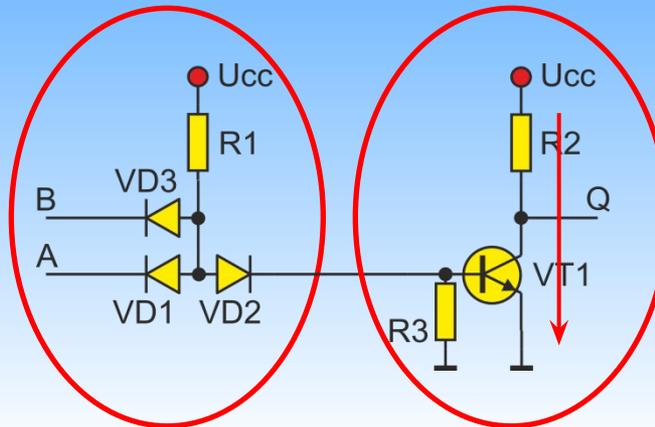


Транзисторно-транзисторная логика

TTL

2И-НЕ

Входная логика



Выходной каскад

Недостатки

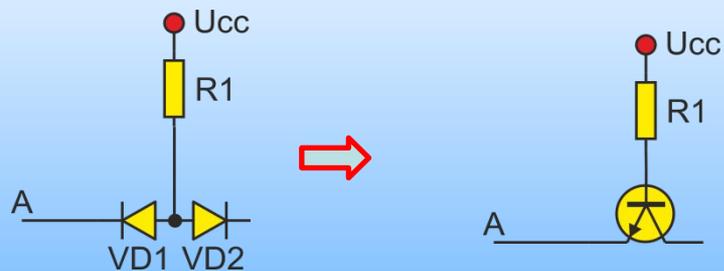
- Использование разнородных полупроводниковых приборов
- Сквозной ток при $Q=0$
- Малое быстродействие выходного каскада

Входная логика

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

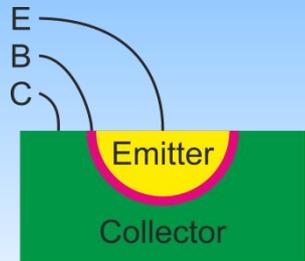


Два диода можно заменить одним транзистором

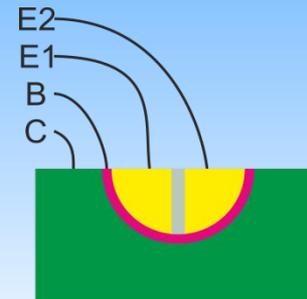


Входная логика. Многоэмиттерный транзистор

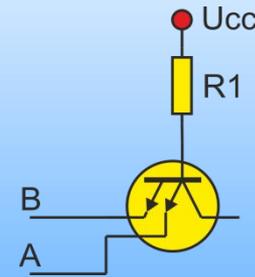
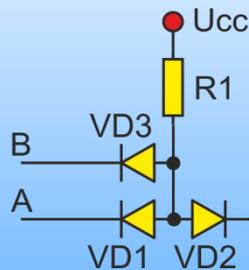
Обычный биполярный транзистор



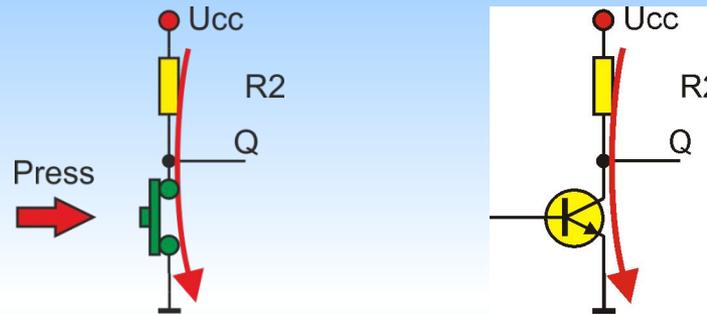
Многоэмиттерный биполярный транзистор



Весь входной каскад можно заменить одним транзистором



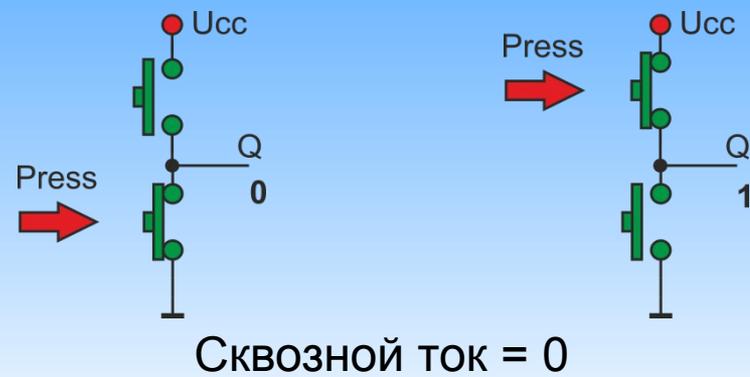
Обычный ключ



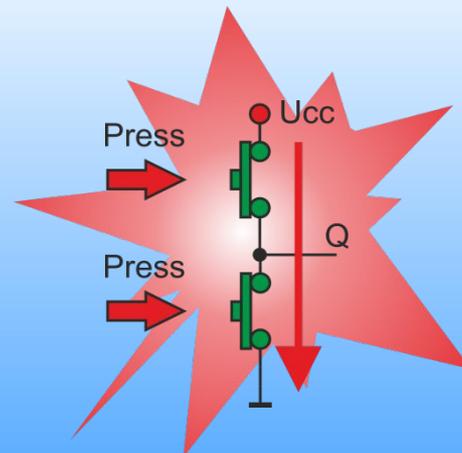
Сквозной ток при замыкании ключа неизбежен.

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

Выходной каскад



Запрещенная операция



Блок схема

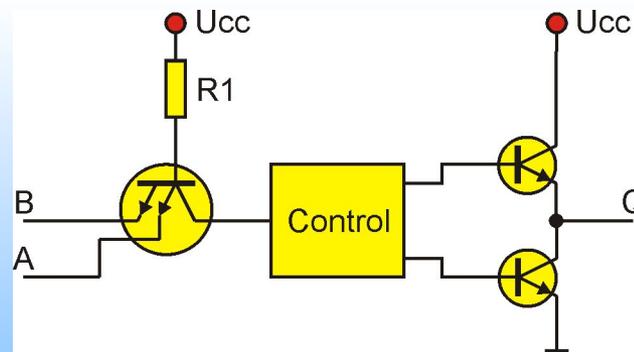
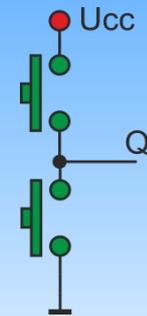


Схема управления. $Q=1$

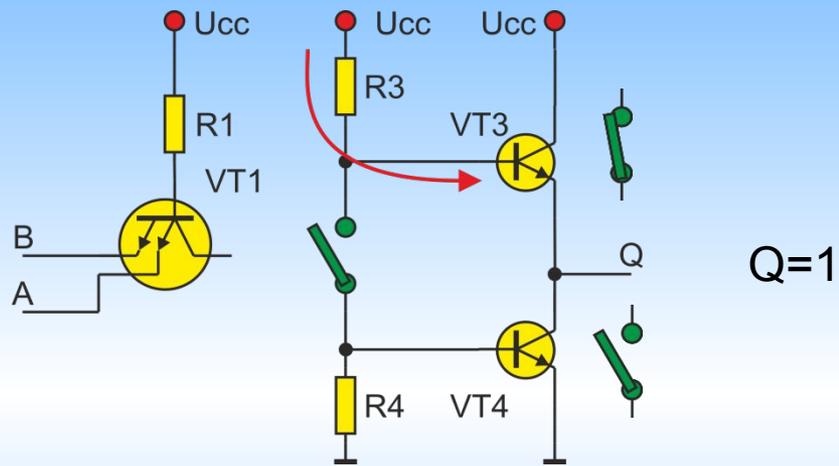


Схема управления. Q=0

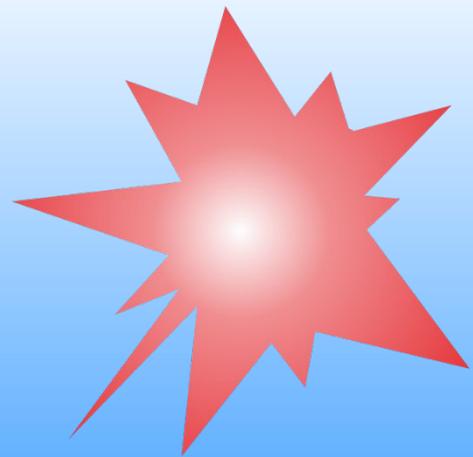
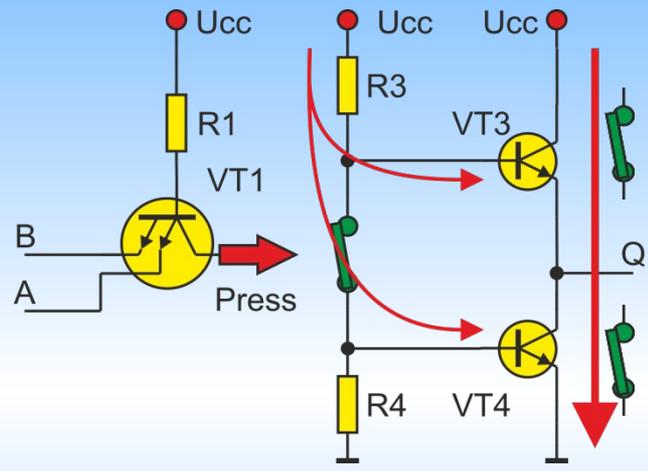
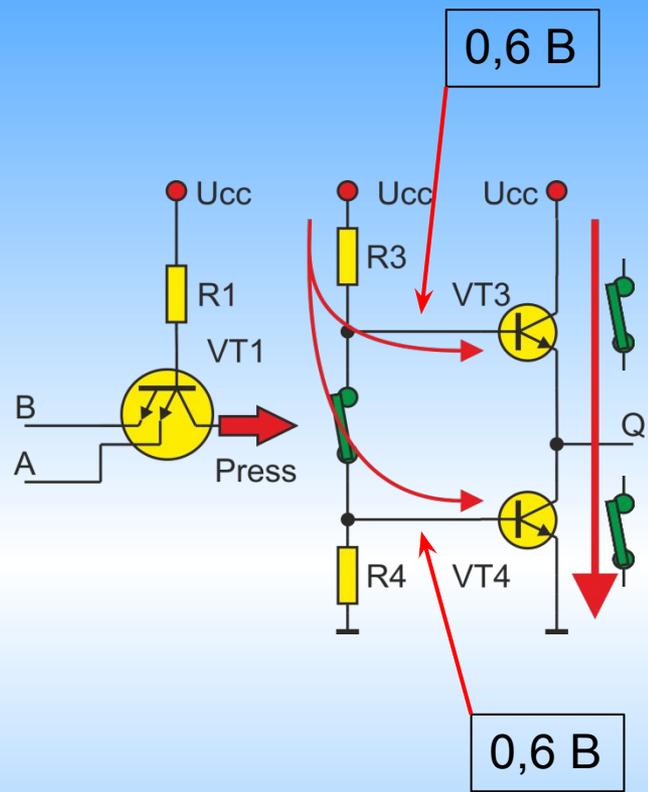
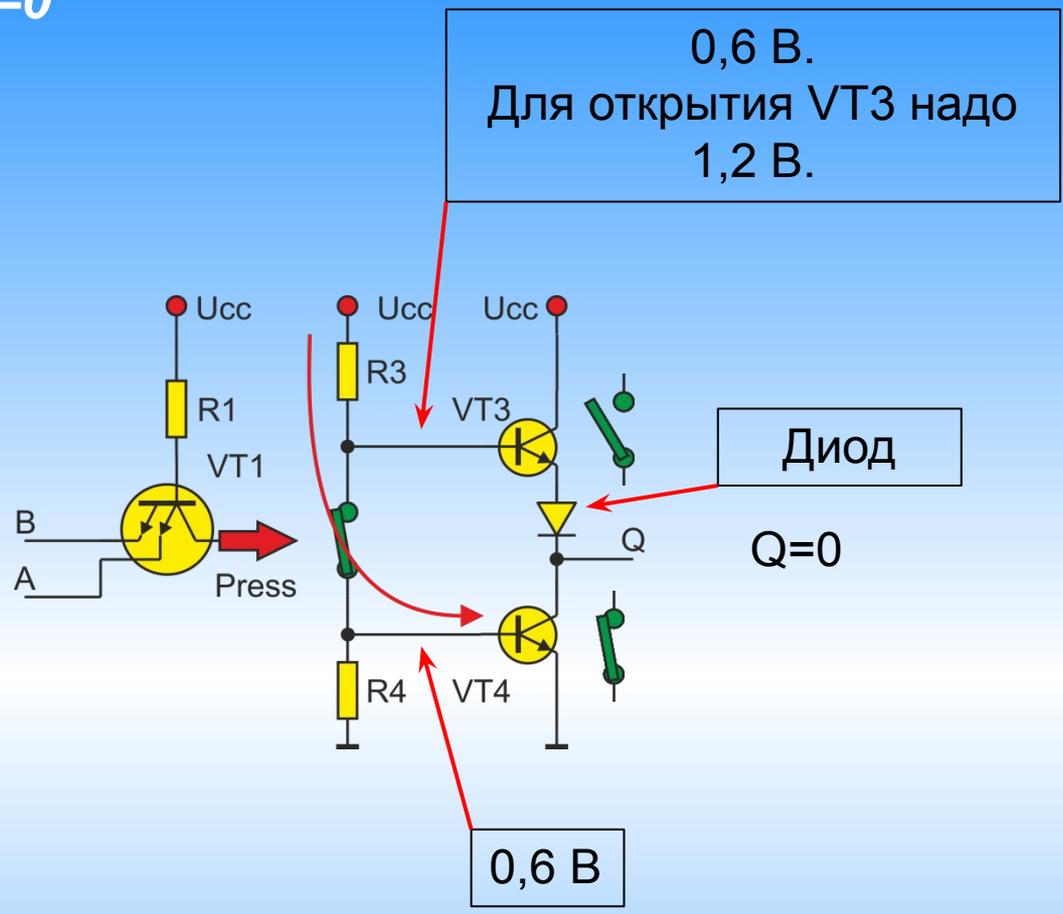


Схема управления. Q=0

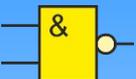


Надо, чтобы VT3 не открывался от 0,6 В

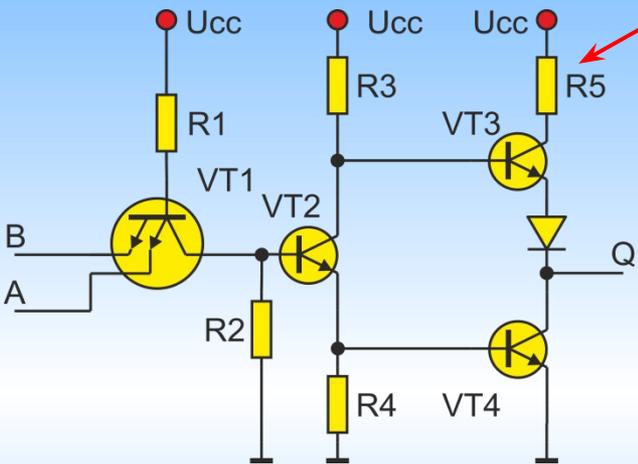
Схема управления. Q=0



2NAND



Резистор R5 для ограничения сквозного тока в момент переключения выхода



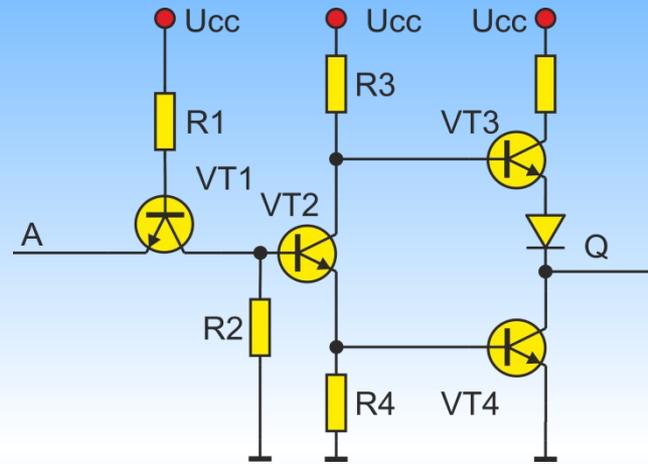
7400



SN7400

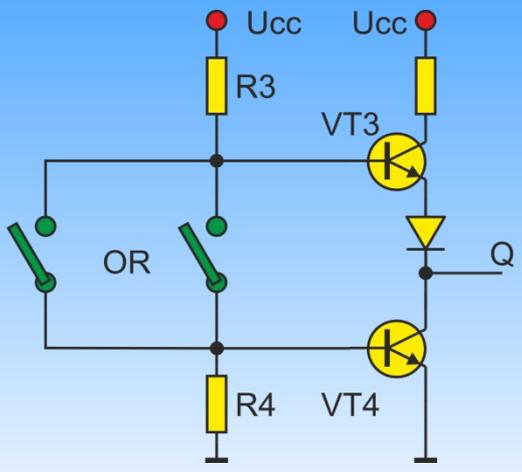
К155ЛА3

NOT

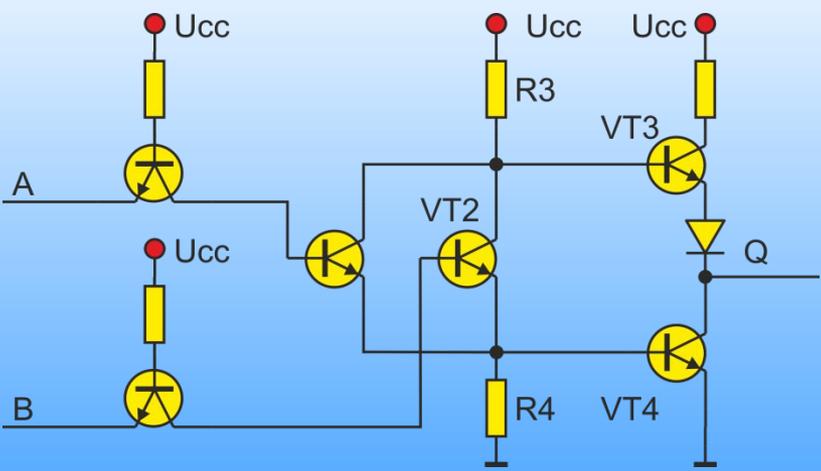


7404

2NOR



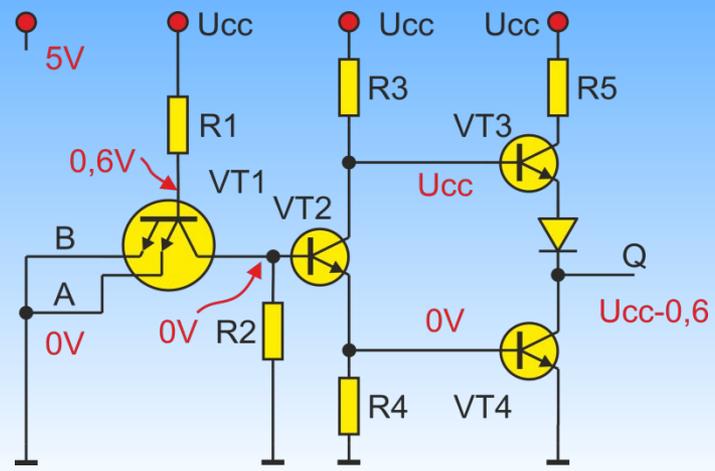
7402



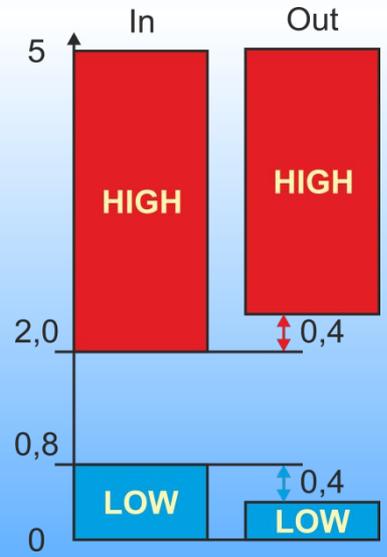
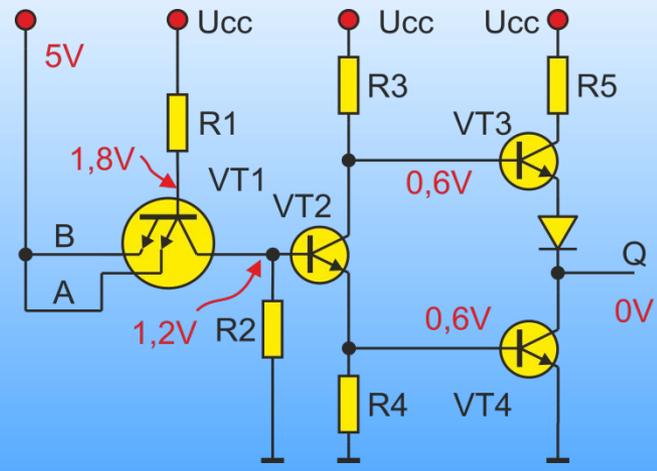
Питание и логические уровни TTL

Ucc=4,75÷5,25 В

| B | A | Q |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

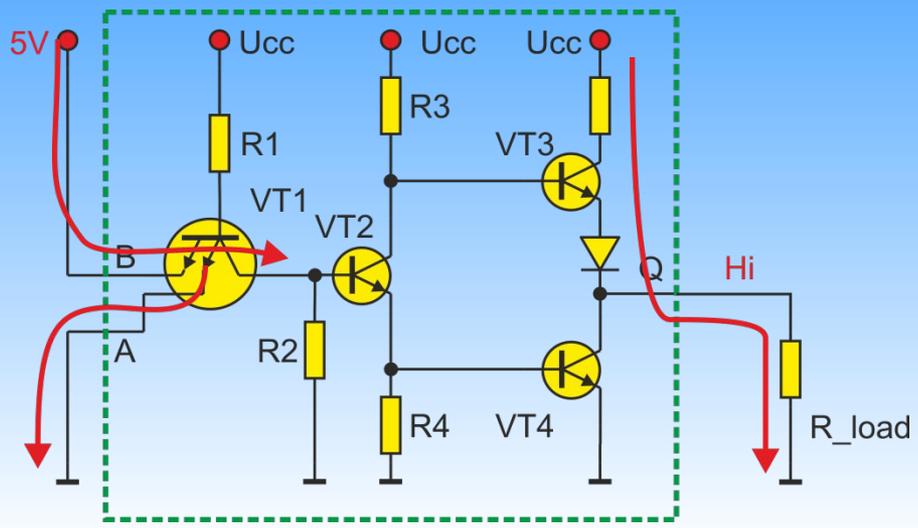


| ТТЛ уровни | |
|------------|---------|
| U_{in0} | 0÷0,8 В |
| U_{in1} | 2,0÷5 В |
| U_{out0} | 0÷0,4 В |
| U_{out1} | 2,4÷5 В |

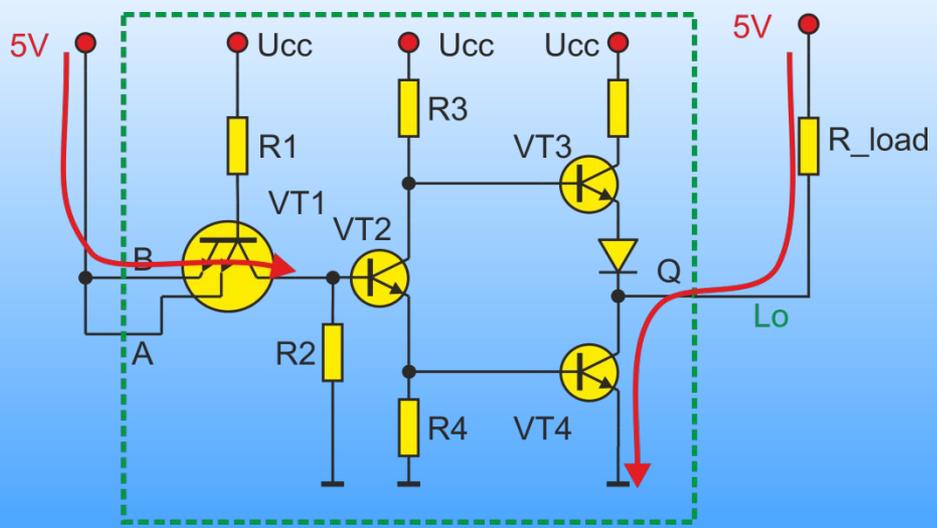


Noise Margin

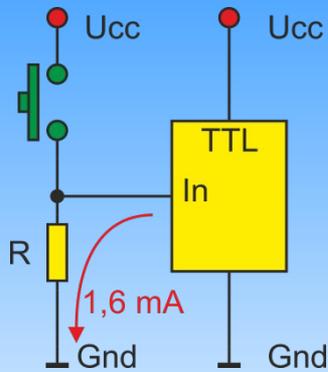
Токи TTL



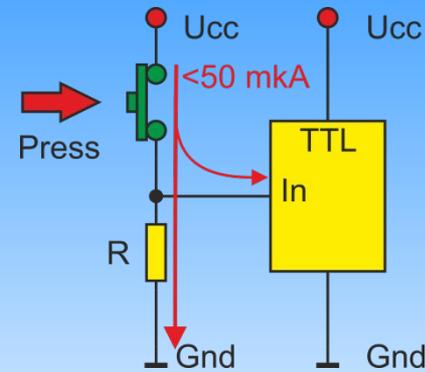
| ТТЛ ТОКИ | |
|-----------------|---------|
| I_{in0} | -1,6 mA |
| I_{in1} | <50 mA |
| $I_{out0} \max$ | 16 mA |
| $I_{out1} \max$ | -0,4 mA |



Подключение кнопок

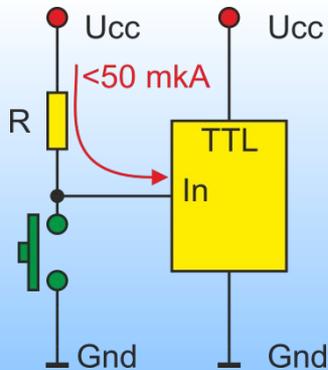


$$R < \frac{0,4}{1,6E - 3} = 240 \text{ Ohm}$$

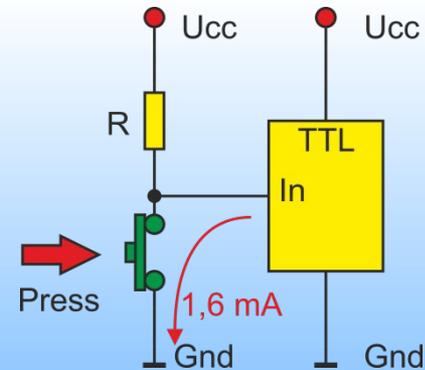


Плохой вариант

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



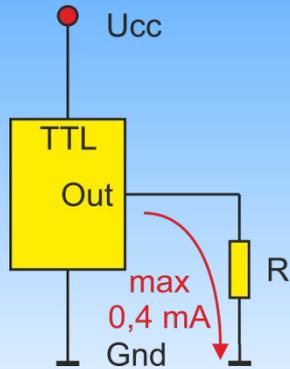
$$R < \frac{5 - 2,4}{50E - 6} = 51 \text{ kOhm}$$



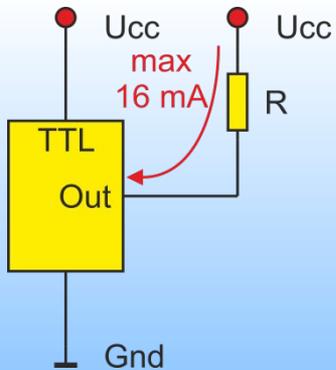
Хороший вариант

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

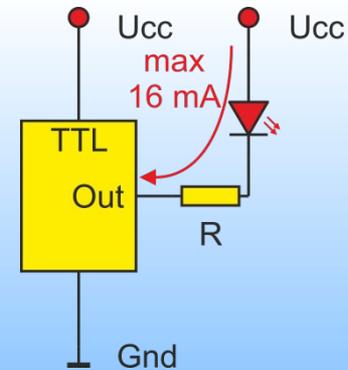
Подключение нагрузки



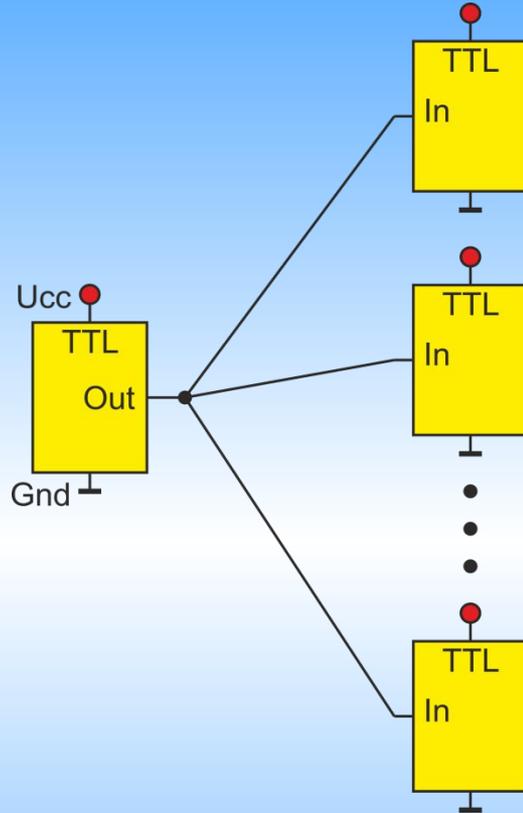
Плохой вариант



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 |

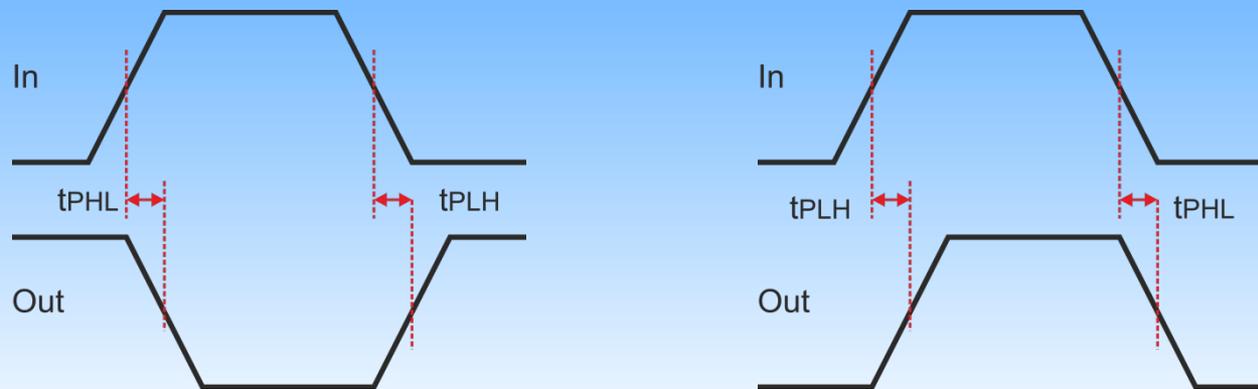
$$K = \frac{16 \text{ mA}}{1,6 \text{ mA}} = 10$$

А миллион можно?

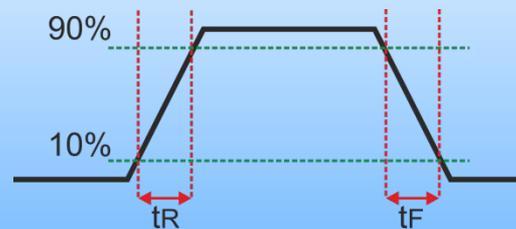
Динамические характеристики TTL

τ_{01}, τ_{10}

Задержка распространения.
Propagation delays

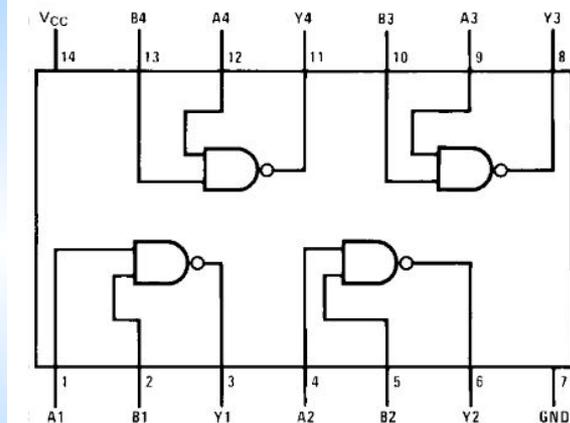


Время нарастания и спада.
Rise and Fall Times



SN7400 Quad 2-Input NAND Gates

Connection Diagram

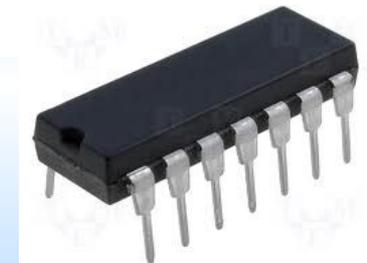


Function Table

$$Y = \overline{AB}$$

| 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

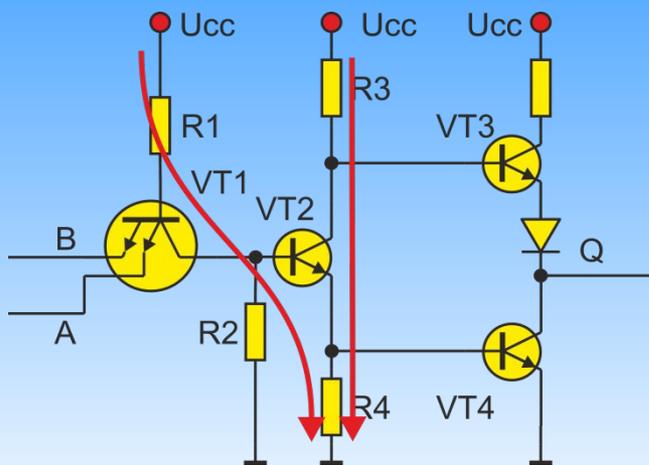
За 15 нс свет в вакууме пролетит на 4,5 м.

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

$$L \approx 3\text{м}$$

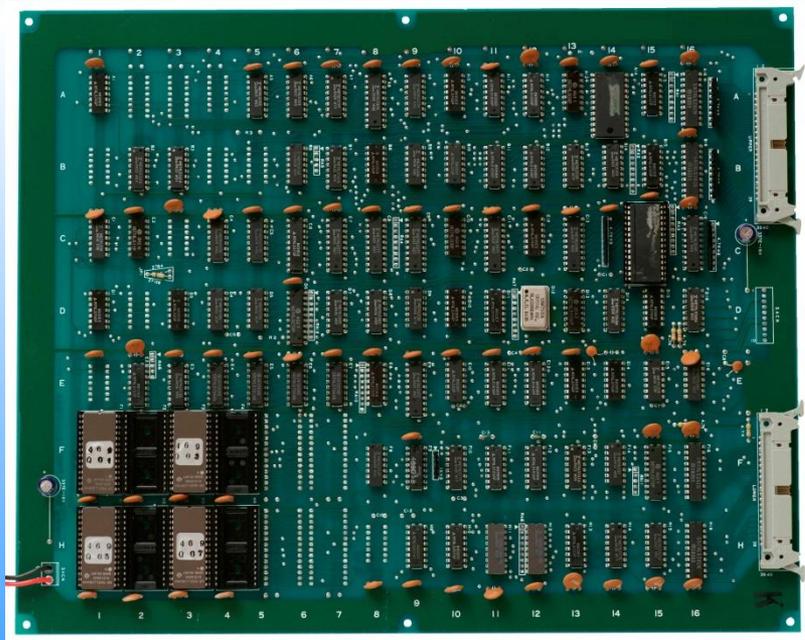
Максимальная частота переключения ≈ 25 МГц

Энергопотребление



Токи управления

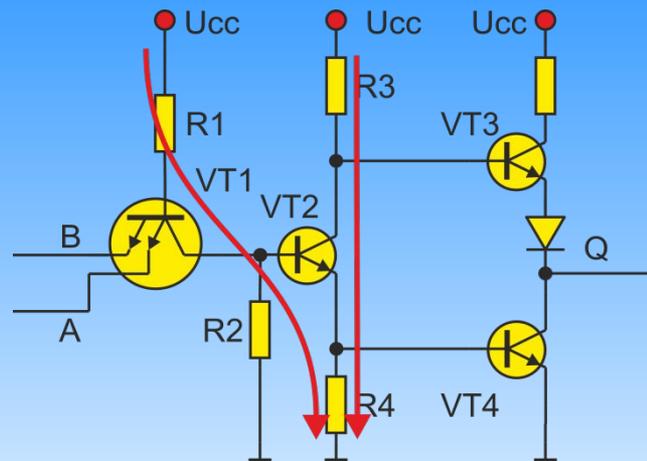
$$I_{sum} \approx 2mA$$



$$I_{sum} > 10 A$$

$$P > 50 Wt$$





Эффективность

Энергопотребление

Увеличить все резисторы и
снизить токи.

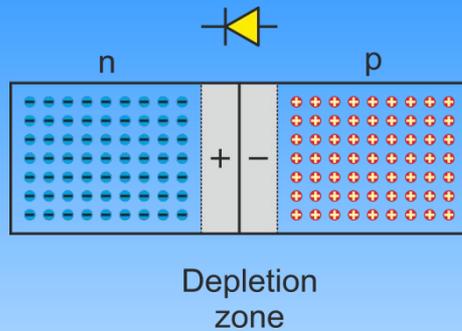
Серия
74Lxxx

Производительность

Уменьшить все резисторы и
увеличить быстродействие.

Серия
74Hxxx

Диод Шоттки



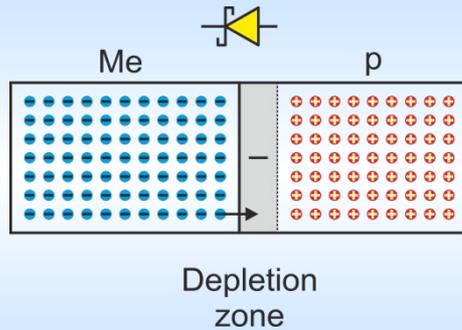
Обычный pn переход

Schottky

Переход металл-полупроводник

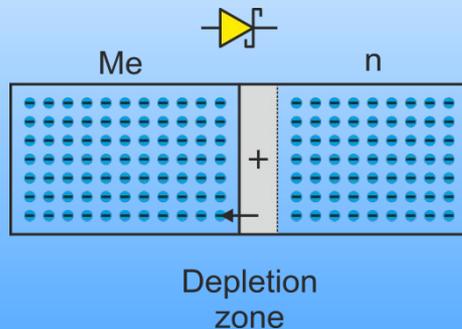
Работа выхода

$$A_{me} < A_s$$



Электронам легче перейти из металла в полупроводник

$$A_s < A_{me}$$

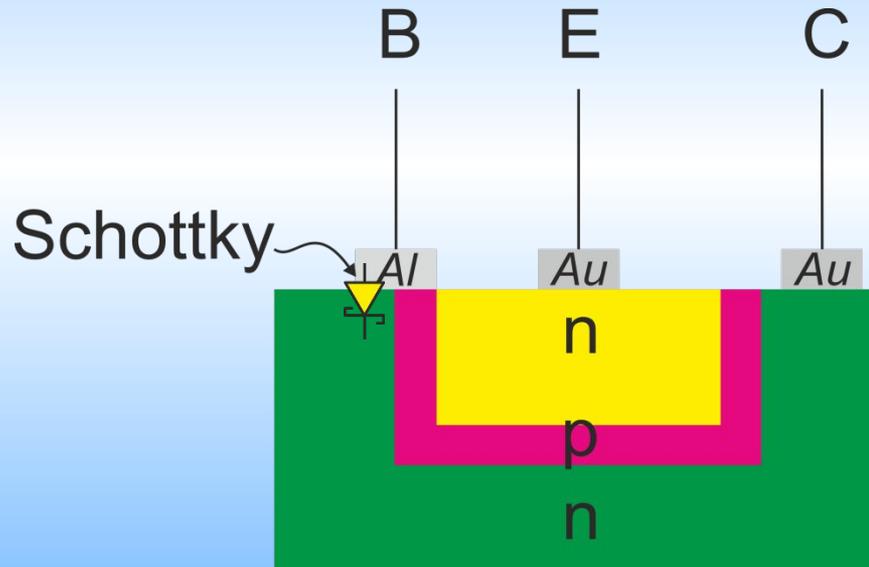
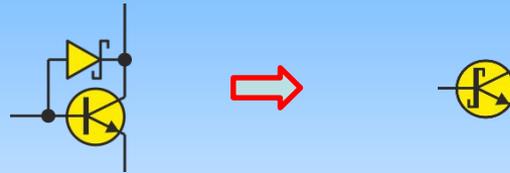


Электронам легче перейти из полупроводника в металл

Диод Шоттки. Преимущества.

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

Транзистор Шоттки.



ТТЛ с транзисторами Шоттки.

7400

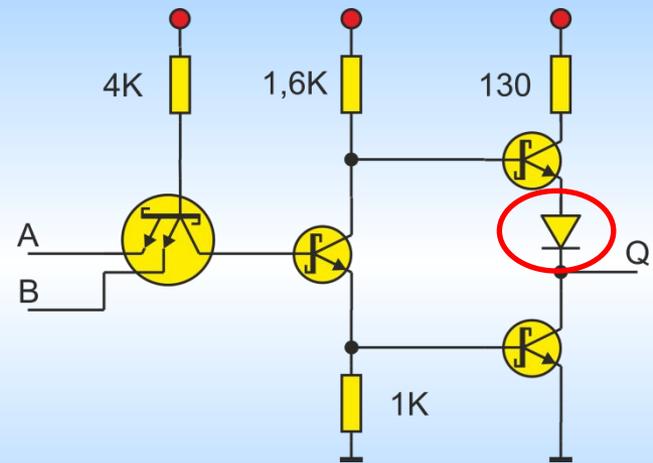
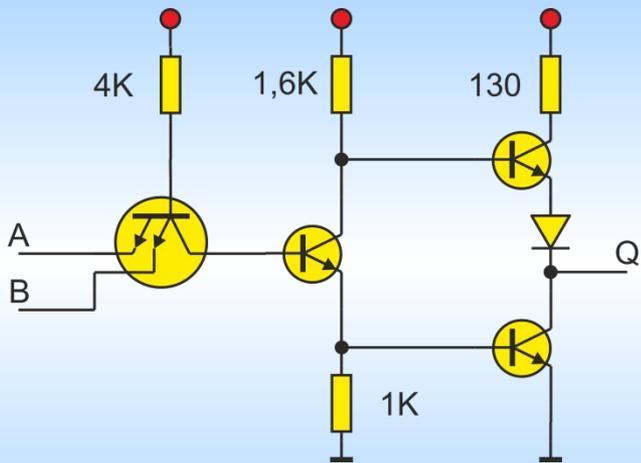
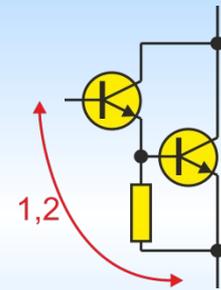
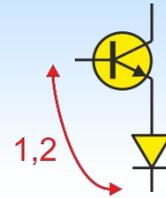
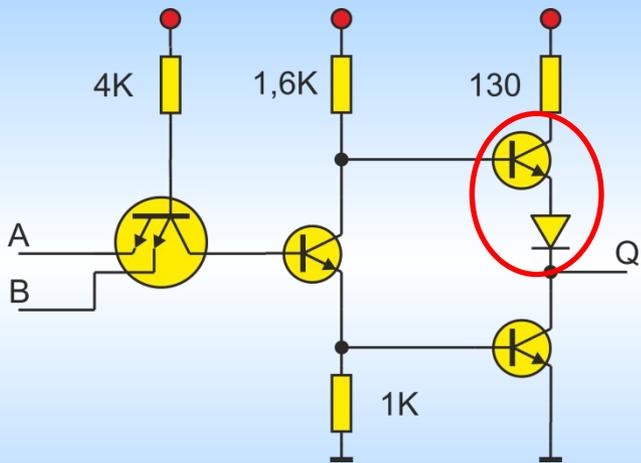


Схема Дарлингтона.

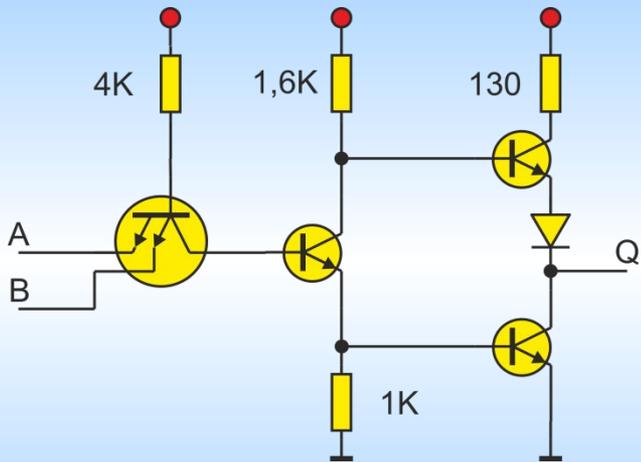
Darlington pair



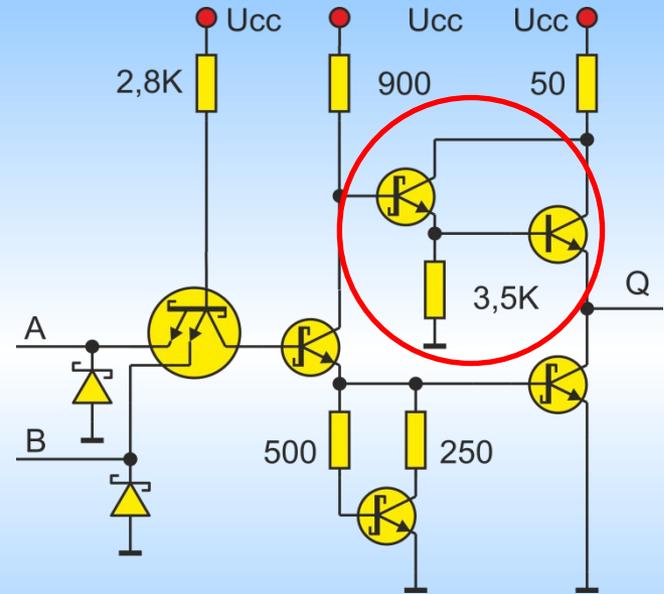
$$\beta = \beta_1 \times \beta_2$$

ТТЛ с транзисторами Шоттки.

7400

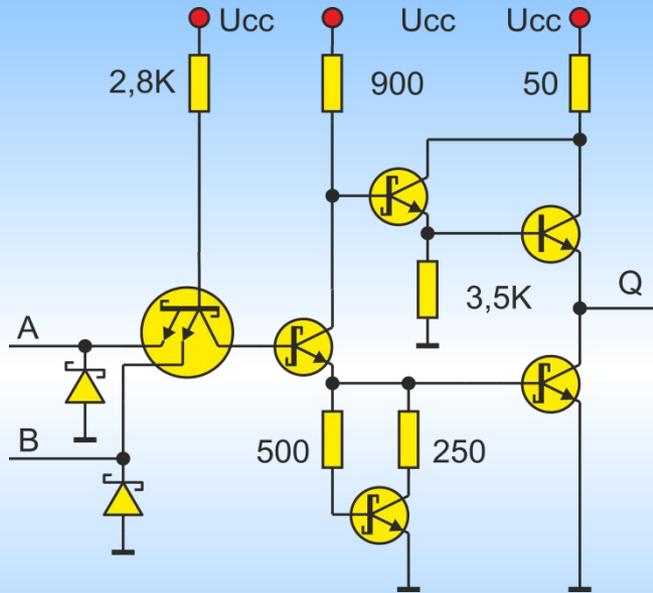


74S00

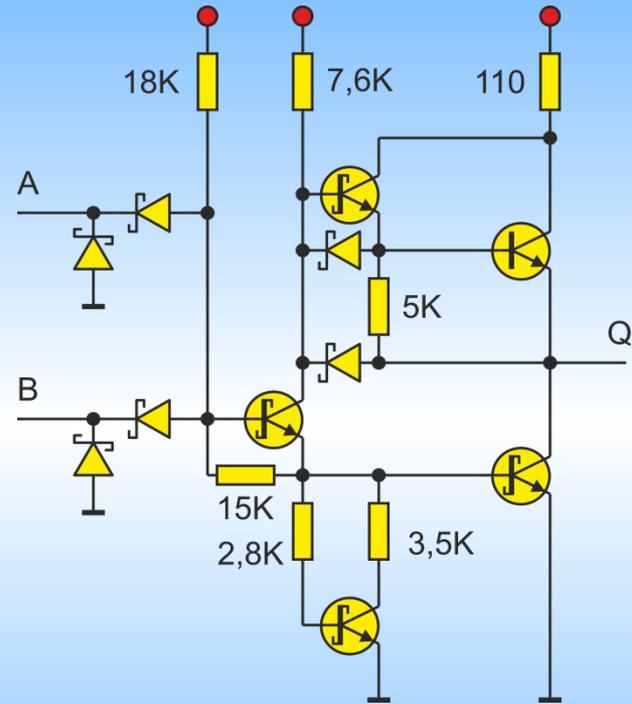


ТТЛ с транзисторами Шоттки.

74S00

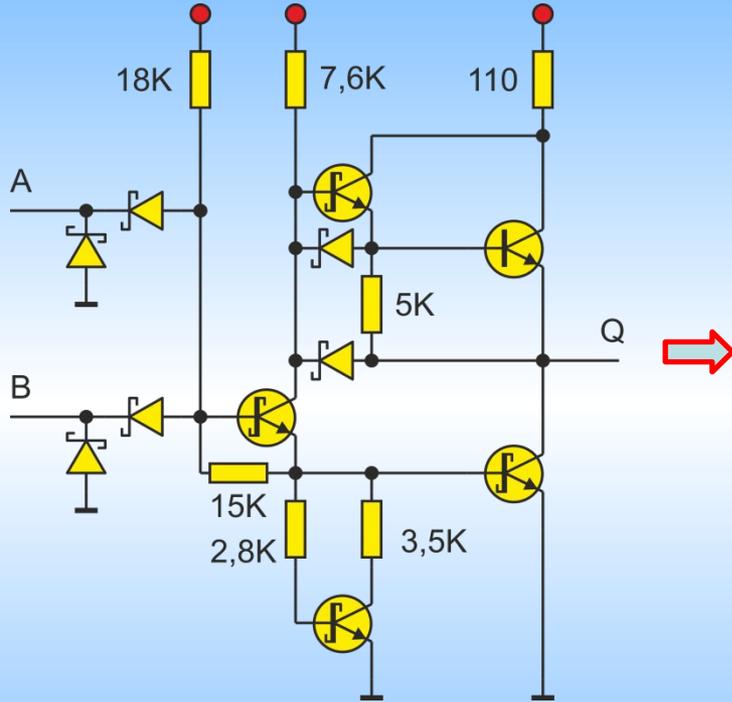


74LS00

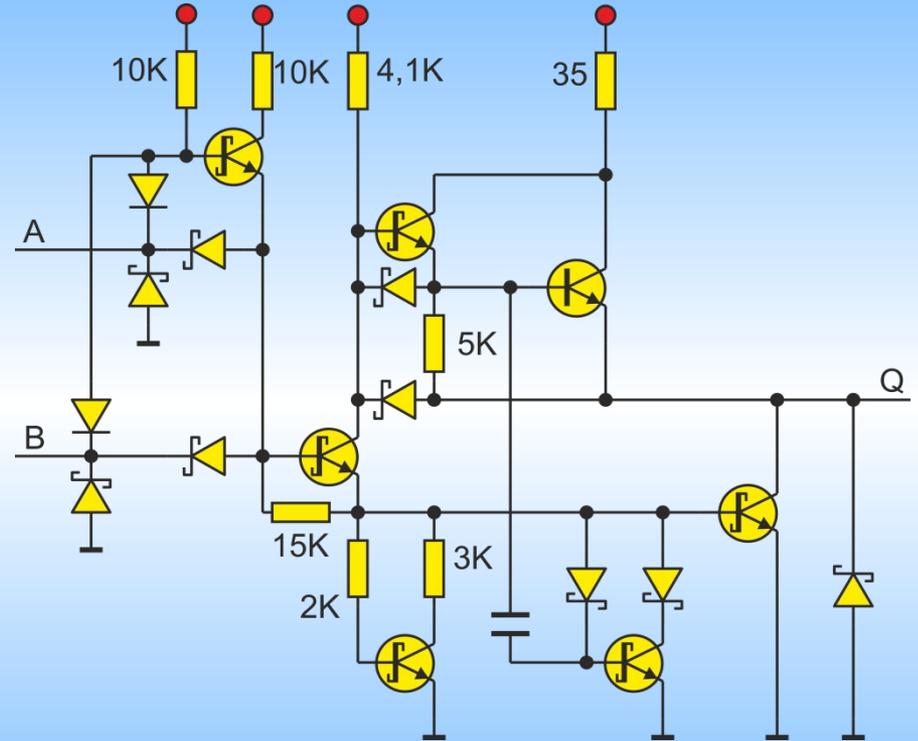


ТТЛ с транзисторами Шоттки.

74LS00



74F00

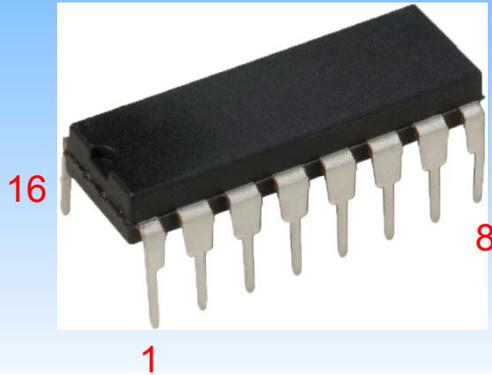


Семейство TTL

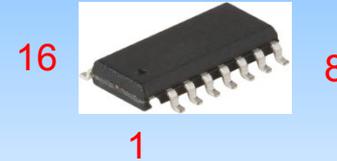
| Название | Тип | Задержка [нс] | Потребление [мВт] | Энергия переключения [пДж] | Аналог |
|-----------------------------|----------|---------------|-------------------|-----------------------------|--------|
| Standard | 74xxx | 9 | 10 | 90 | 155 |
| Low power | 74Lxxx | 33 | 1 | 33 | 134 |
| High 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

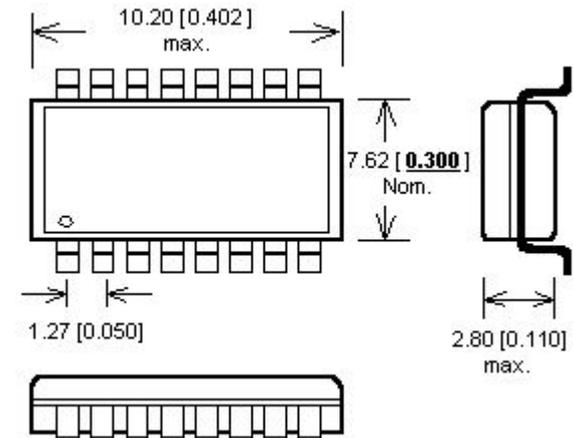
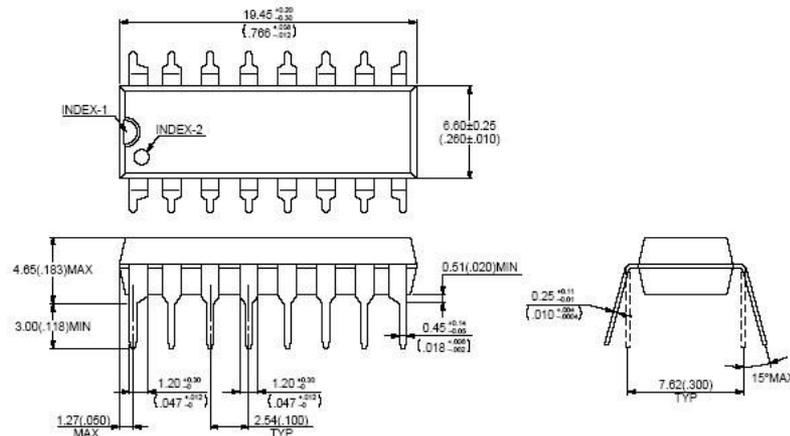
DIP (DIL) Dual In-line Package



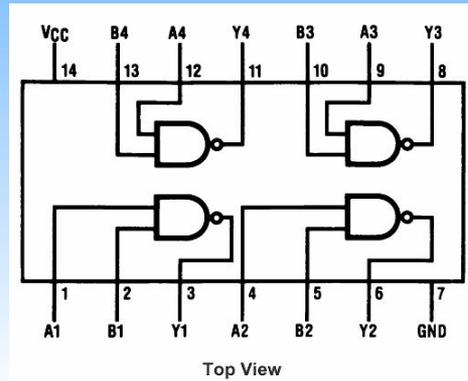
SOIC Small-Outline Integrated Circuit



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



7400



DIP = SOIC

74xxx = 74yyxxx