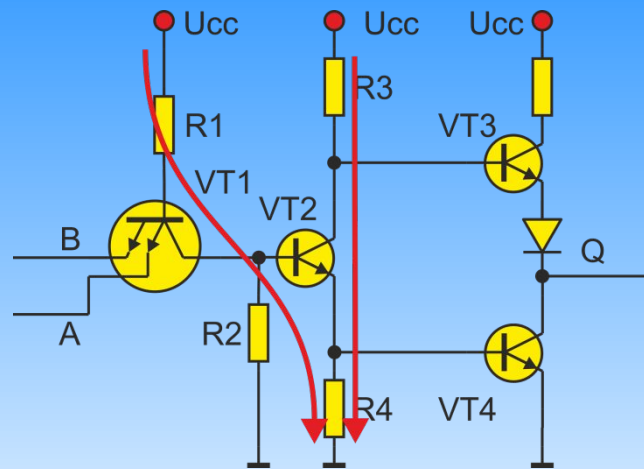
$$I_{sum} \approx 2mA$$



$$I_{sum} > 10 A$$

$$P > 50 Wt$$





## Эффективность

### Энергопотребление

Увеличить все резисторы и  
снизить токи.

Серия  
74Lxxx

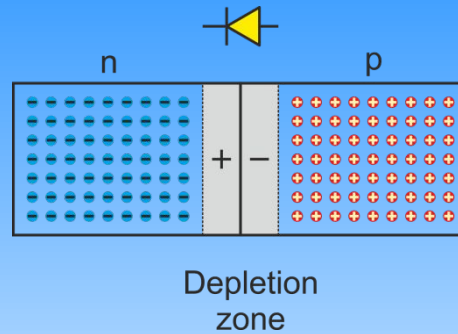
### Производительность

Уменьшить все резисторы и  
увеличить быстродействие.

Серия  
74Hxxx



# Диод Шоттки



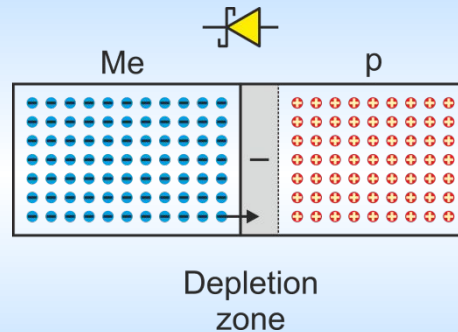
Обычный pn переход

Schottky

Переход металл-полупроводник

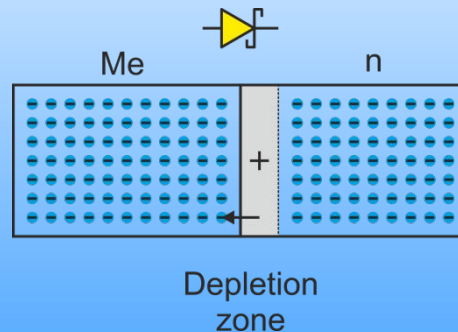
Работа выхода

$$A_{me} < A_s$$



Электронам легче перейти из металла в полупроводник

$$A_s < A_{me}$$

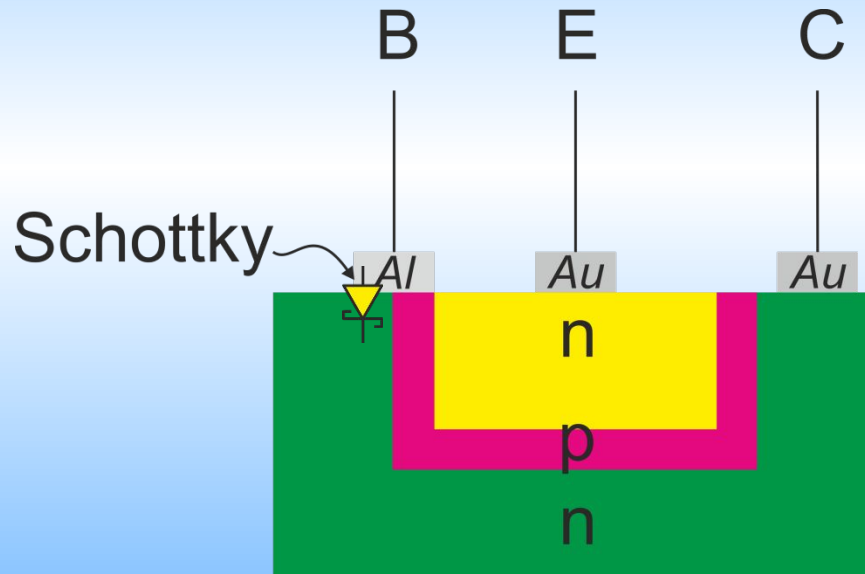
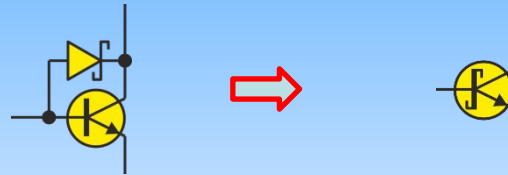


Электронам легче перейти из полупроводника в металл

## Диод Шоттки. Преимущества.

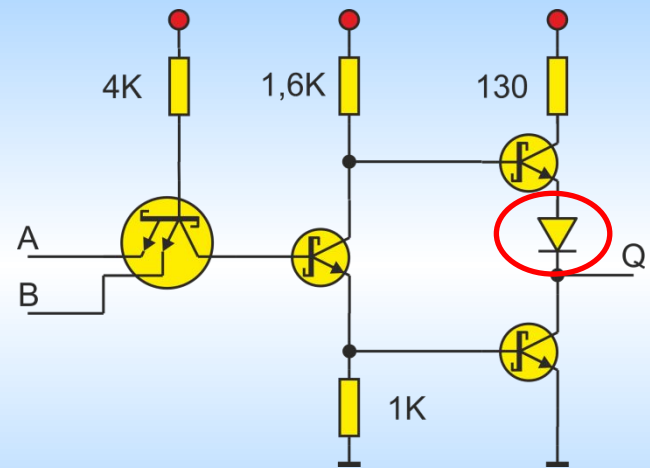
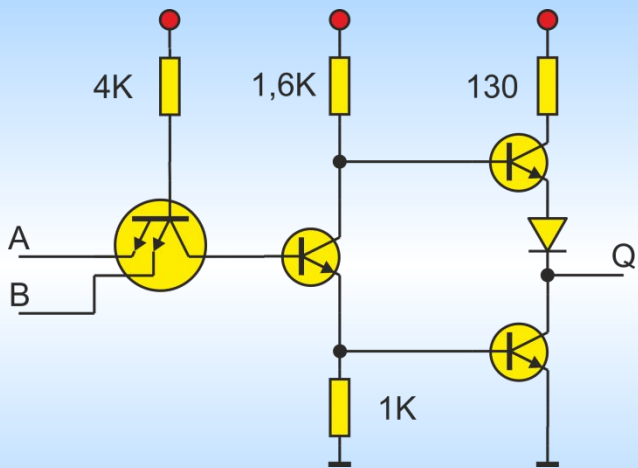
- Меньше прямое падение напряжения  
0,6 → 0,4 В
- Выше скорость выключения

# Транзистор Шоттки.



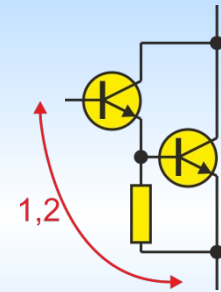
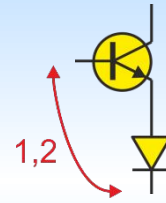
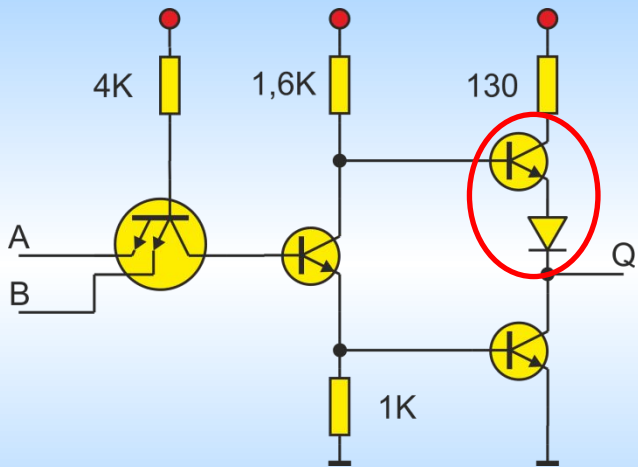
# ТТЛ с транзисторами Шоттки.

7400



# Схема Дарлингтона.

Darlington pair

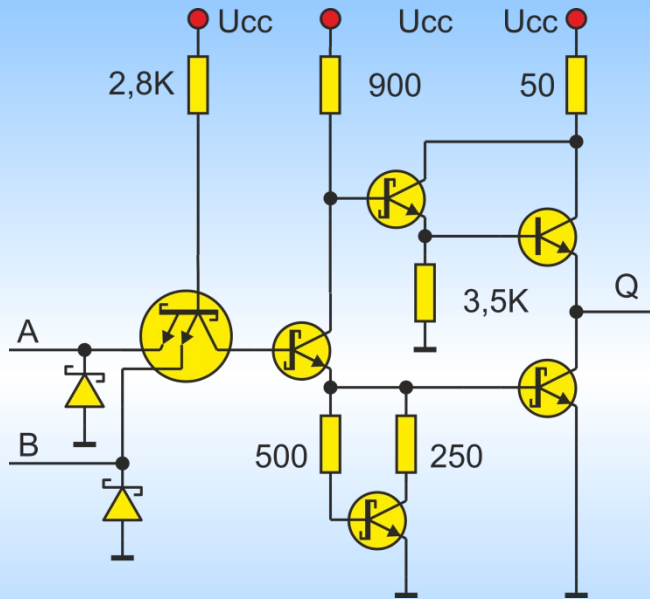


$$\beta = \beta_1 \times \beta_2$$

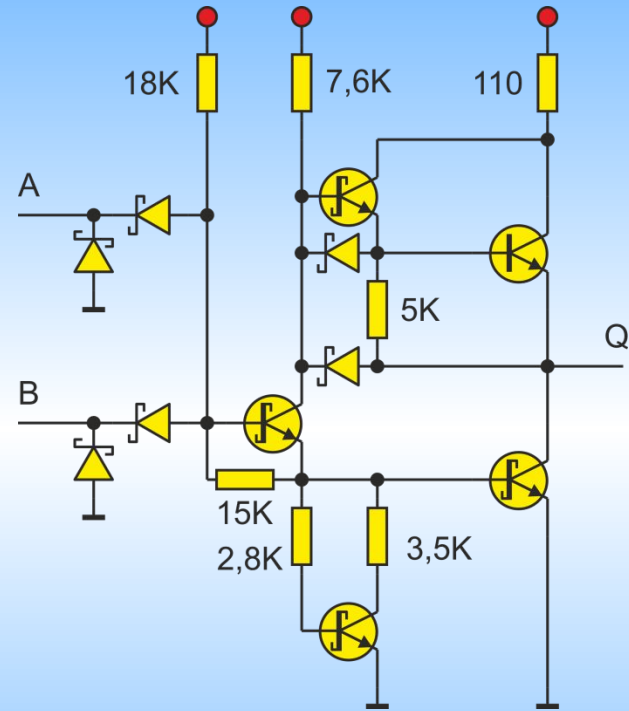


# ТТЛ с транзисторами Шоттки.

74S00

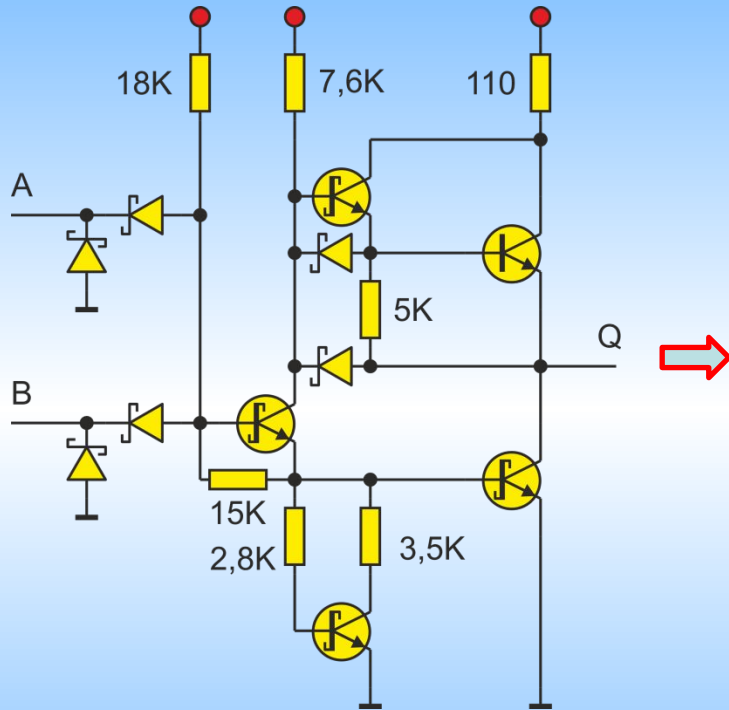


74LS00

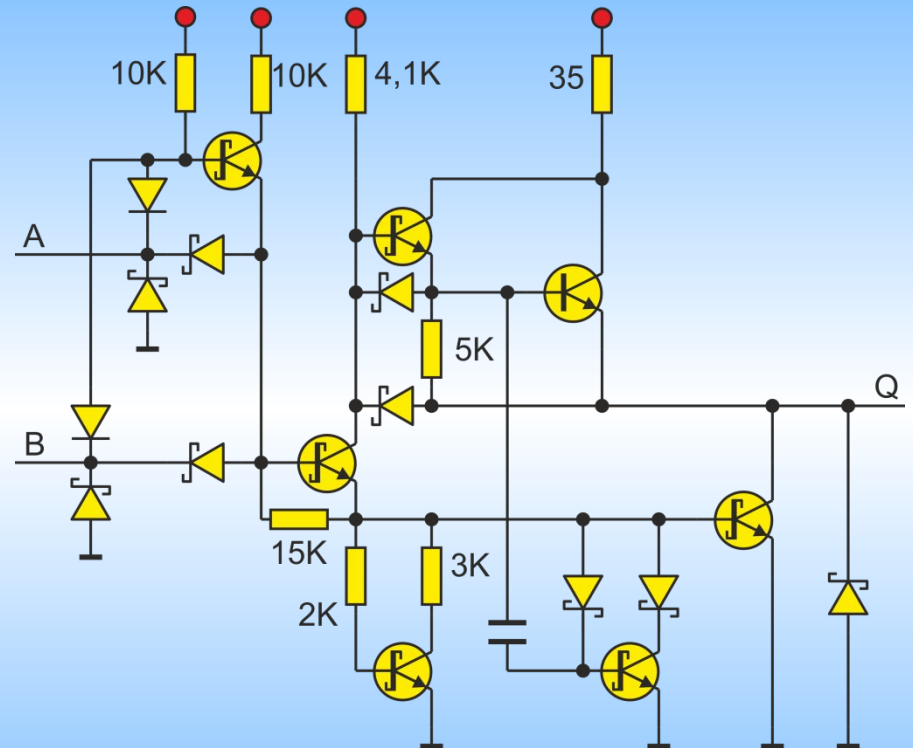


# ТТЛ с транзисторами Шоттки.

74LS00



74F00



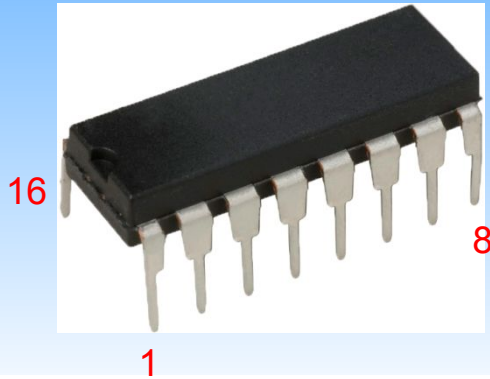


# Семейство TTL

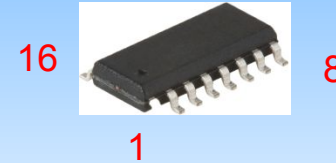
Название	Тип	Задержка [нс]	Потребление [мВт]	Энергия переключения [ пДж]	Аналог
Standard	74xxx	9	10	90	155
Low power	74Lxxx	33	1	33	134
High speed	74Hxxx	6	22	<b>132</b>	131
Schottky	74Sxxx	3	20	60	531
Low-power Schottky	74LSxxx	9	2	18	555
Advanced Schottky	74ASxxx	1,5	20	30	
Advanced Low-power Schottky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

# Корпуса и цоколевка

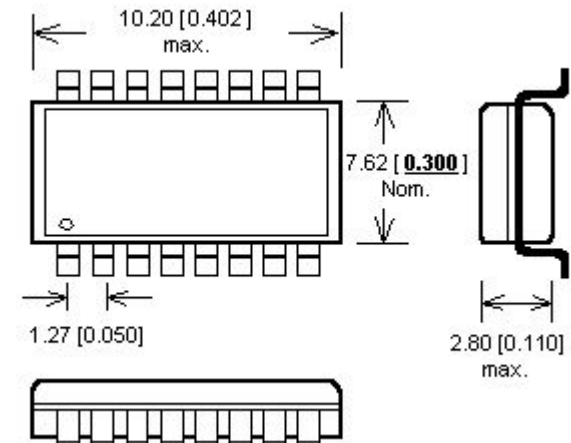
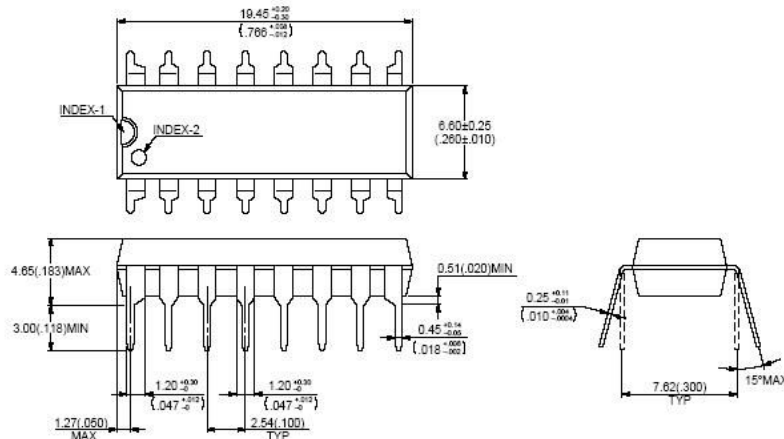
## DIP (DIL) Dual In-line Package



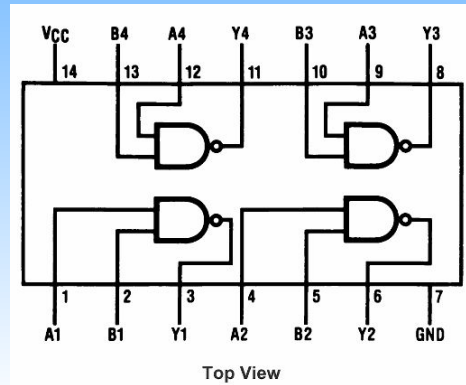
## SOIC Small-Outline Integrated Circuit



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



7400



DIP = SOIC

74xxx = 74yyxxx