

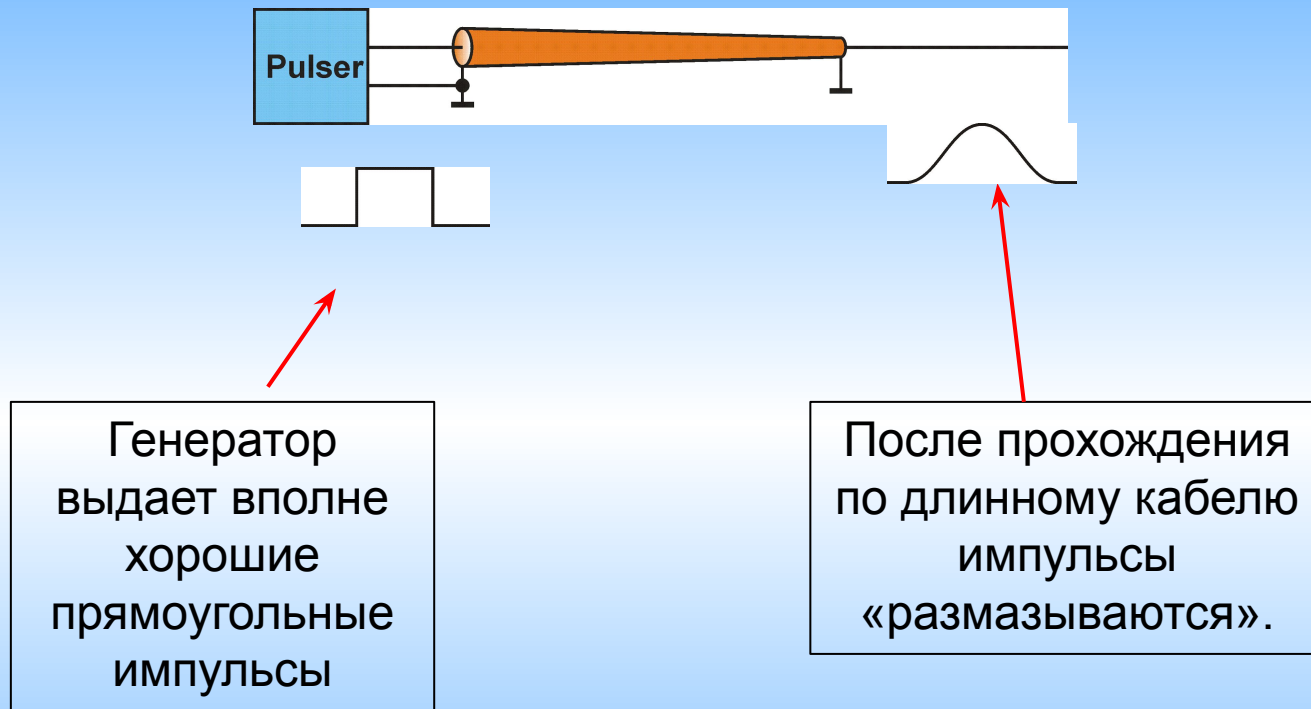


# Триггер Шмитта Генераторы импульсов

Schmitt trigger

# Кабель

## Проблема 1

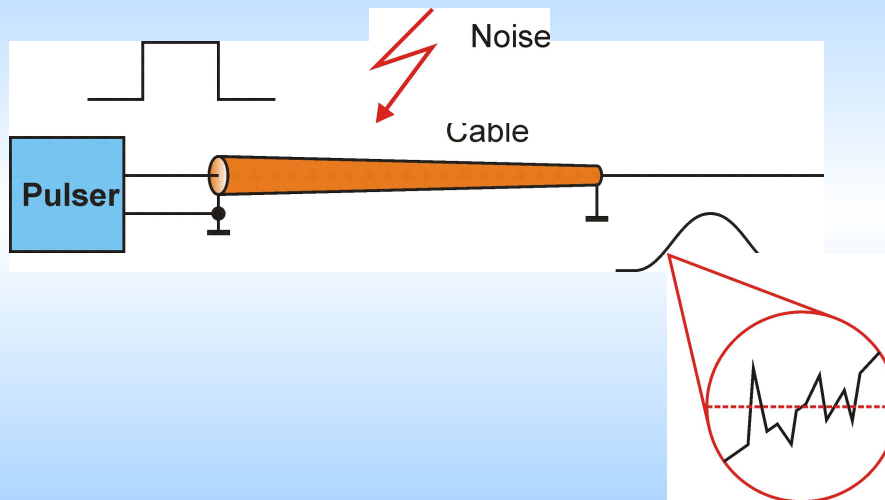


Фронты импульса в конце кабеля не могут использоваться в качестве цифровых событий!

# Шумы

## Проблема 2

На любые электронные элементы воздействуют электромагнитные шумы.



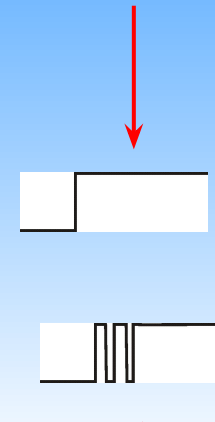
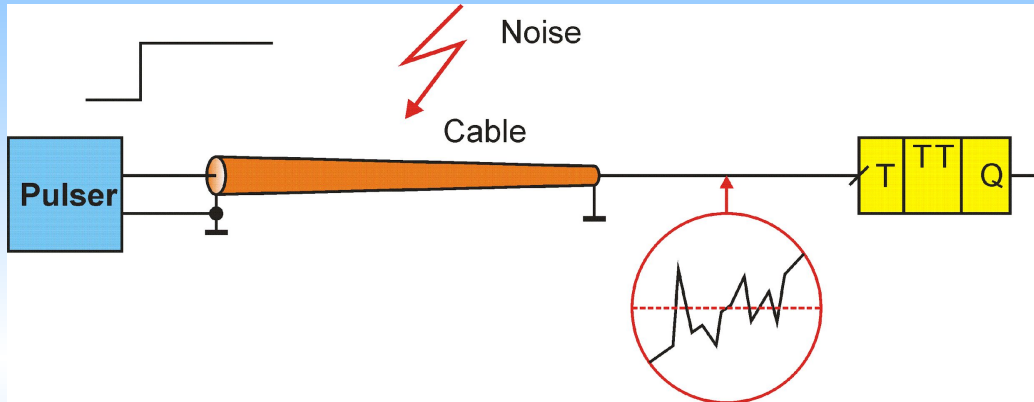
Зашумленный сигнал.

Вместо одного фронта имеем несколько!

# Шумы

## Проблема 2

Ожидаемое поведение.

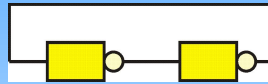


Реальное поведение.

Даже если фронты не слишком растянуты, схема ведет себя непредсказуемо!

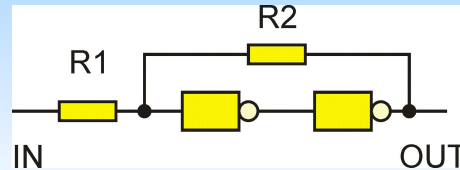
# Триггер и обратная связь

Простейший триггер



100% обратная связь.  
Сигнал полностью передается с выхода устройства на его вход.

Триггер Шмитта

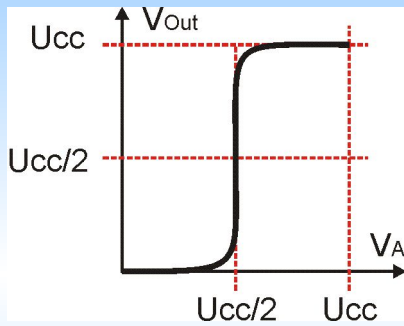
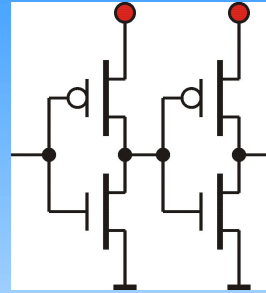
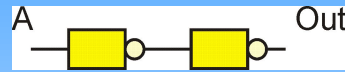


<100% обратная связь.  
Сигнал частично передается с выхода устройства на его вход.  
На вход IN можно подавать сигнал не устраивая короткое замыкание.

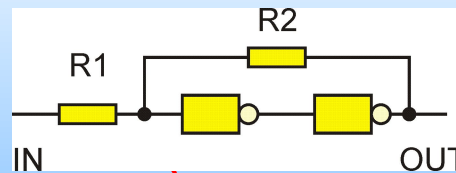
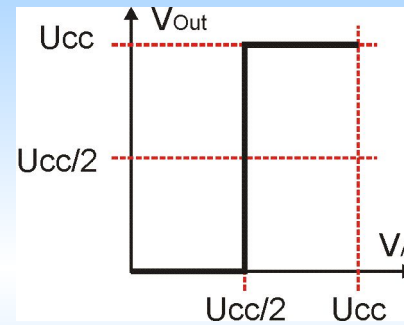
# Триггер Шмитта

Как это работает

КМОП



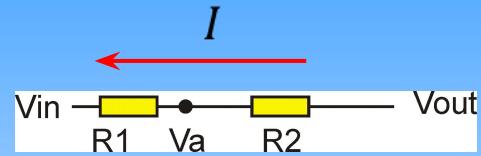
И



A

$$V_{in} \neq V_A$$

# Делитель напряжения



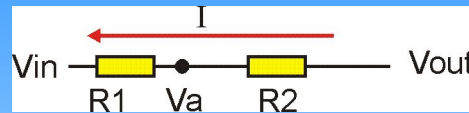
$$V_A = V_{IN} + I \times R1$$

$$I = \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{R1 + R2}$$

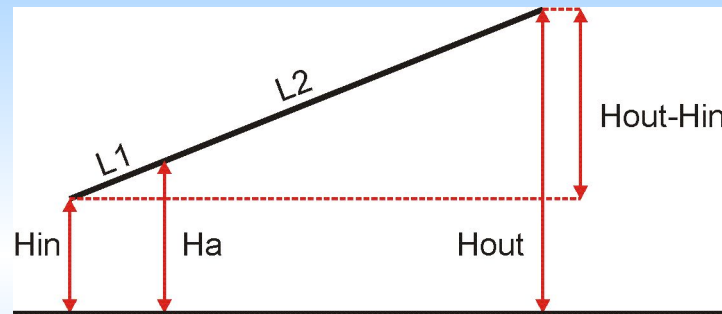
$$V_A = V_{IN} + \left( \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{R1 + R2} \right) \times R1$$

Напряжение  $V_a$  всегда находится между напряжениями  $V_{in}$  и  $V_{out}$ .

# Делитель напряжения. Аналогия с качелями.



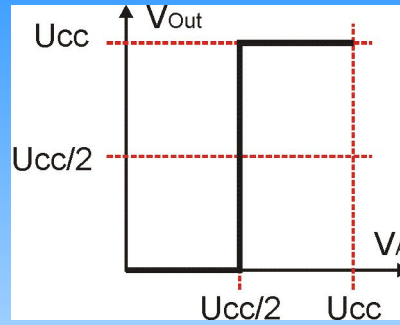
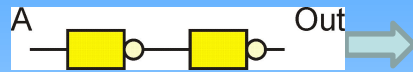
$$V_A = V_{IN} + \left( \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{R1 + R2} \right) \times R1$$



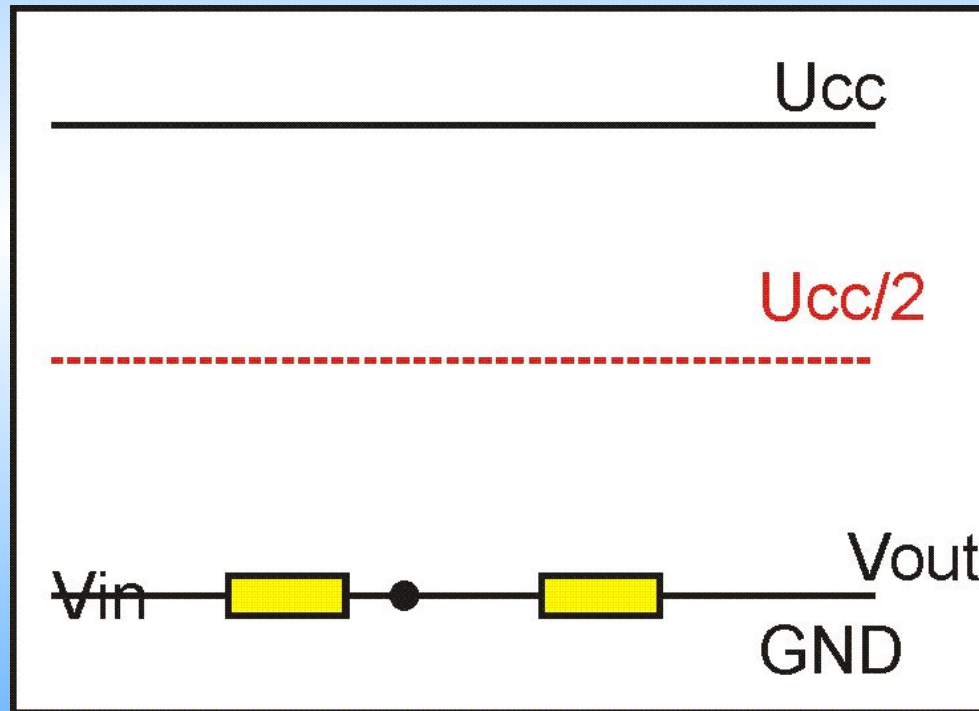
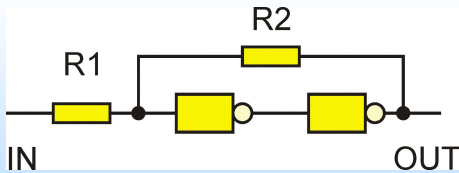
$$H_A = H_{IN} + \left( \frac{H_{OUT} - H_{IN}}{L1 + L2} \right) \times L1$$



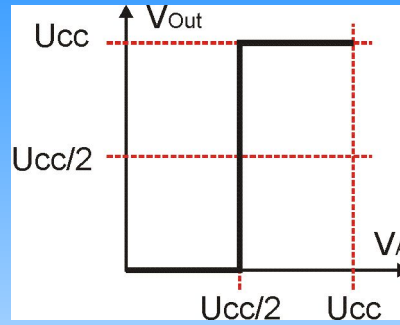
# Как это работает



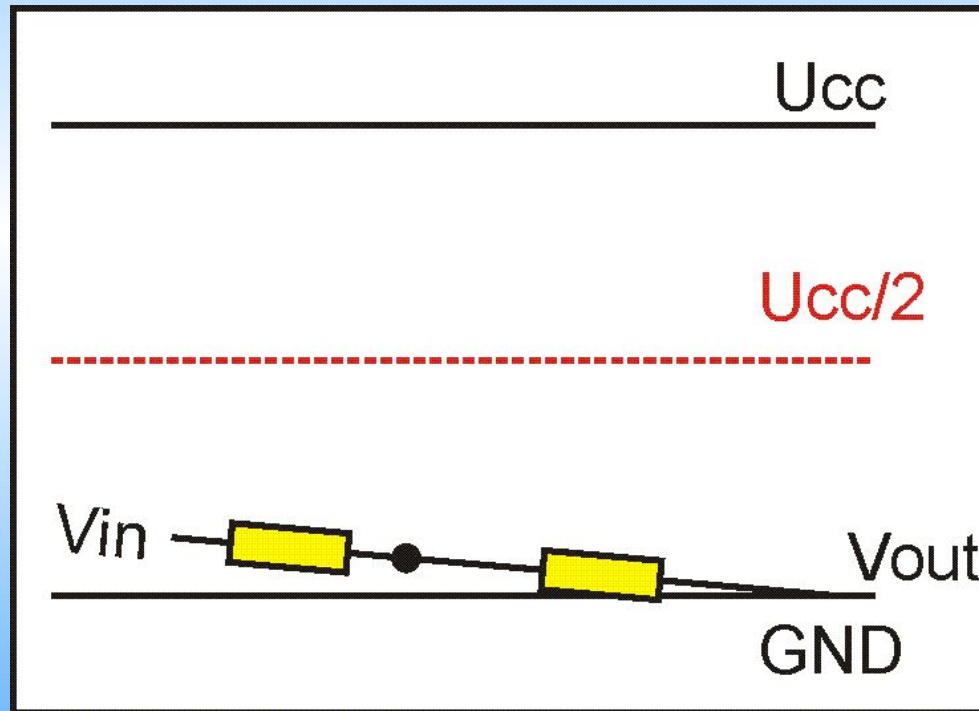
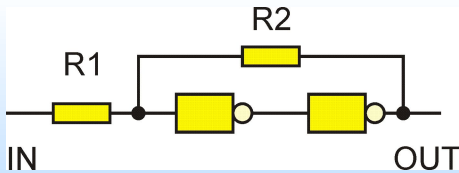
На выходе может быть либо 0, либо 1.



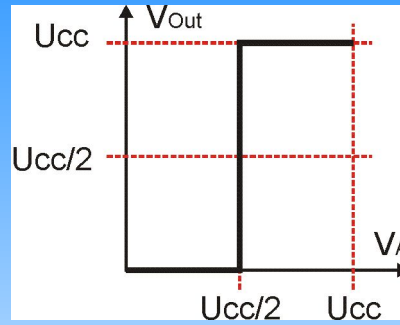
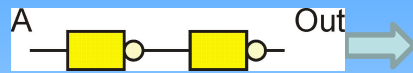
# Как это работает



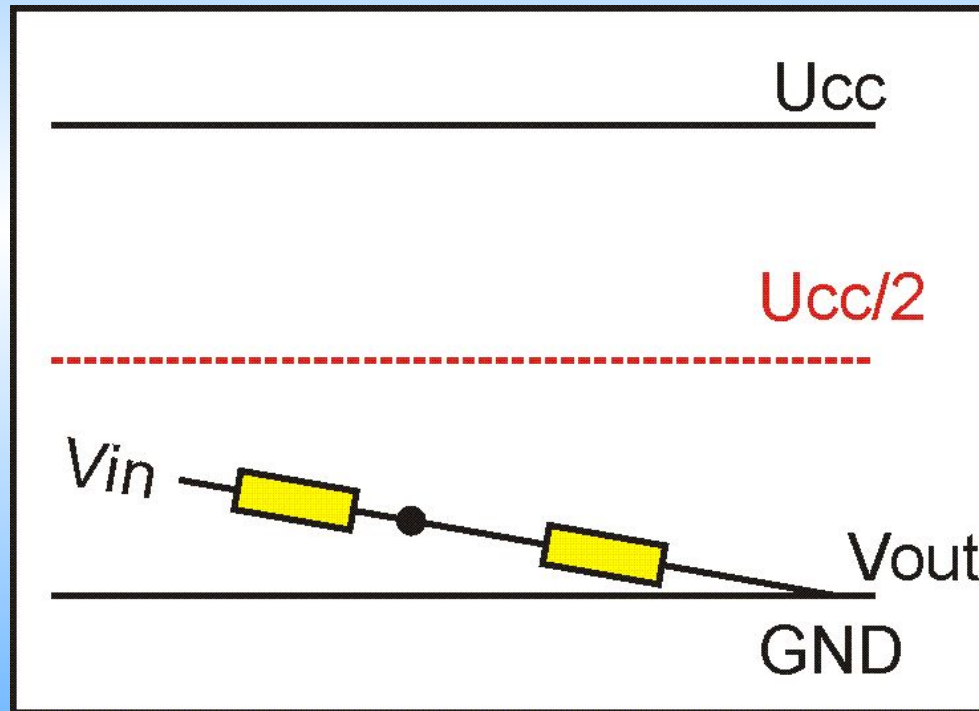
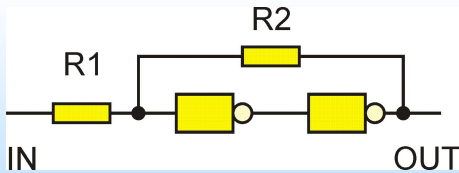
На выходе может быть либо 0, либо 1.



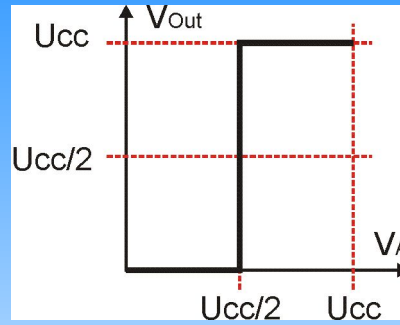
# Как это работает



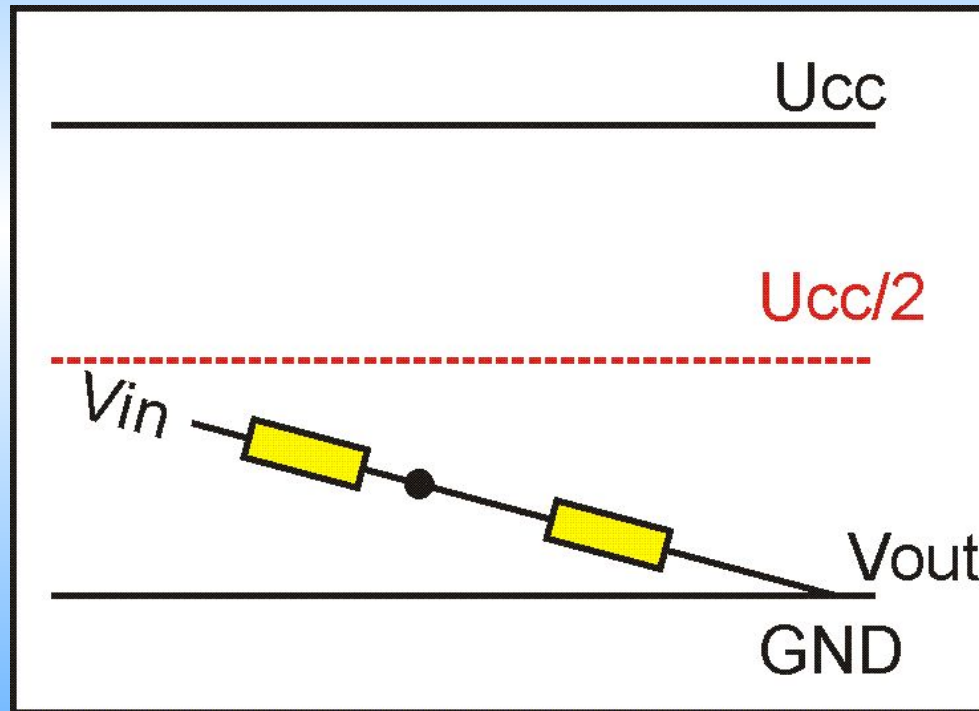
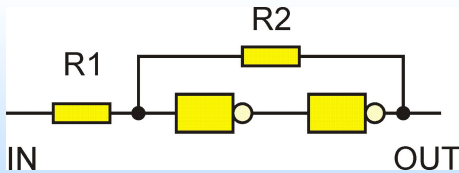
На выходе может быть либо 0, либо 1.



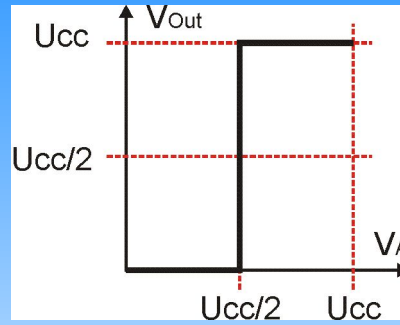
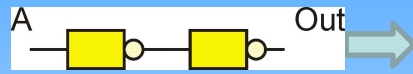
# Как это работает



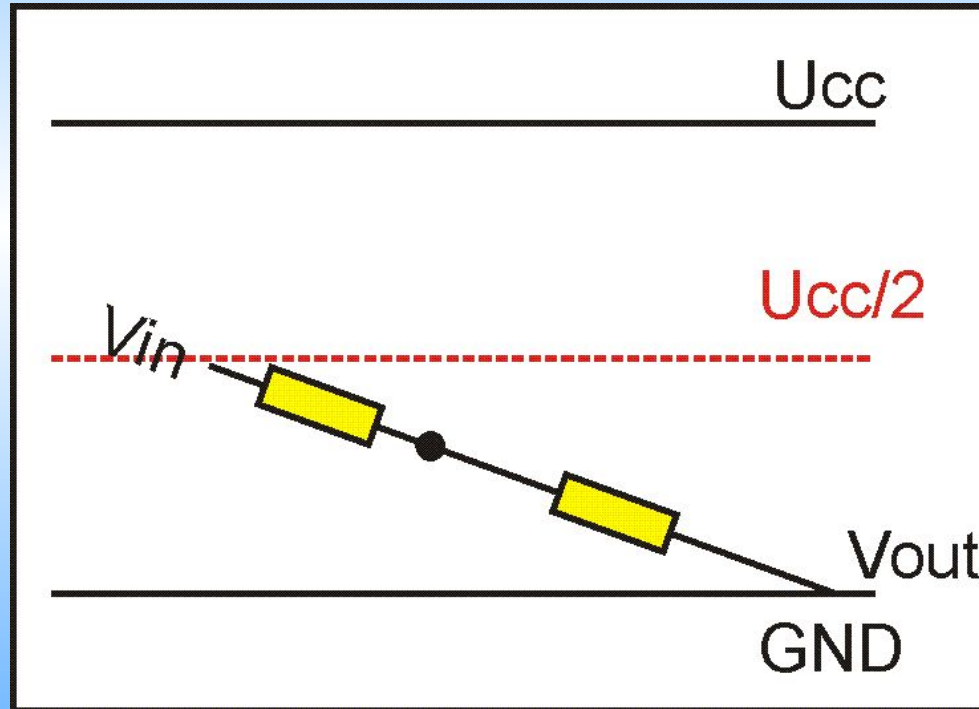
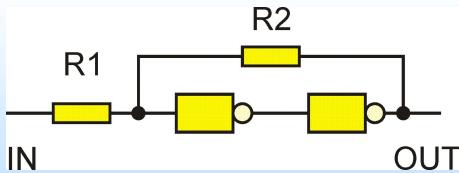
На выходе может быть либо 0, либо 1.



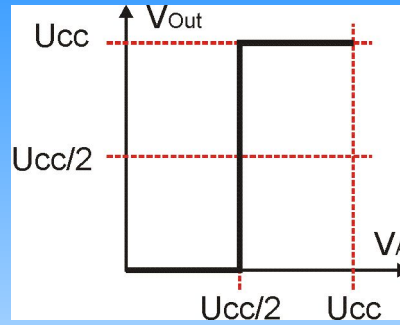
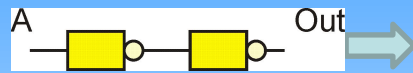
# Как это работает



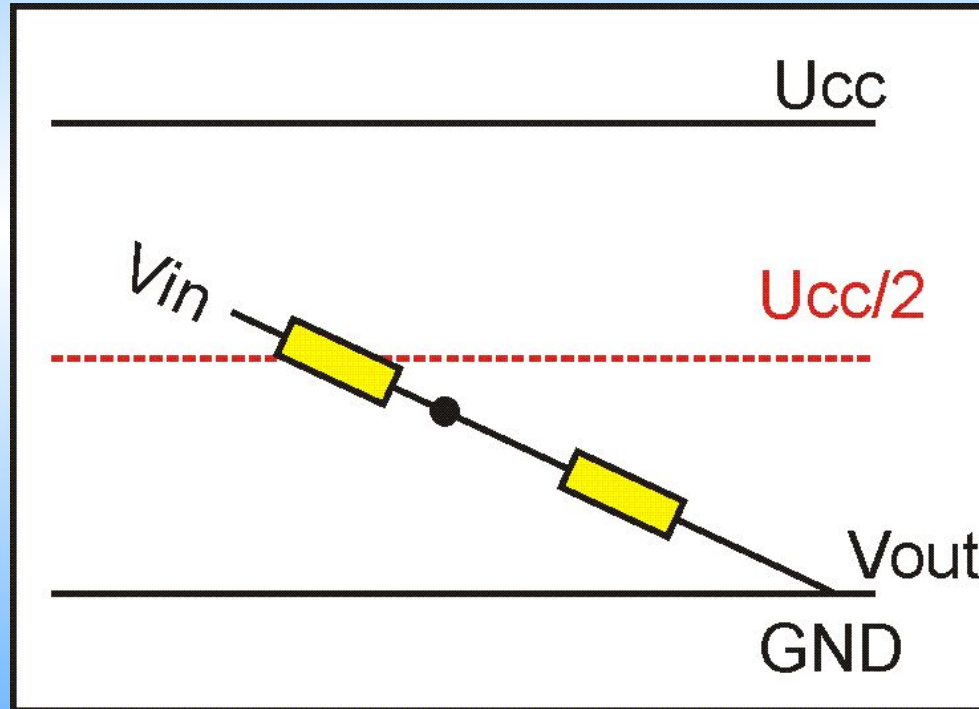
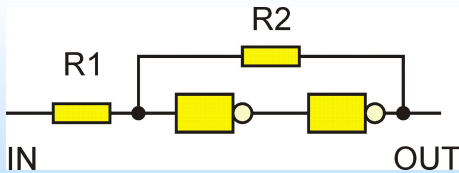
На выходе может быть либо 0, либо 1.



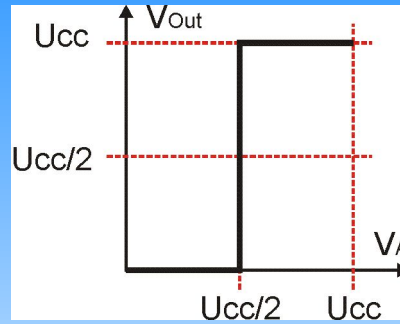
# Как это работает



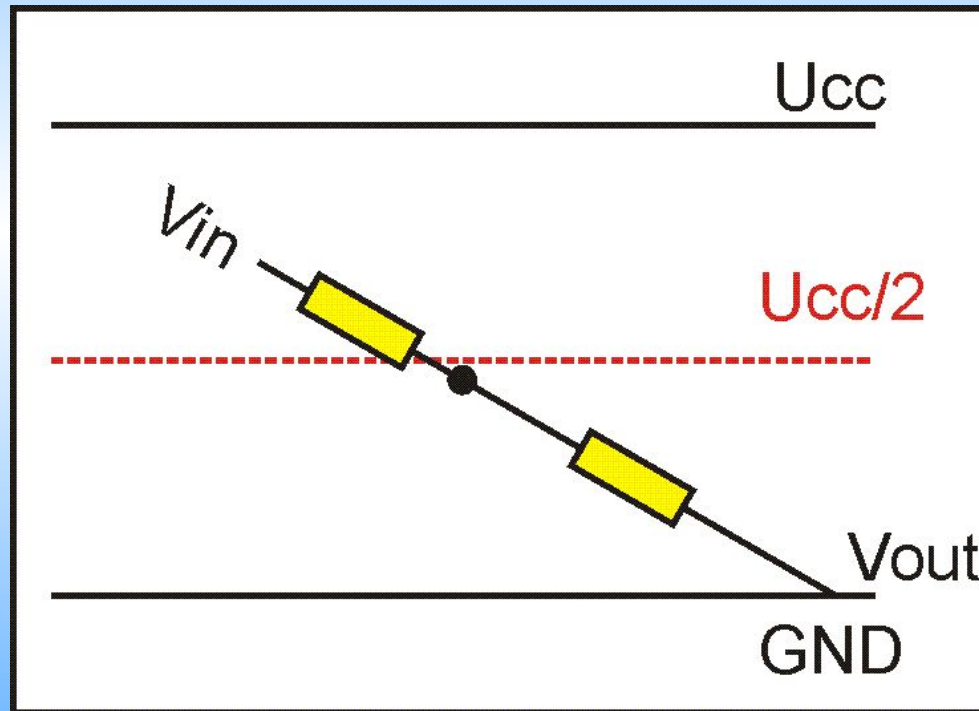
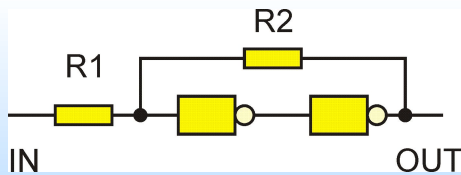
На выходе может быть либо 0, либо 1.



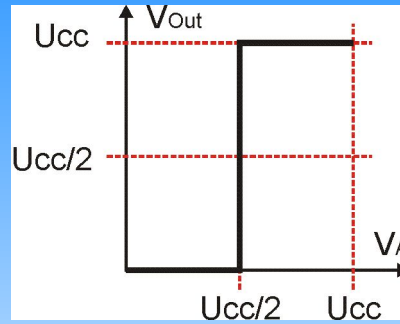
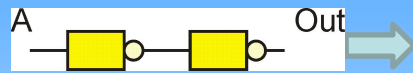
# Как это работает



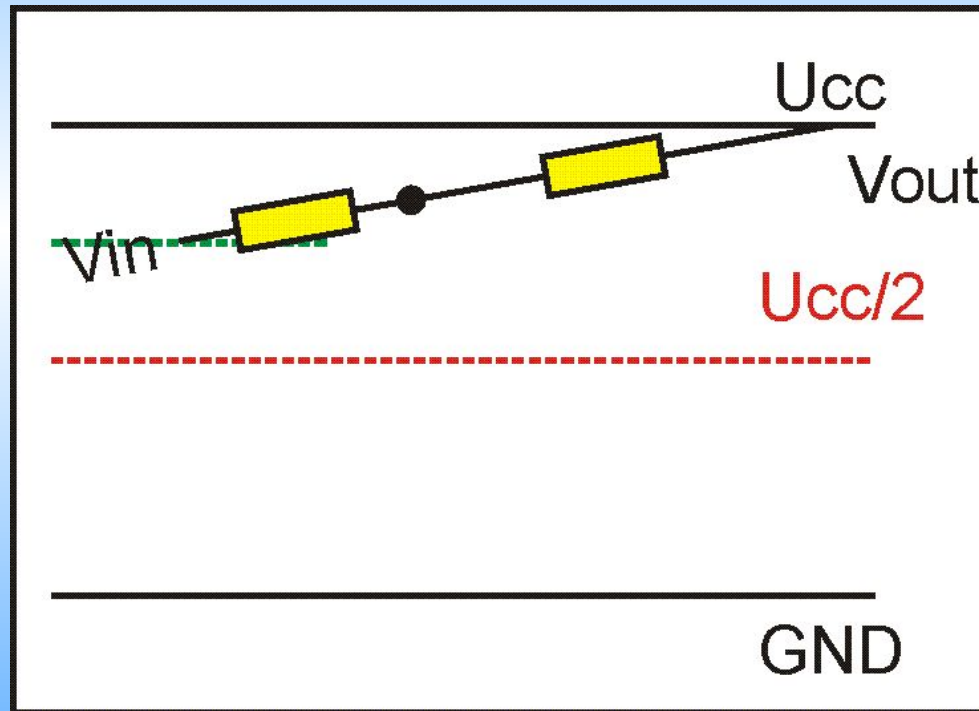
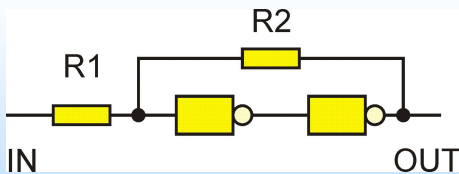
На выходе может быть либо 0, либо 1.



# Как это работает

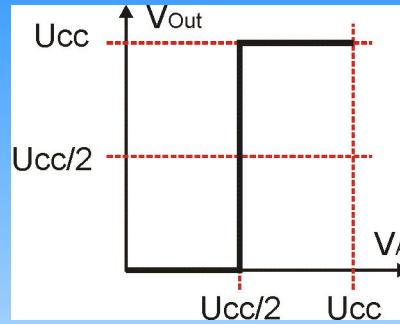


На выходе может быть либо 0, либо 1.

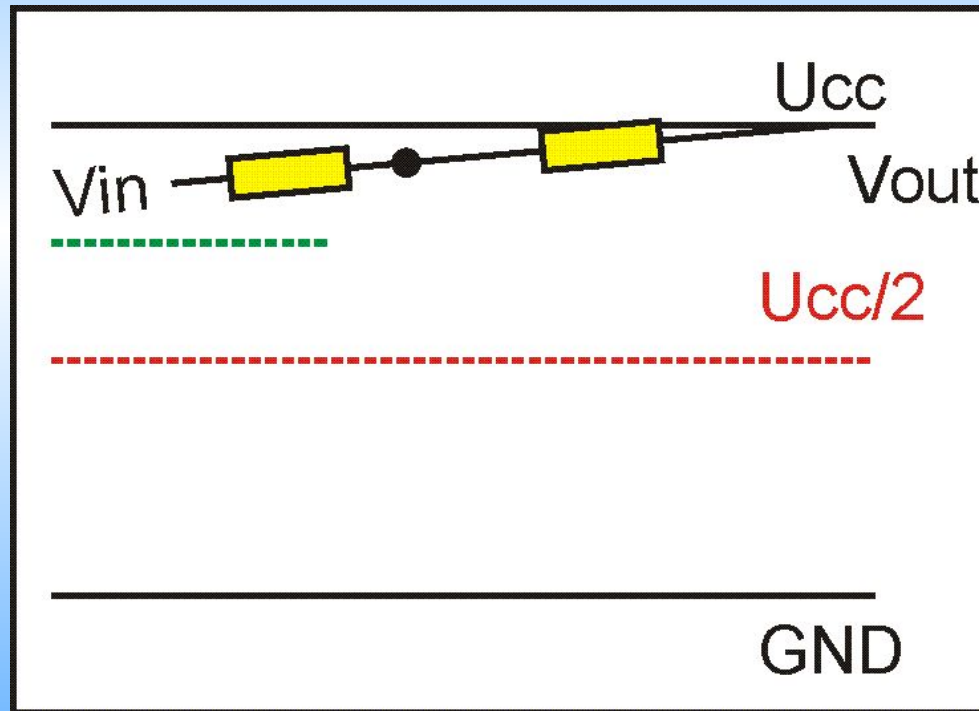
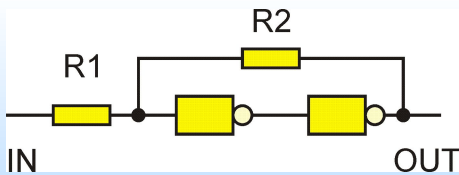




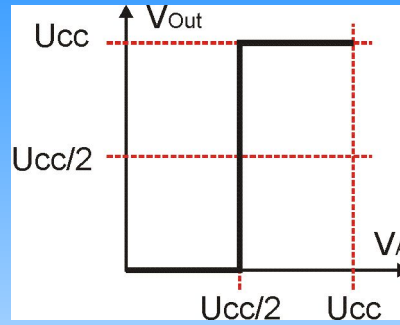
# Как это работает



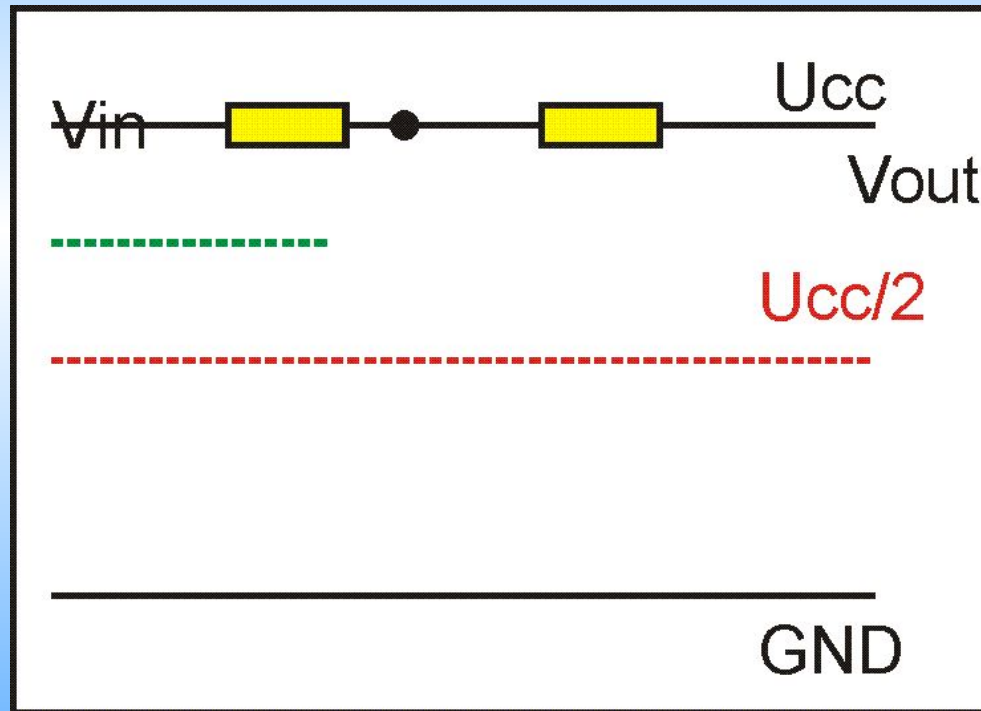
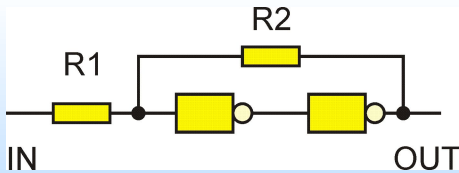
На выходе может быть либо 0, либо 1.



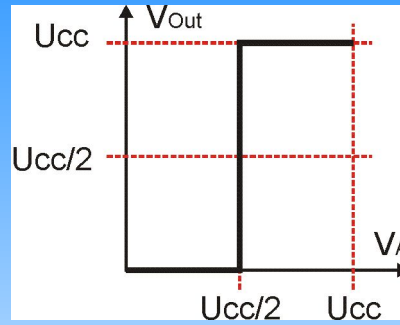
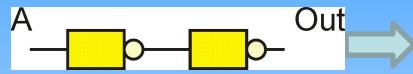
# Как это работает



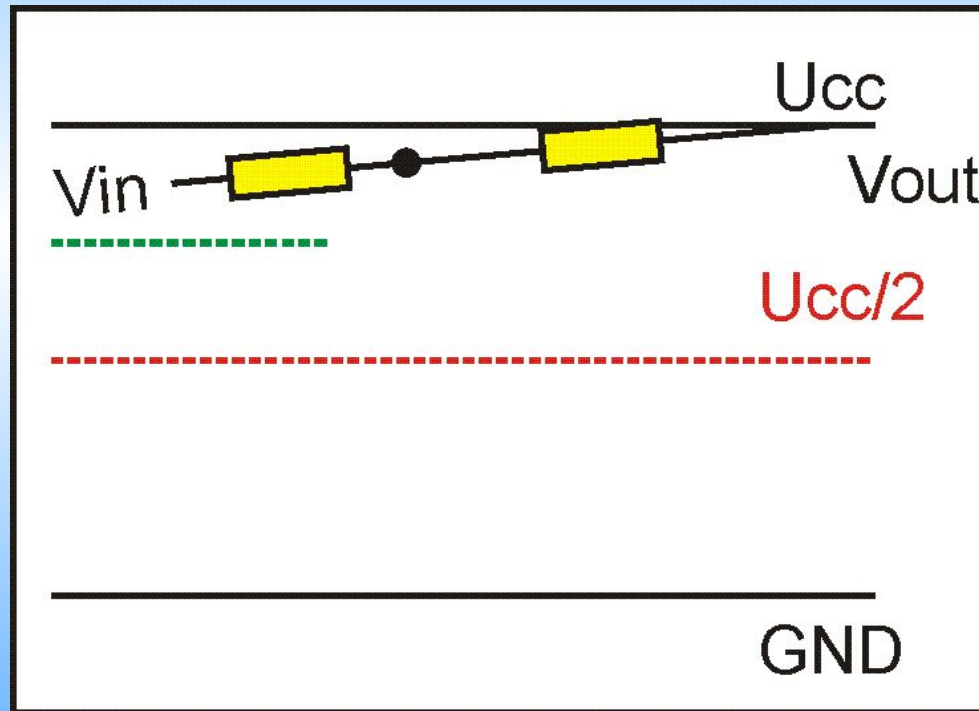
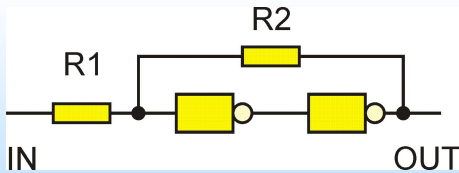
На выходе может быть либо 0, либо 1.



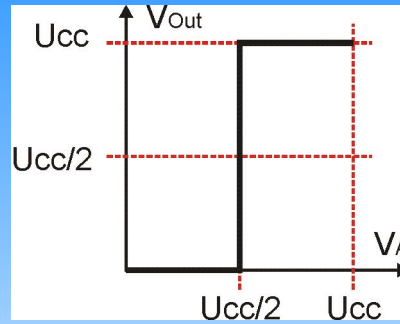
# Как это работает



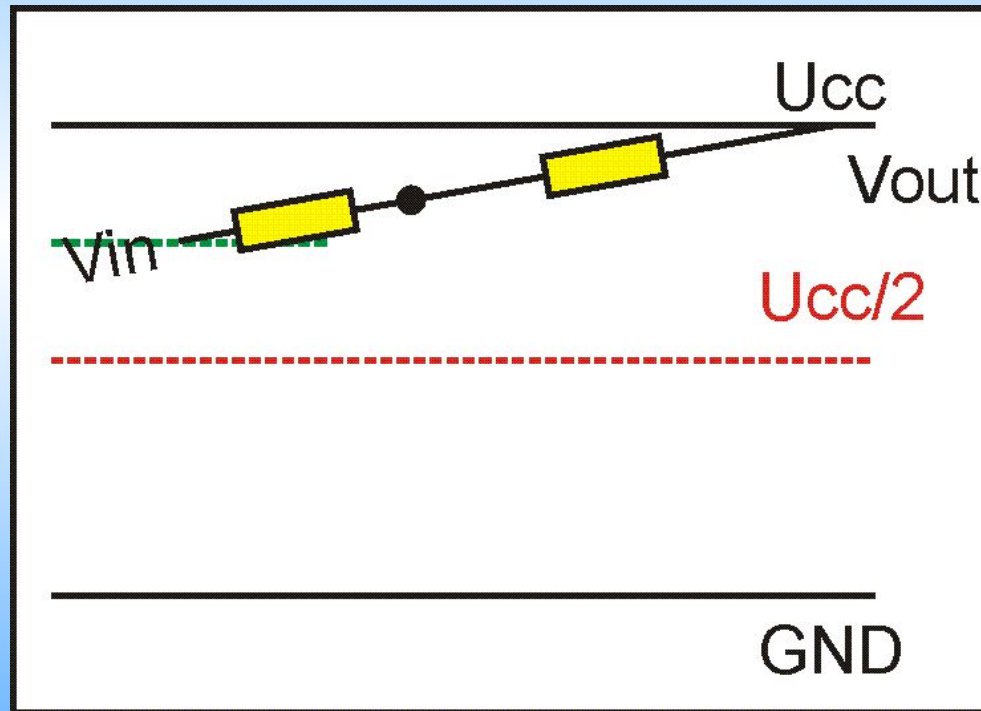
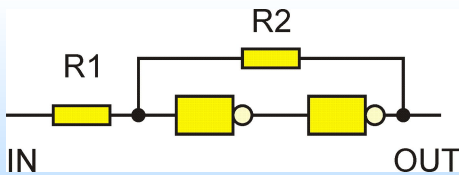
На выходе может быть либо 0, либо 1.



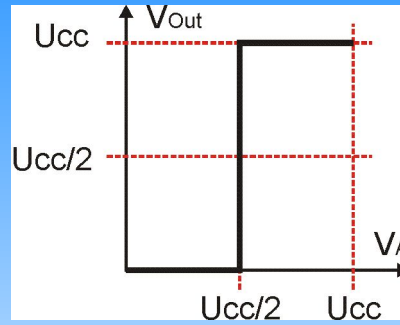
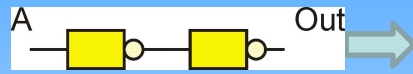
# Как это работает



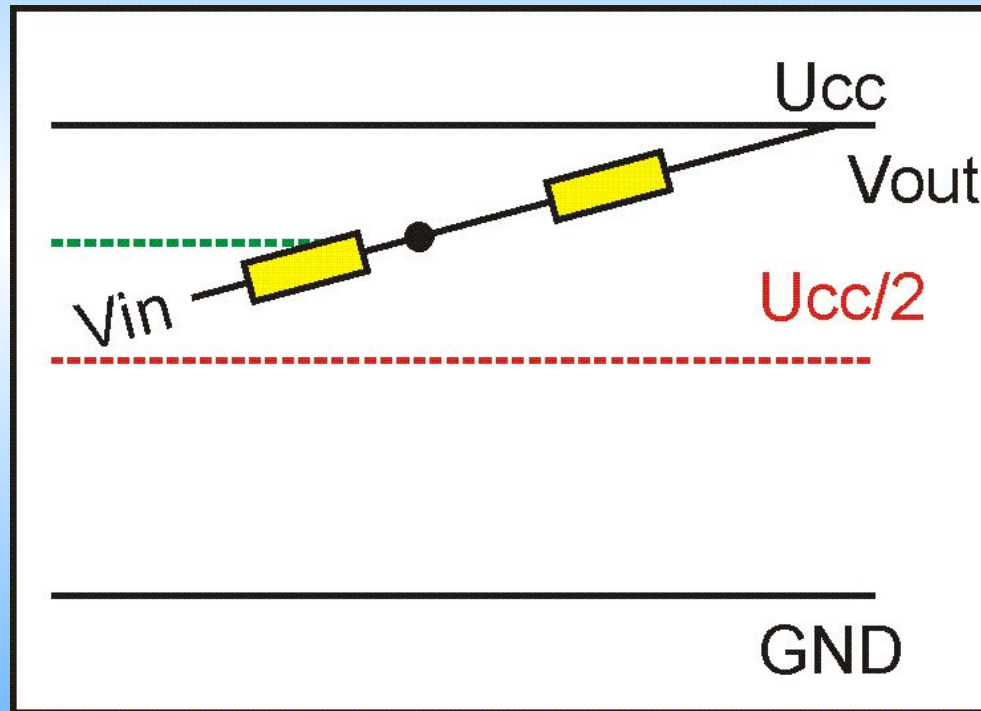
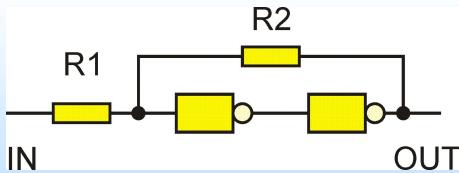
На выходе может быть либо 0, либо 1.



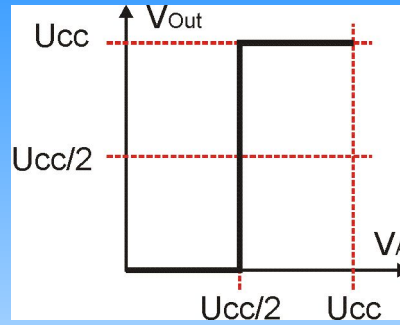
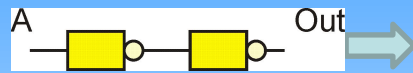
# Как это работает



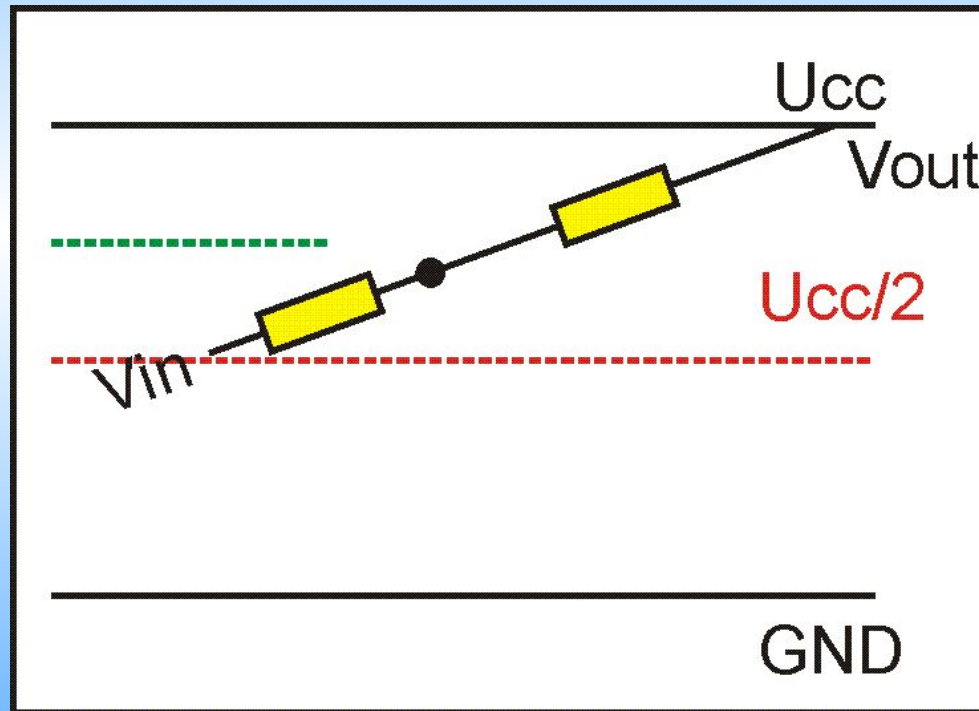
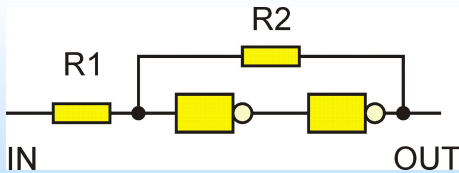
На выходе может быть либо 0, либо 1.



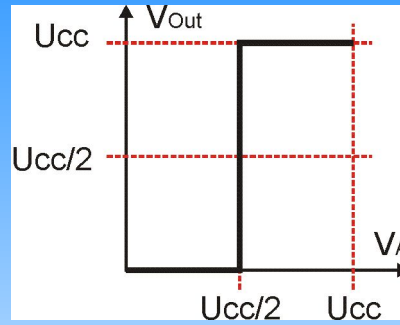
# Как это работает



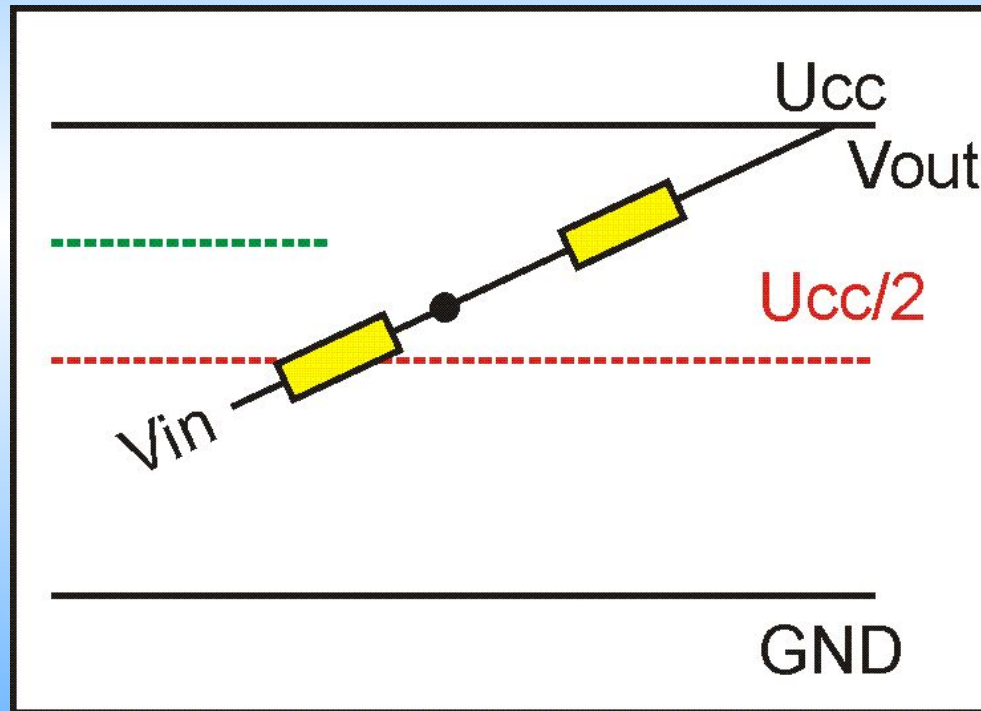
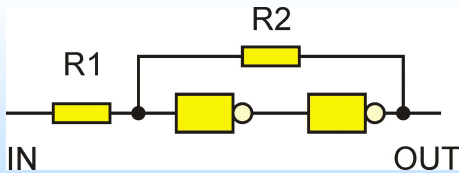
На выходе может быть либо 0, либо 1.



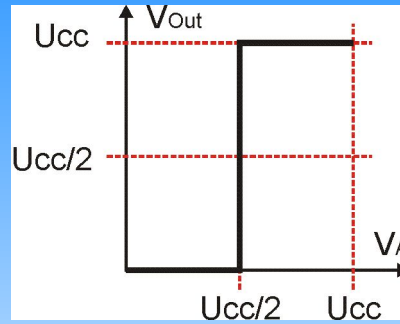
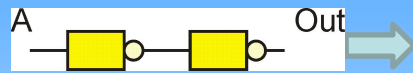
# Как это работает



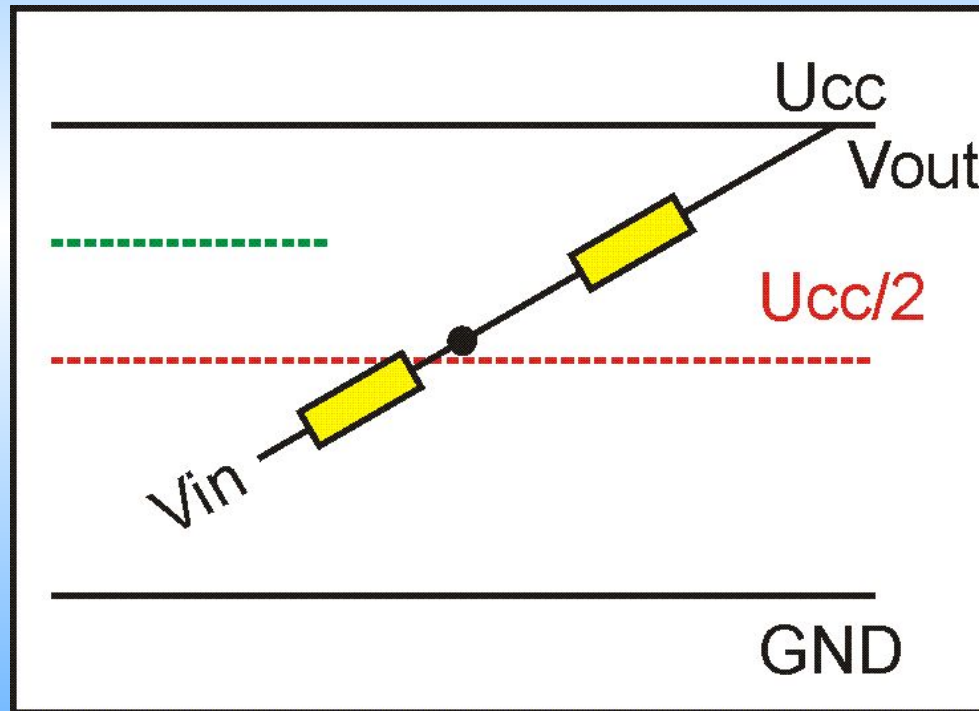
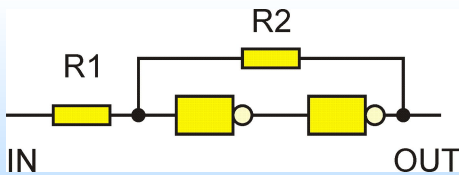
На выходе может быть либо 0, либо 1.



# Как это работает

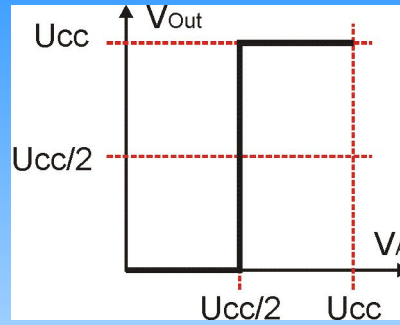
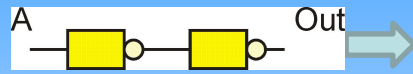


На выходе может быть либо 0, либо 1.

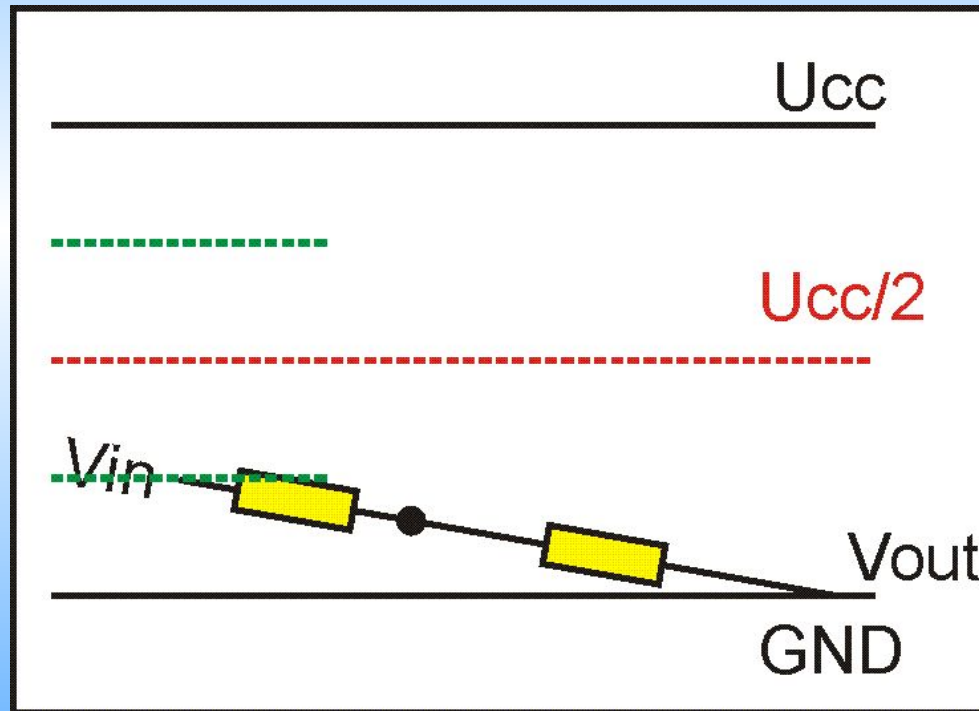
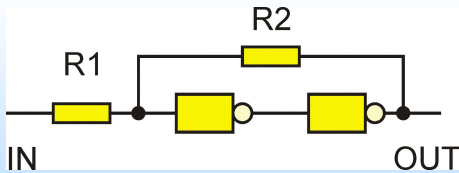




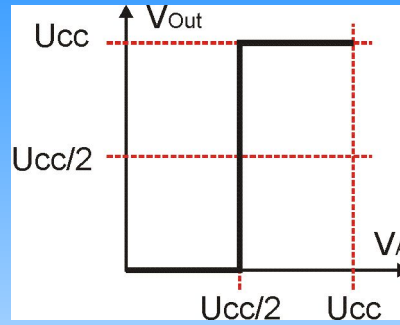
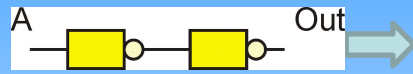
# Как это работает



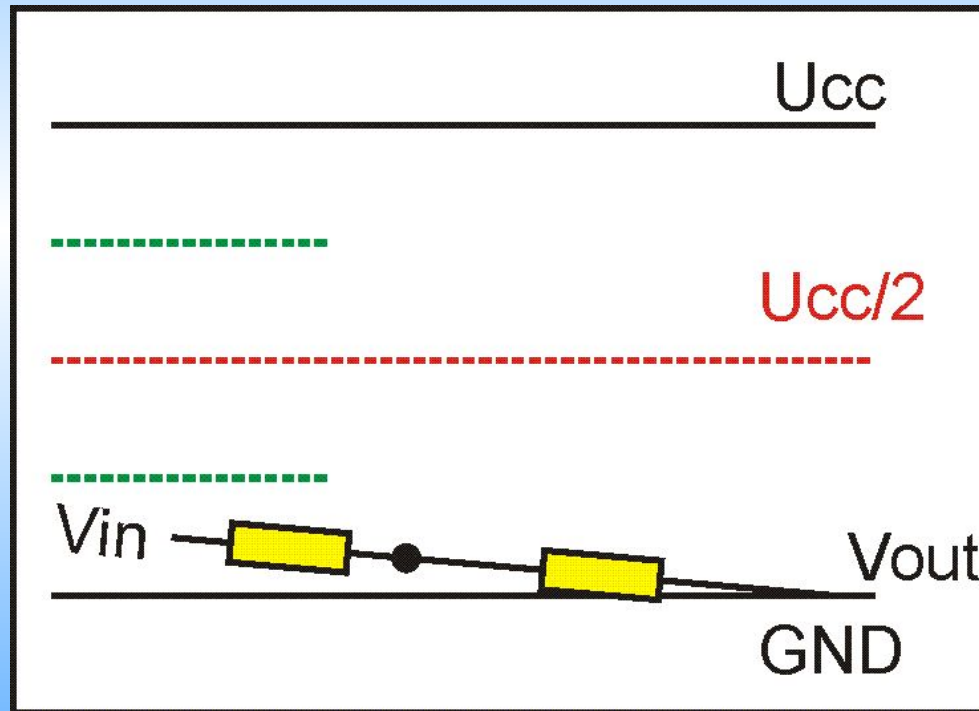
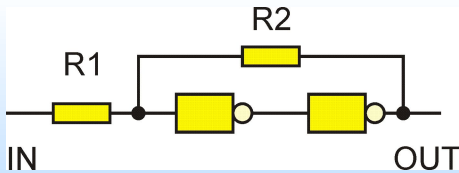
На выходе может быть либо 0, либо 1.



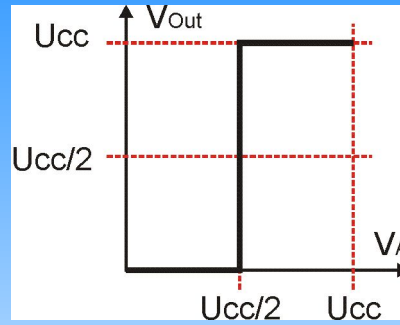
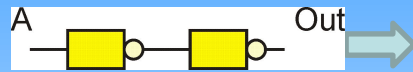
# Как это работает



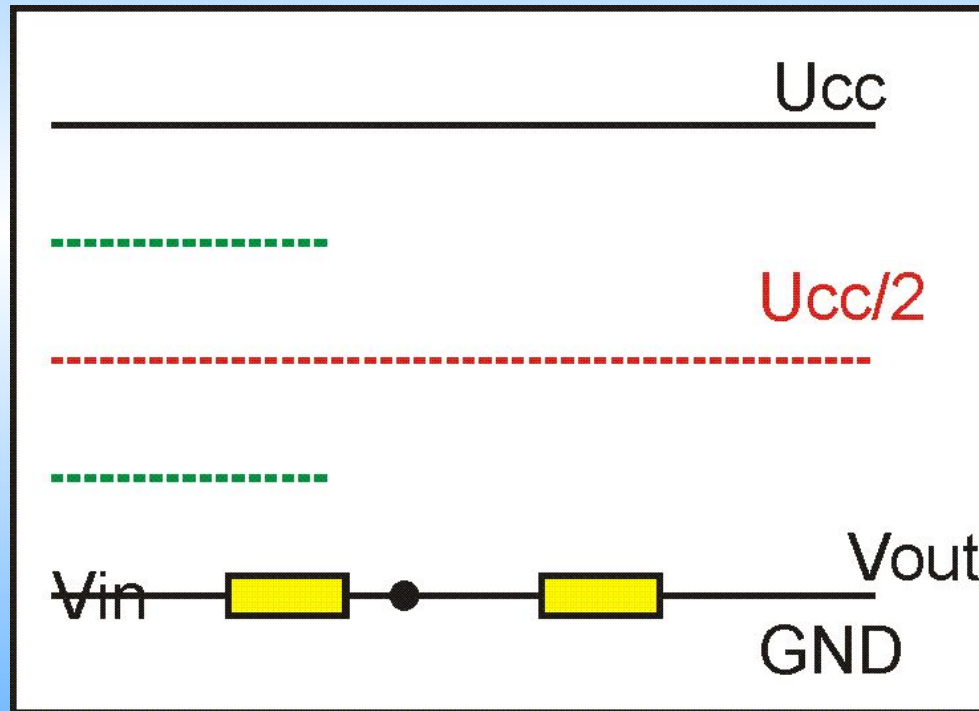
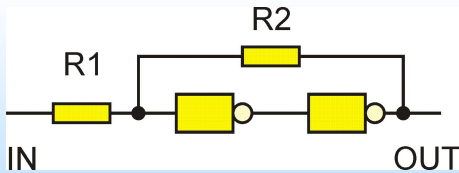
На выходе может быть либо 0, либо 1.



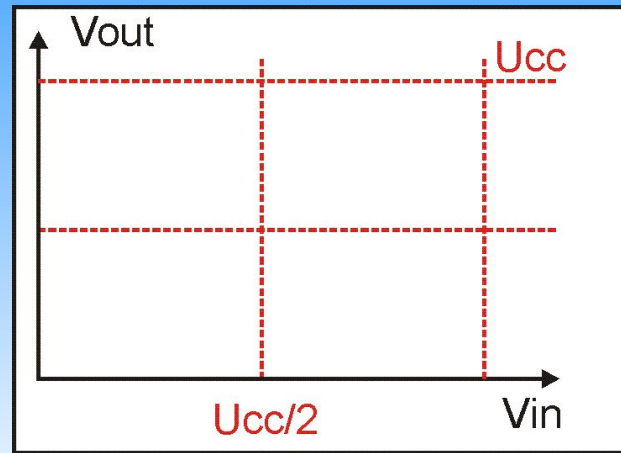
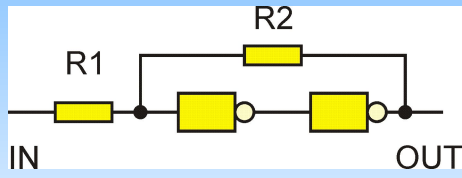
# Как это работает



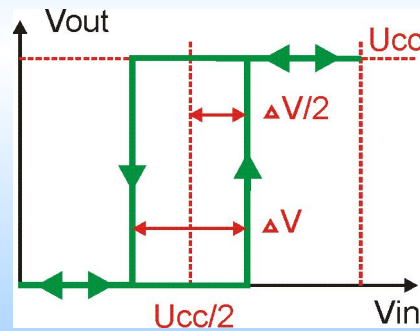
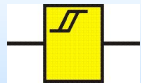
На выходе может быть либо 0, либо 1.



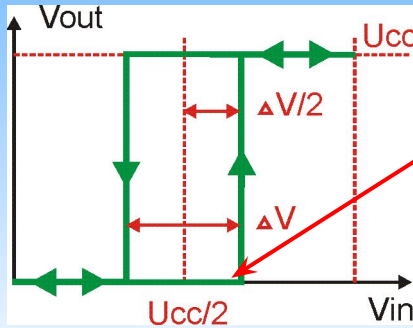
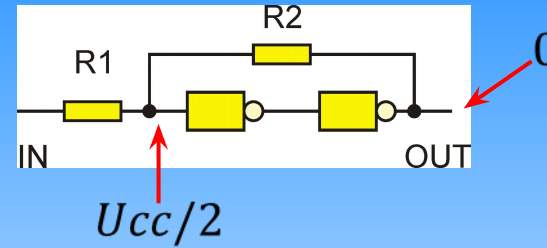
# Гистерезис



movies



# Гистерезис. Расчет.



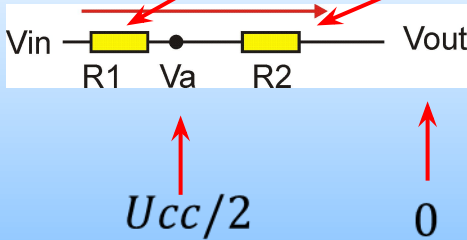
В точке непосредственно перед переключением

$$V_{in} - \frac{U_{cc}}{2} = \frac{\Delta V}{2} = I \times R1$$

$$I = \frac{U_{cc}/2 - 0}{R2} = \frac{U_{cc}}{2 \times R2}$$

$$\frac{\Delta V}{2} = \frac{U_{cc}}{2} \times \frac{R1}{R2}$$

$$\Delta V = U_{cc} \times \frac{R1}{R2}$$

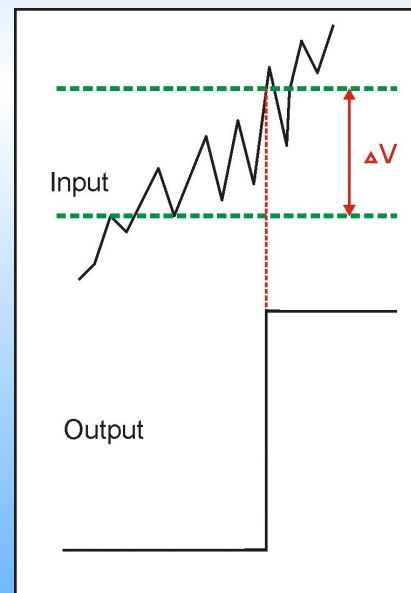
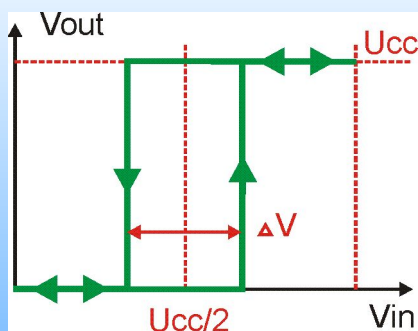
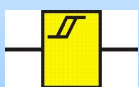
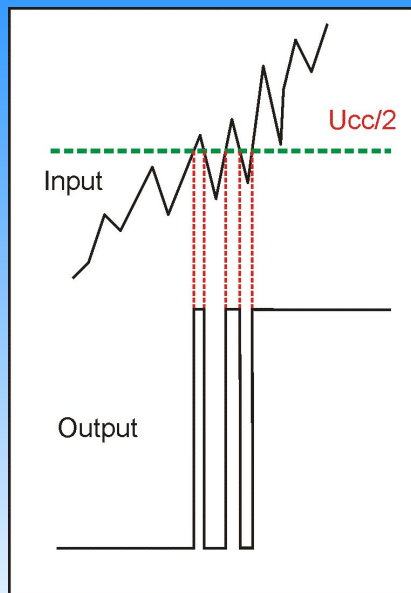
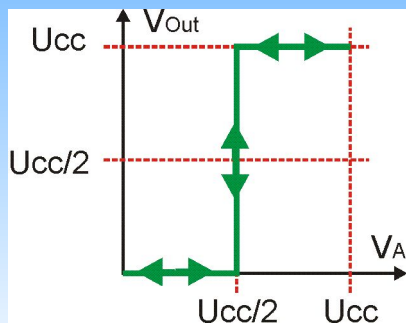
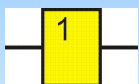


Если  $0 \leq V_{in} \leq U_{cc}$

$$\frac{R1}{R2} < 1$$

# Применение. Борьба с шумами.

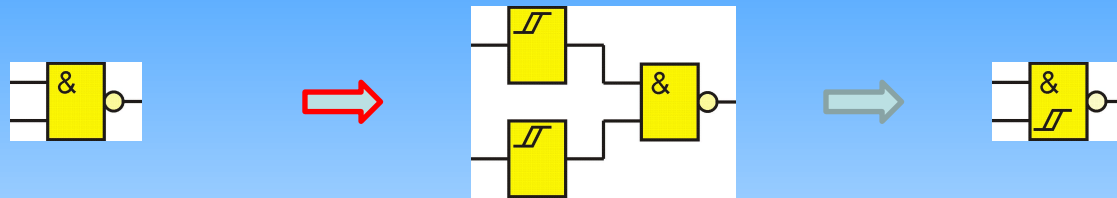
## Debouncing



Размах шумовой составляющей должен быть меньше величины гистерезиса.

Дополнительный бонус: обострение фронта.

# Применение. Входы микросхем



Логическая функция не изменилась.  
Схема стала более устойчива к шумам и затянутым фронтам

Простая логика с триггерами Шмитта на входах

Type	Function	Quantity
74HC14	NOT	6
CD40106	NOT	6
74HC132	2NAND	4
CD4093	2NAND	4

## 74HC14

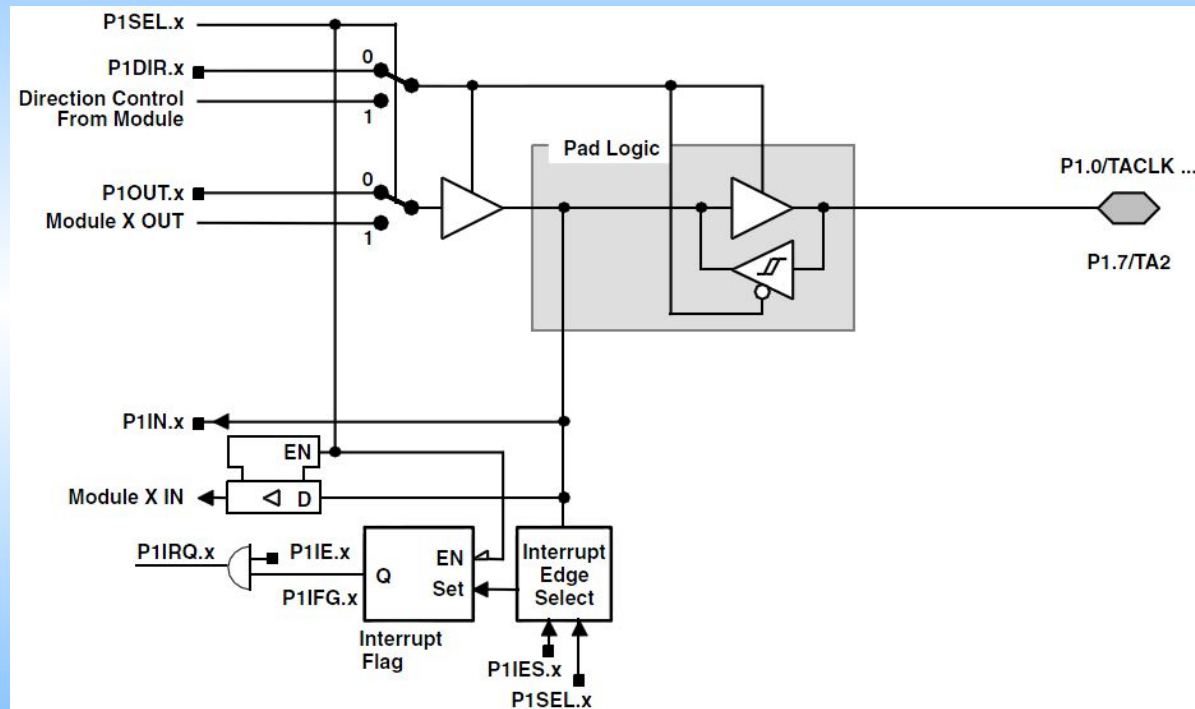
Symbol	Parameter	Conditions	T <sub>amb</sub> = 25 °C			T <sub>amb</sub> = -40 °C to +85 °C		T <sub>amb</sub> = -40 °C to +125 °C		Unit
			Min	Typ	Max	Min	Max	Min	Max	
<b>74HC14</b>										
V <sub>T+</sub>	positive-going threshold voltage	V <sub>CC</sub> = 2.0 V	0.7	1.18	1.5	0.7	1.5	0.7	1.5	V
		V <sub>CC</sub> = 4.5 V	1.7	2.38	3.15	1.7	3.15	1.7	3.15	V
		V <sub>CC</sub> = 6.0 V	2.1	3.14	4.2	2.1	4.2	2.1	4.2	V
V <sub>T-</sub>	negative-going threshold voltage	V <sub>CC</sub> = 2.0 V	0.3	0.52	0.9	0.3	0.9	0.3	0.9	V
		V <sub>CC</sub> = 4.5 V	0.9	1.4	2.0	0.9	2.0	0.9	2.0	V
		V <sub>CC</sub> = 6.0 V	1.2	1.89	2.6	1.2	2.6	1.2	2.6	V
V <sub>H</sub>	hysteresis voltage	V <sub>CC</sub> = 2.0 V	0.2	0.66	1.0	0.2	1.0	0.2	1.0	V
		V <sub>CC</sub> = 4.5 V	0.4	0.98	1.4	0.4	1.4	0.4	1.4	V
		V <sub>CC</sub> = 6.0 V	0.6	1.25	1.6	0.6	1.6	0.6	1.6	V



## Защита входов сложных микросхем

### Микроконтроллеры

MSP430

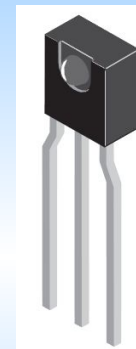
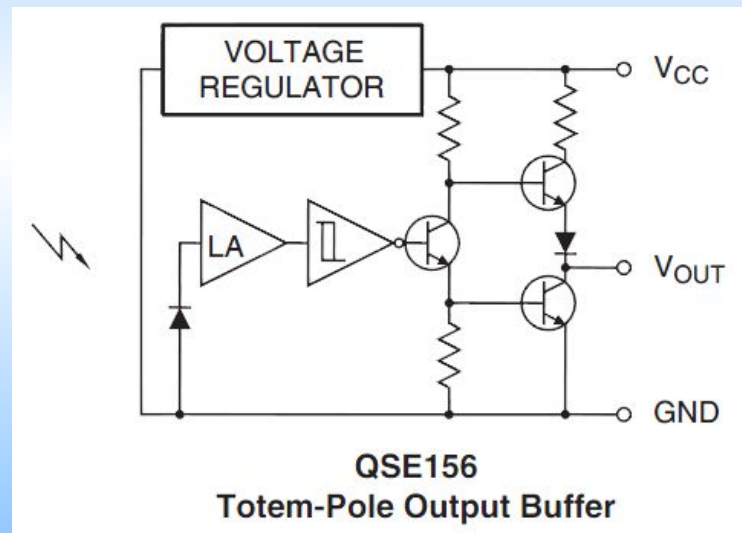


Внешний мир

# Применение. Определение порога.



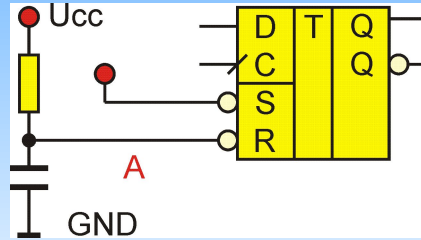
## OPTOLOGIC<sup>®</sup> Photosensor



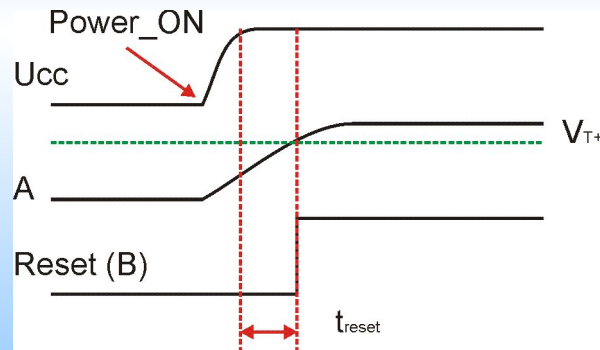
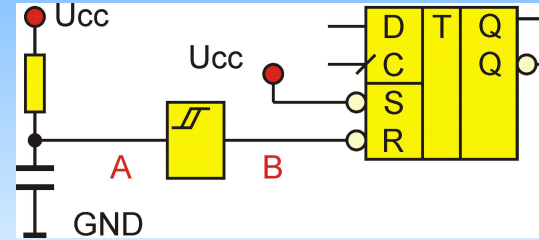
# Применение. Генератор сброса.

## Reset generator

Плохо

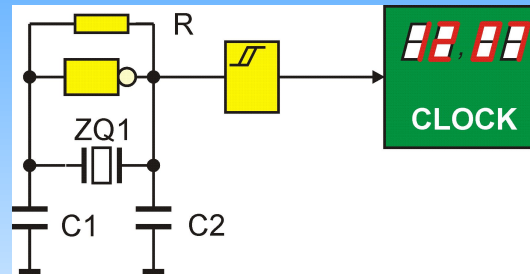


Хорошо

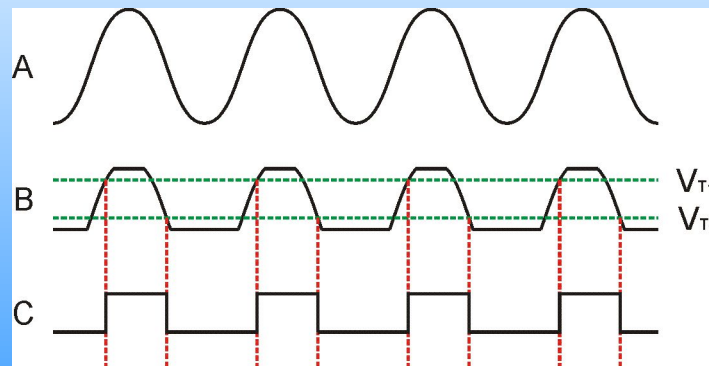
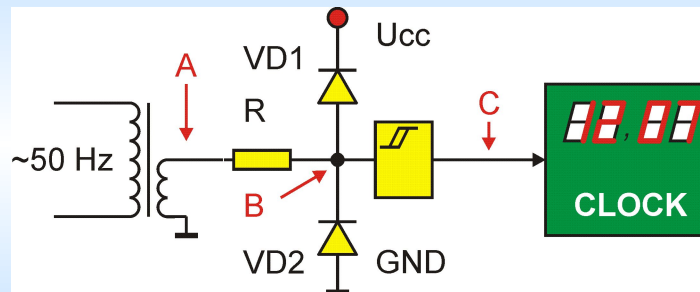


# Применение. Формирователь прямоугольных импульсов.

Правильные часы

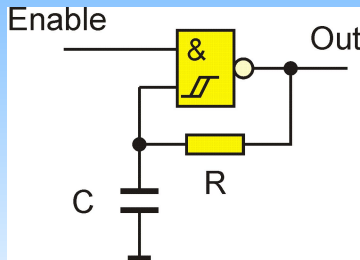


Менее точные часы



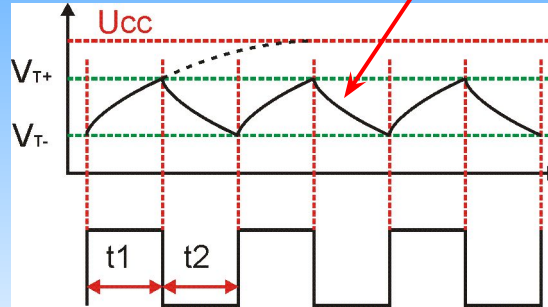
# Применение. Генератор импульсов

## Relaxation oscillator



$$T = t1 + t2$$

Напряжение на конденсаторе



$$t1 = RC \times \ln \left( \frac{U_{cc} - V_{T-}}{U_{cc} - V_{T+}} \right)$$

$$t2 = RC \times \ln \left( \frac{V_{T+}}{V_{T-}} \right)$$

$$T = RC \times \ln \left( \frac{U_{cc} - V_{T-}}{U_{cc} - V_{T+}} \times \frac{V_{T+}}{V_{T-}} \right)$$

Для микросхемы 74НС14

$R < 10 \text{ M}\Omega$

$$T \approx 0,9 \times RC$$

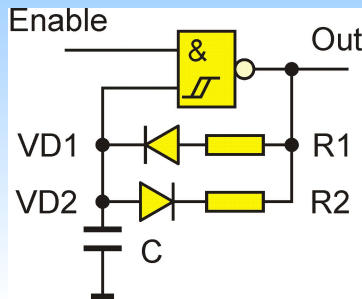
Для типовых значений

$$T \approx (0,8 \div 1,1) \times RC$$

С учетом разброса

# Применение. Генератор импульсов 2.

Независимая настройка t1 и t2



$$t1 = R1C \times \ln\left(\frac{U_{cc} - V_{T-}}{U_{cc} - V_{T+}}\right)$$

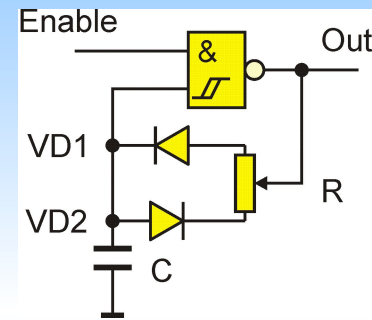
$$t2 = R2C \times \ln\left(\frac{V_{T+}}{V_{T-}}\right)$$

$$T = R1C \times \ln\left(\frac{U_{cc} - V_{T-}}{U_{cc} - V_{T+}}\right) + R2C \times \ln\left(\frac{V_{T+}}{V_{T-}}\right)$$

PWM  
Pulse Width Modulation

ШИМ

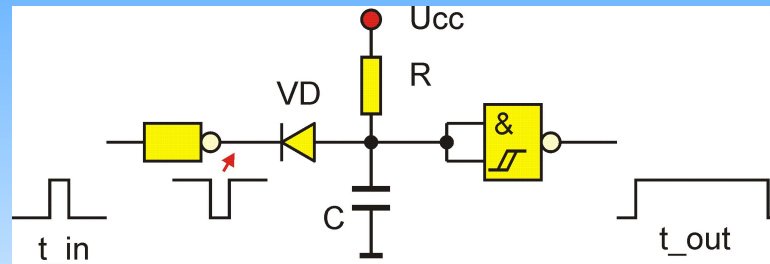
Широтно-импульсная модуляция



$$T = t1 + t2 \approx const$$

# Применение. Расширитель импульсов.

## Pulse stretcher



$$T = t_{in} + RC \times \ln \left( \frac{U_{cc} - V_{T-}}{U_{cc} - V_{T+}} \right)$$

Необходимо помнить, что при слишком большом конденсаторе может сгореть нижний выходной транзистор инвертора.

$$I_{OUT_0} > \frac{C \times U_{cc}}{t_{in}} + \frac{U_{cc}}{R}$$