

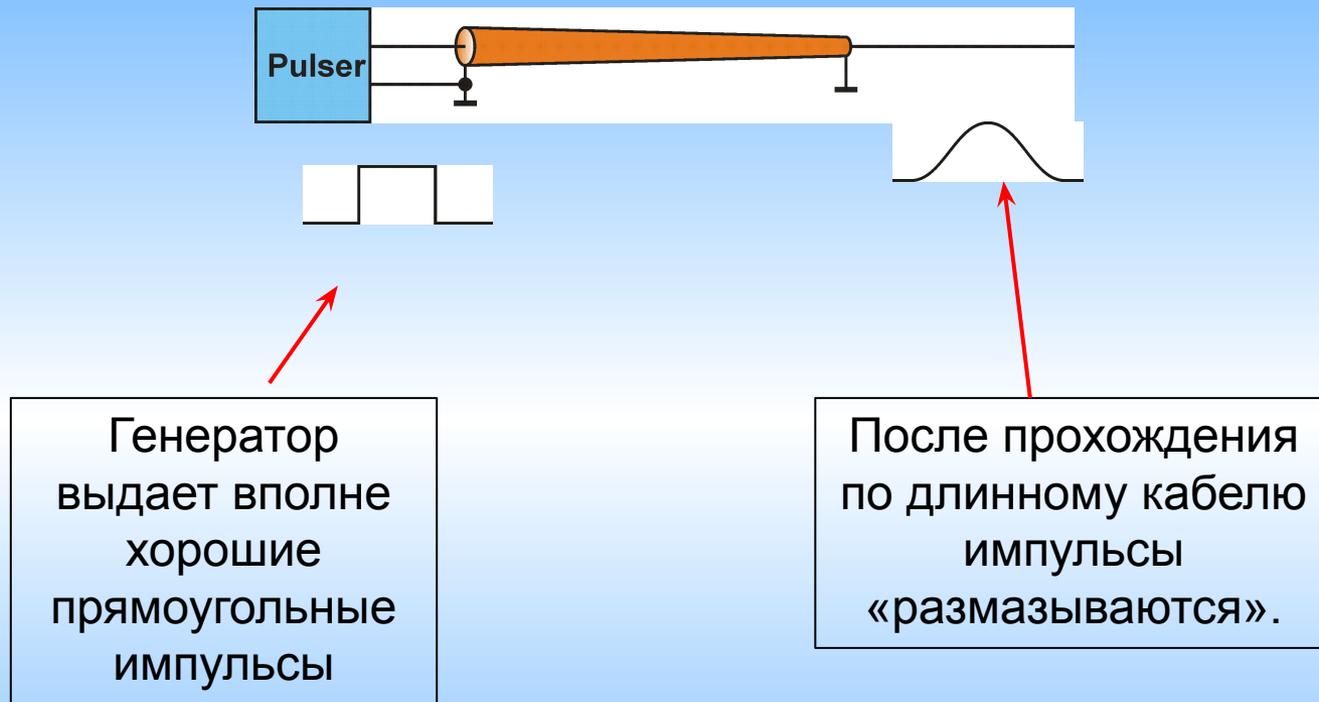


Триггер Шмитта Генераторы импульсов

Schmitt trigger

Кабель

Проблема 1

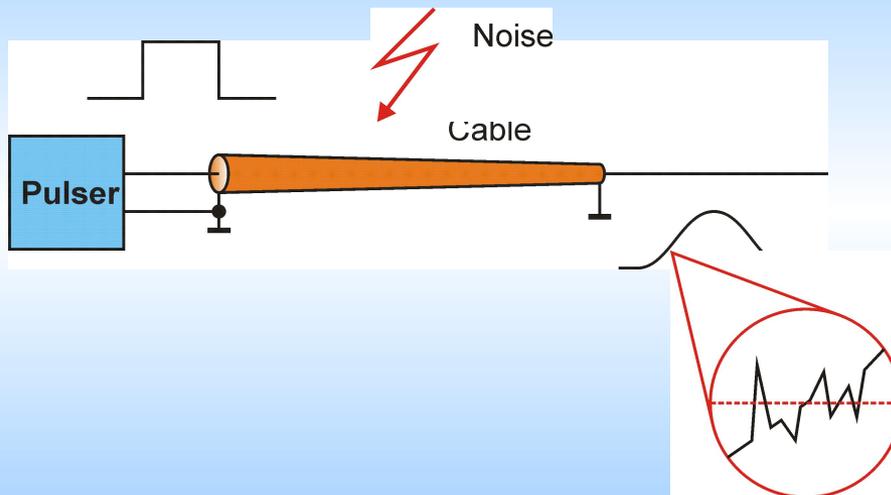


Фронты импульса в конце кабеля не могут использоваться в качестве цифровых событий!

Шумы

Проблема 2

На любые электронные элементы воздействуют электромагнитные шумы.



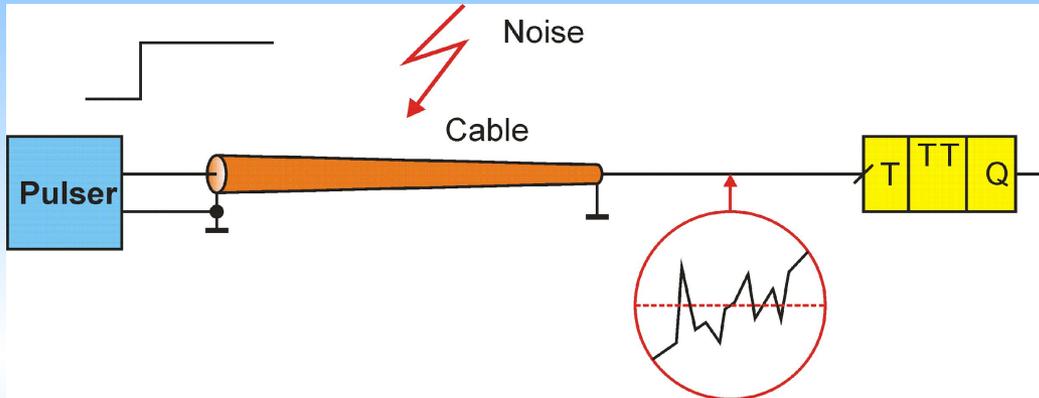
Зашумленный сигнал.

Вместо одного фронта имеем несколько!

Шумы

Проблема 2

Ожидаемое поведение.

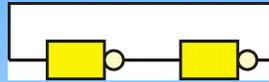


Реальное поведение.

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

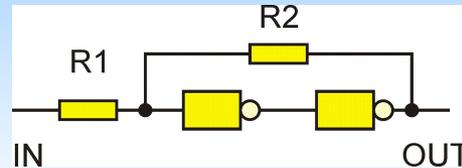
Триггер и обратная связь

Простейший триггер



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

Триггер Шмитта

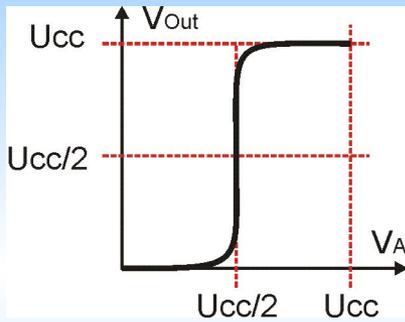
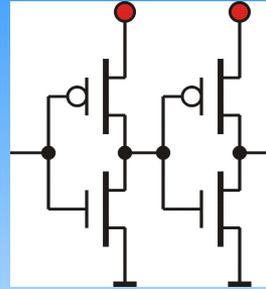
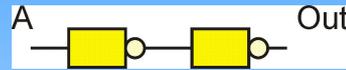


<100% обратная связь.
Сигнал частично передается с выхода устройства на его вход.
На вход IN можно подавать сигнал не устраивая короткое замыкание.

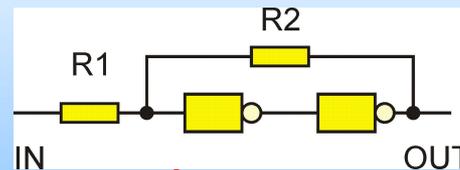
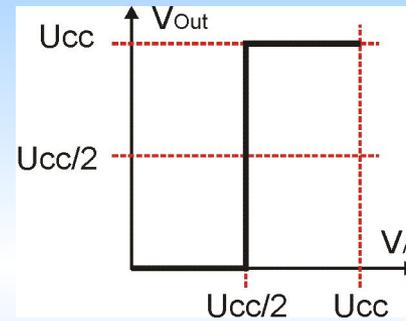
Триггер Шмитта

Как это работает

КМОП



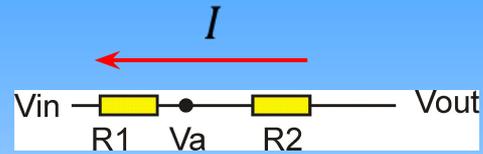
ИЛИ



A

$$V_{in} \neq V_A$$

Делитель напряжения



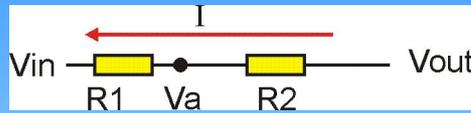
$$V_A = V_{IN} + I \times R1$$

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

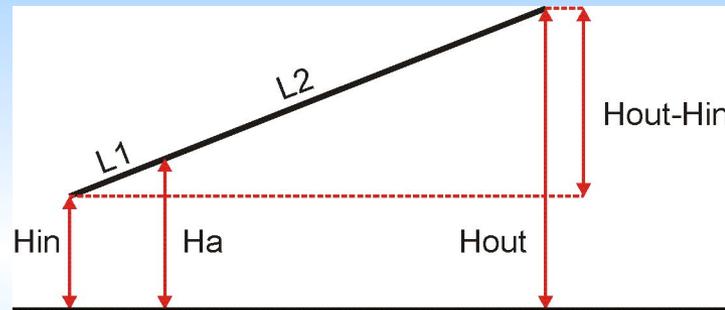
$$V_A = V_{IN} + \left(\frac{V_{OUT} - V_{IN}}{R1 + R2} \right) \times R1$$

Напряжение Va всегда находится между напряжениями Vin и Vout.

Делитель напряжения. Аналогия с качелями.

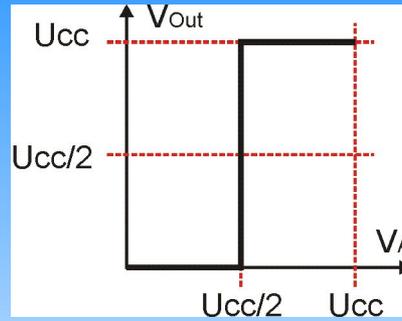


$$V_A = V_{IN} + \left(\frac{V_{OUT} - V_{IN}}{R1 + R2} \right) \times R1$$

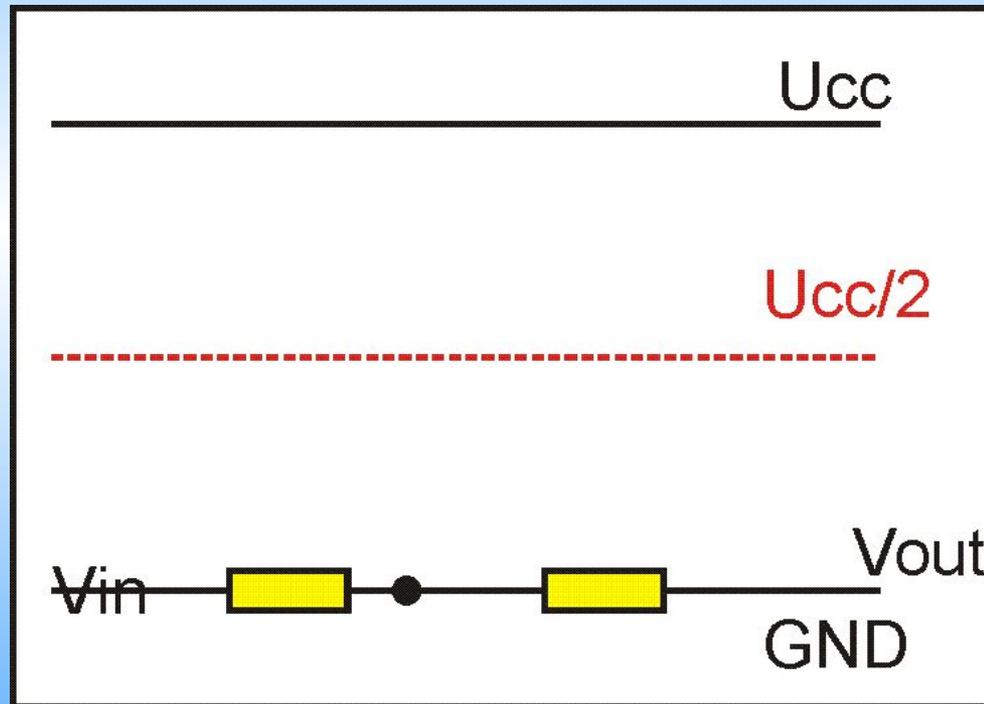
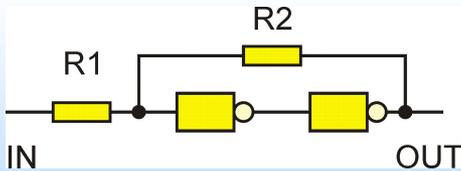


$$H_A = H_{IN} + \left(\frac{H_{OUT} - H_{IN}}{L1 + L2} \right) \times L1$$

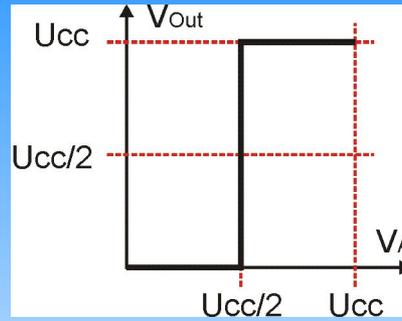
Как это работает



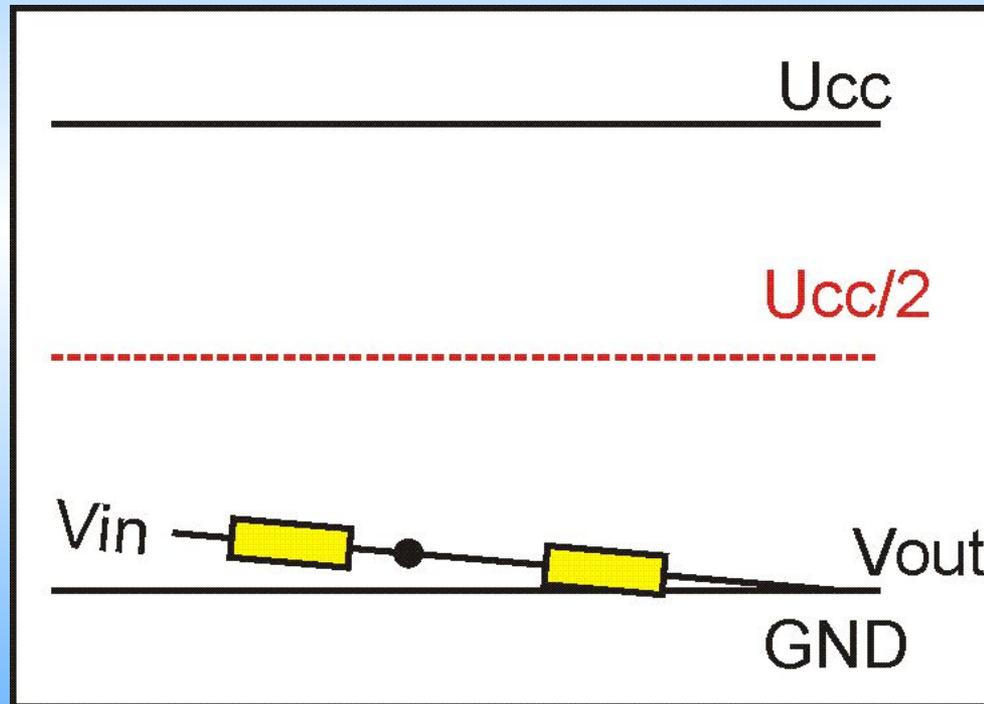
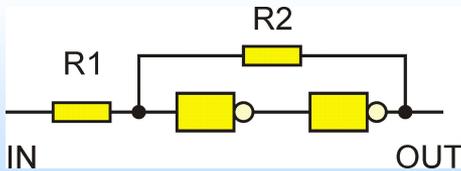
На выходе может быть либо 0, либо 1.



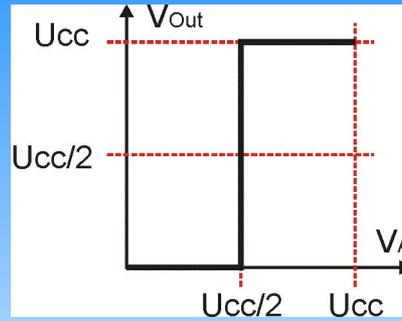
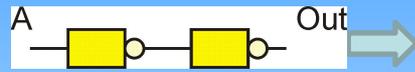
Как это работает



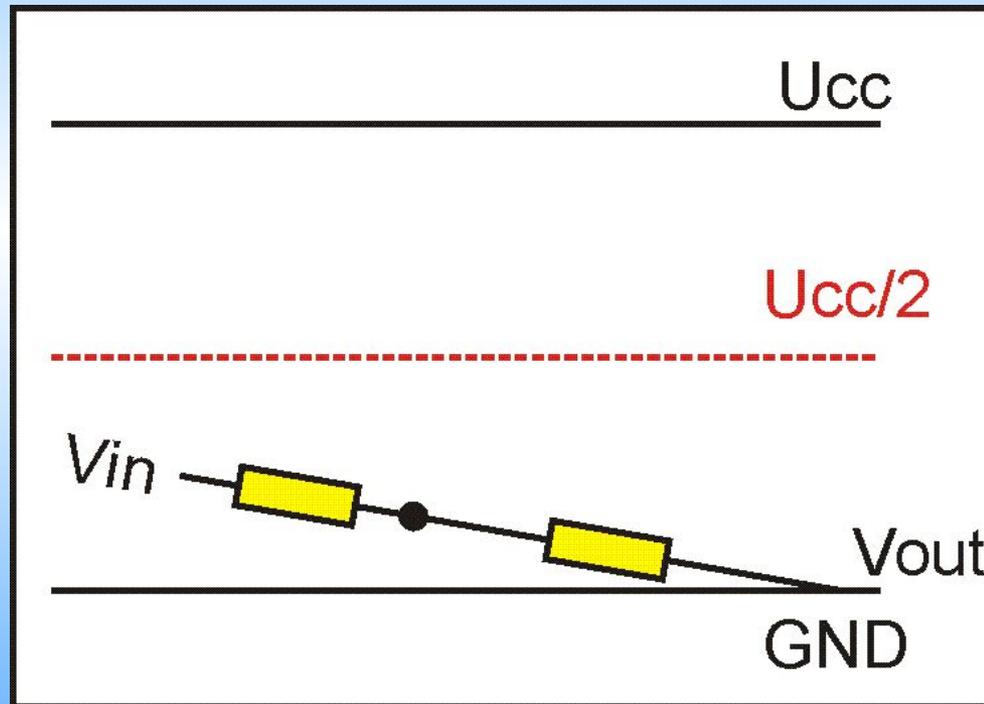
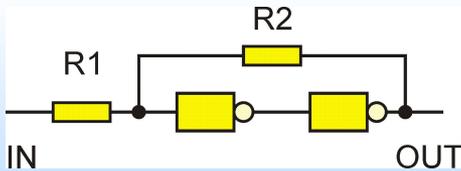
На выходе может быть либо 0, либо 1.



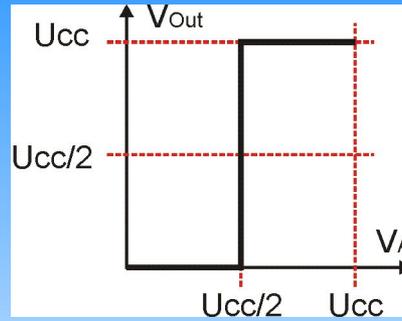
Как это работает



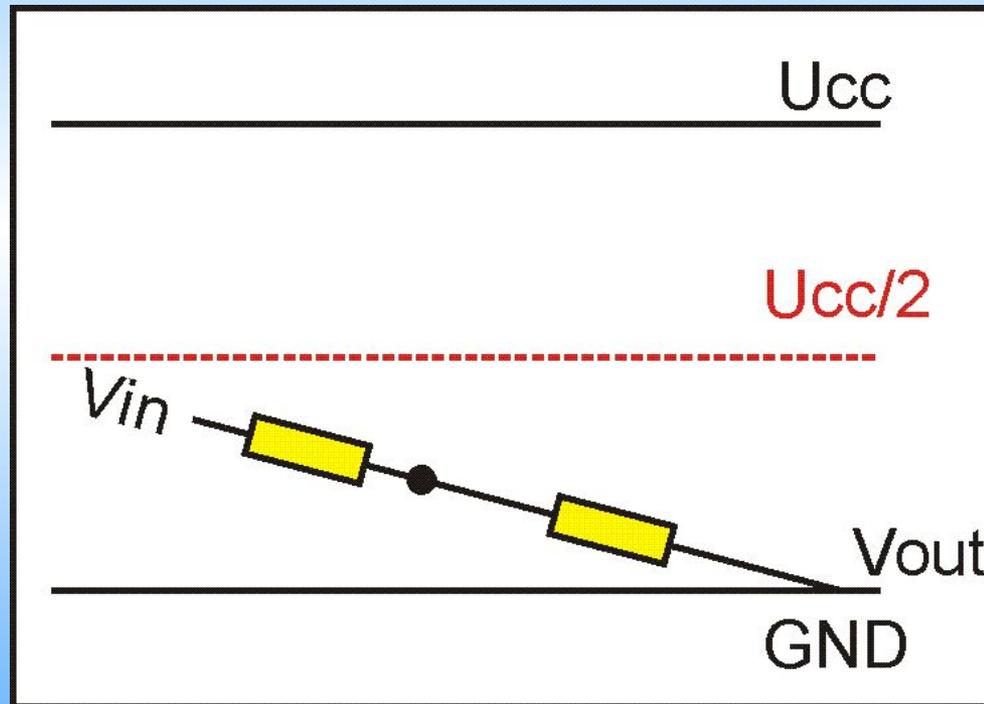
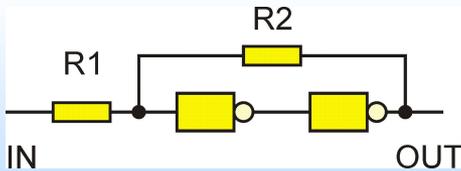
На выходе может быть либо 0, либо 1.



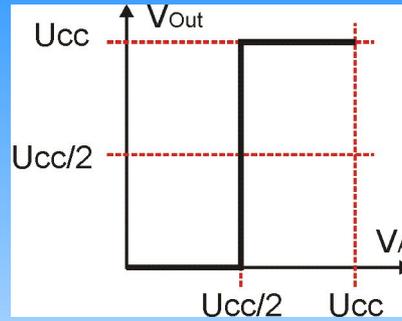
Как это работает



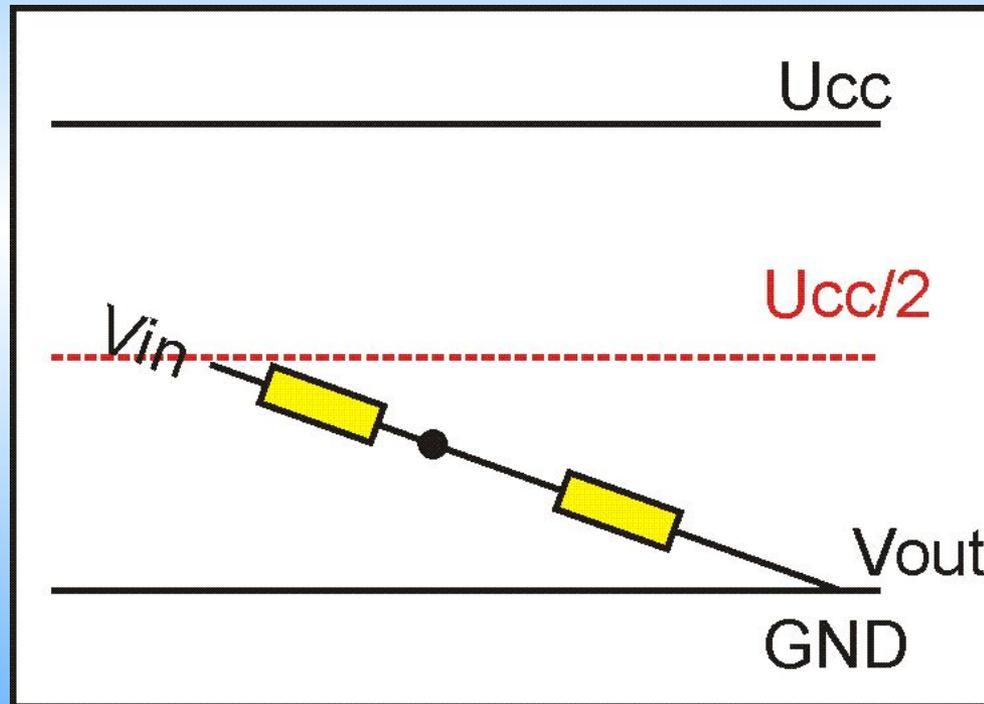
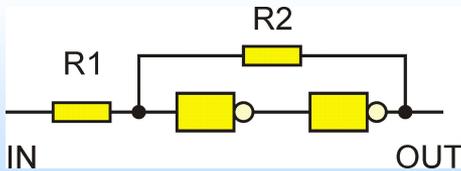
На выходе может быть либо 0, либо 1.



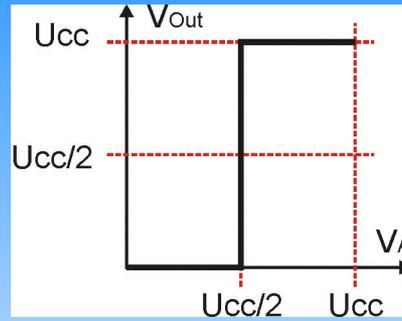
Как это работает



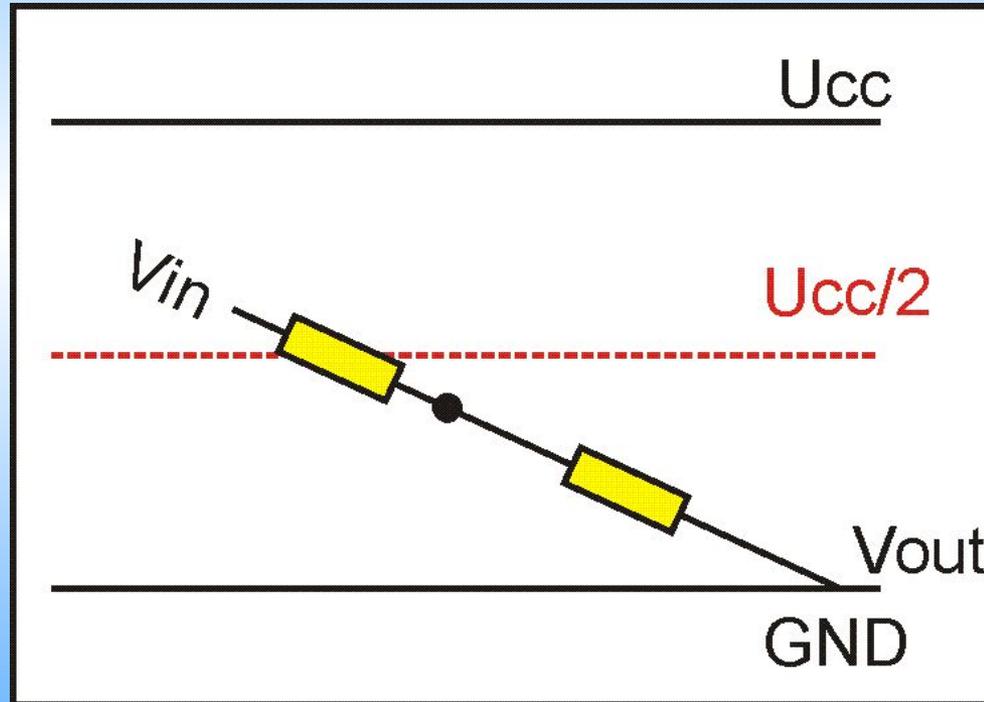
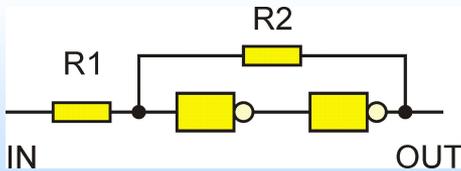
На выходе может быть либо 0, либо 1.



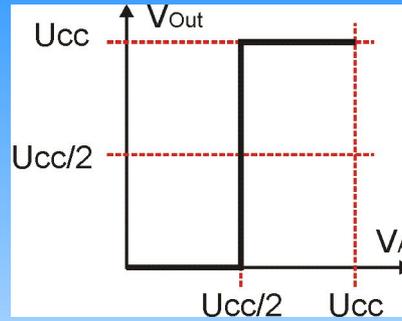
Как это работает



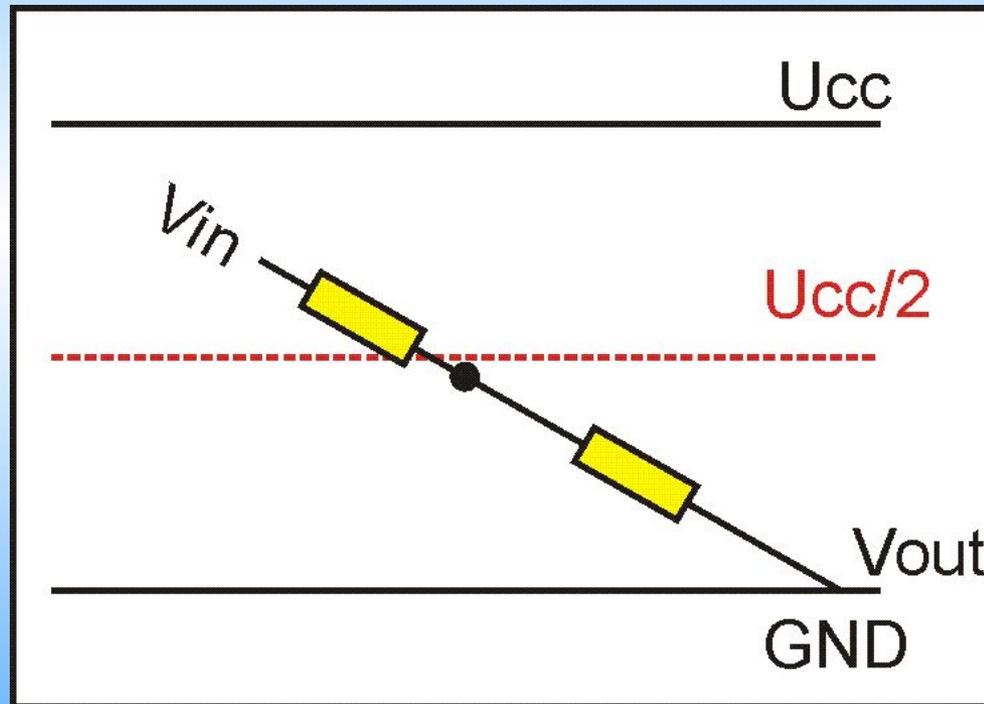
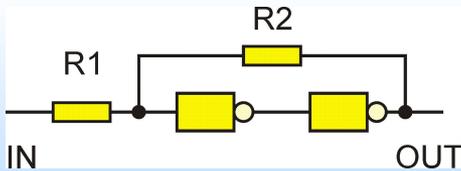
На выходе может быть либо 0, либо 1.



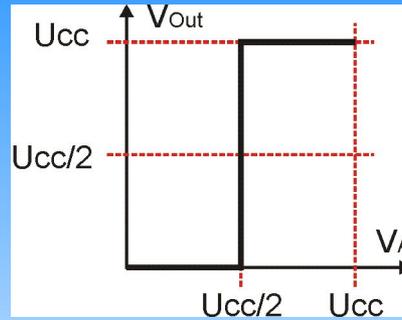
Как это работает



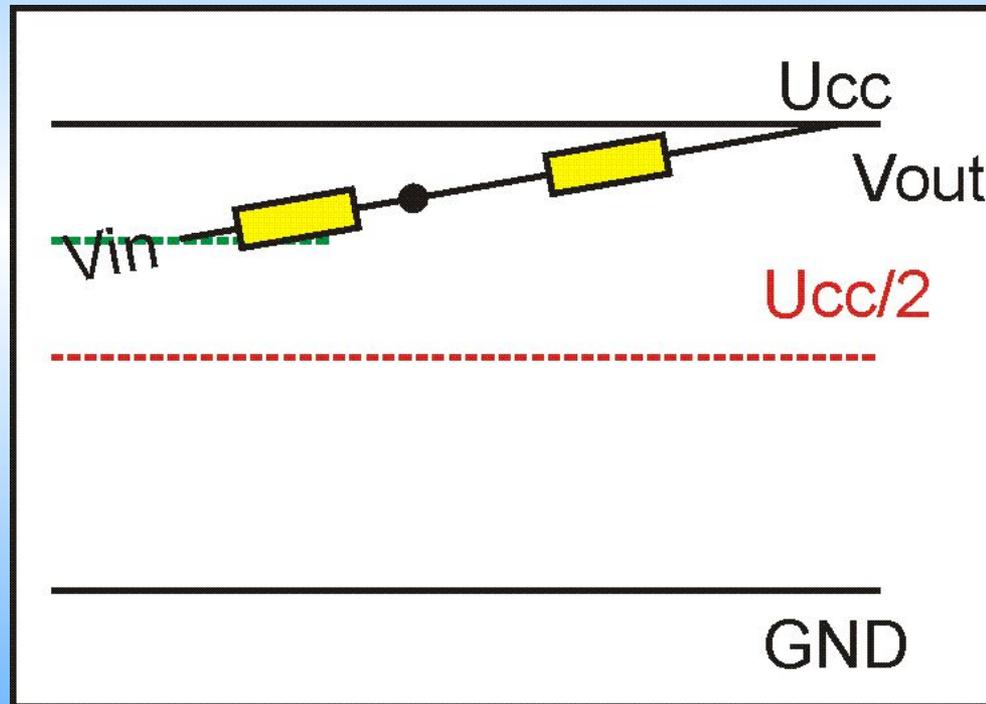
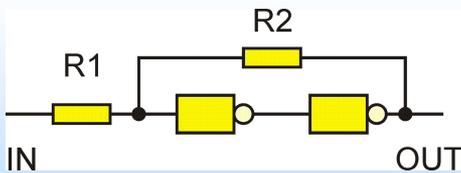
На выходе может быть либо 0, либо 1.



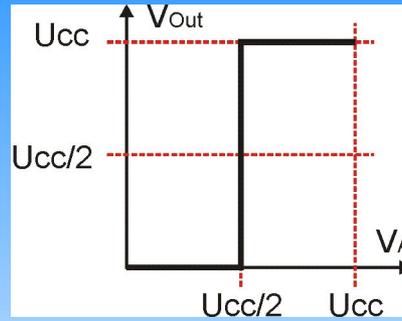
Как это работает



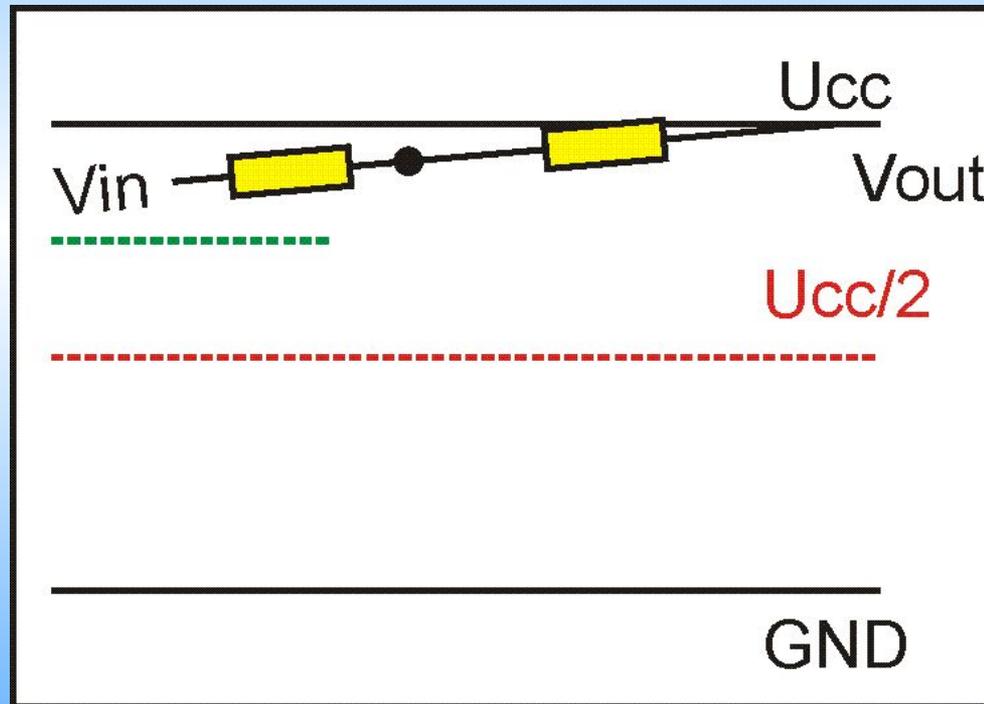
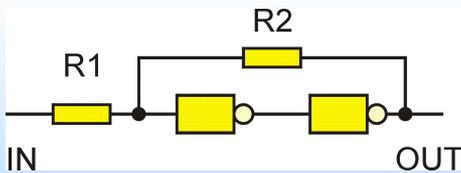
На выходе может быть либо 0, либо 1.



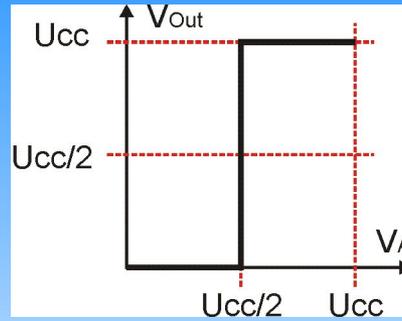
Как это работает



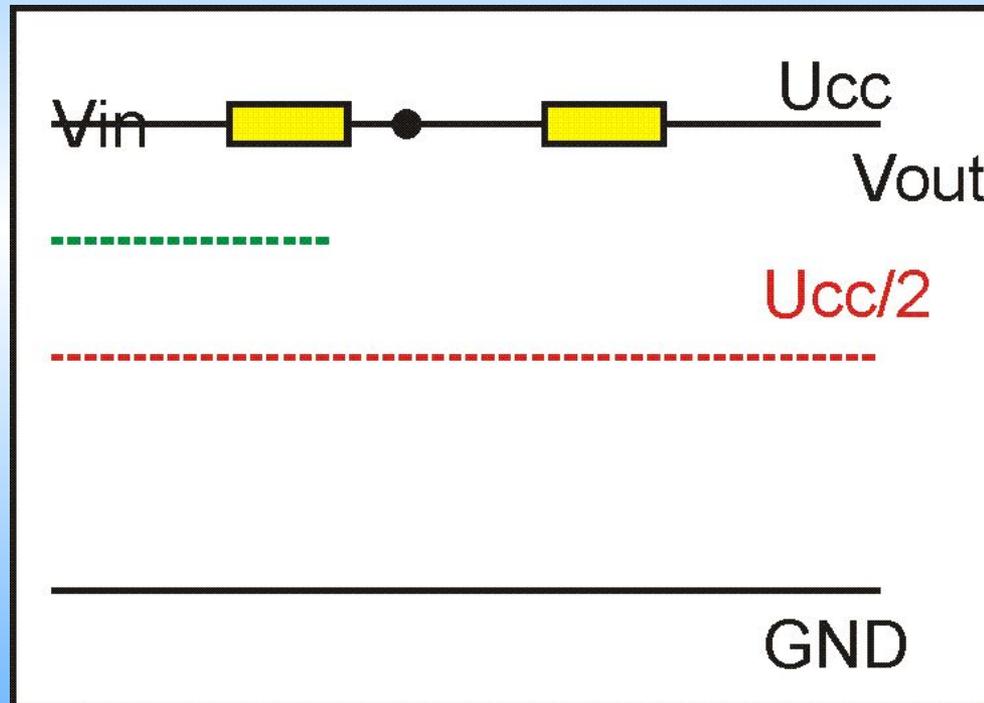
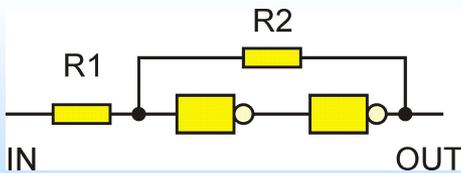
На выходе может быть либо 0, либо 1.



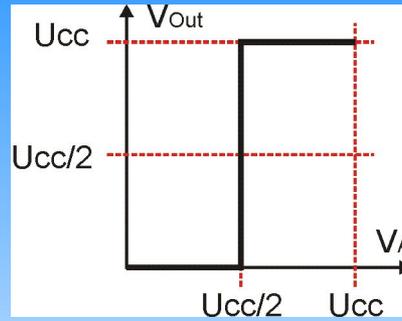
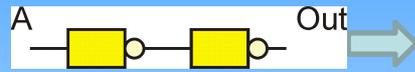
Как это работает



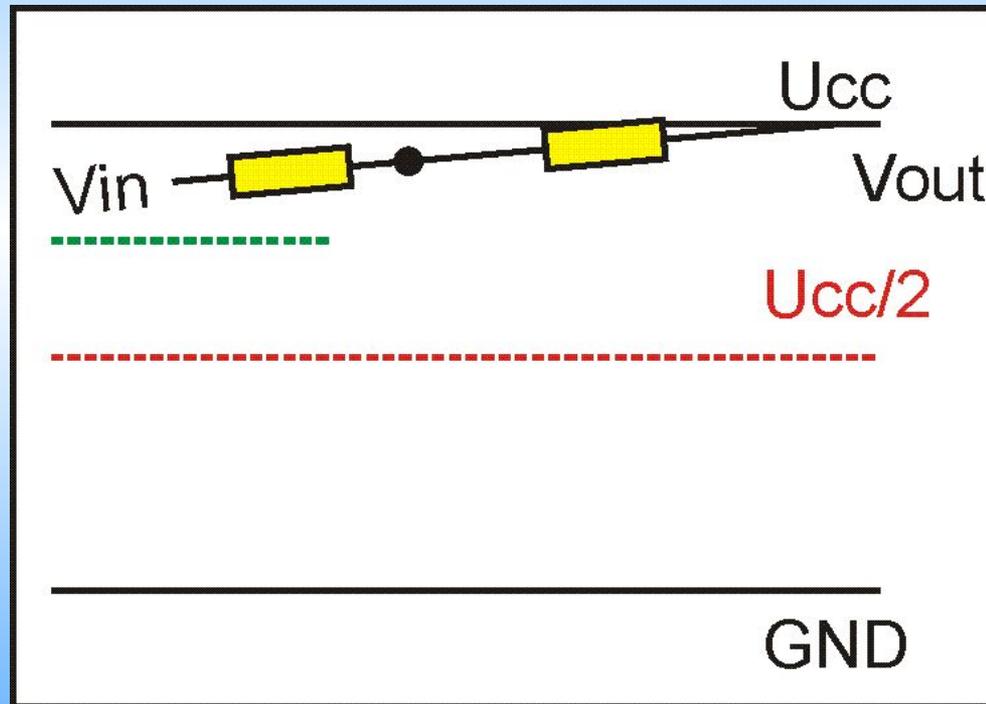
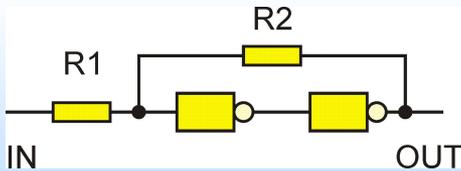
На выходе может быть либо 0, либо 1.



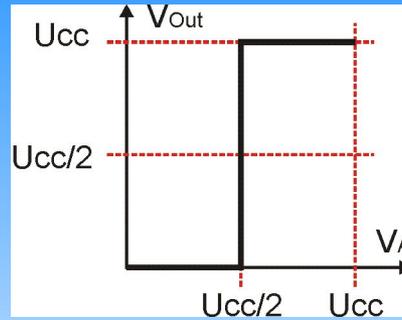
Как это работает



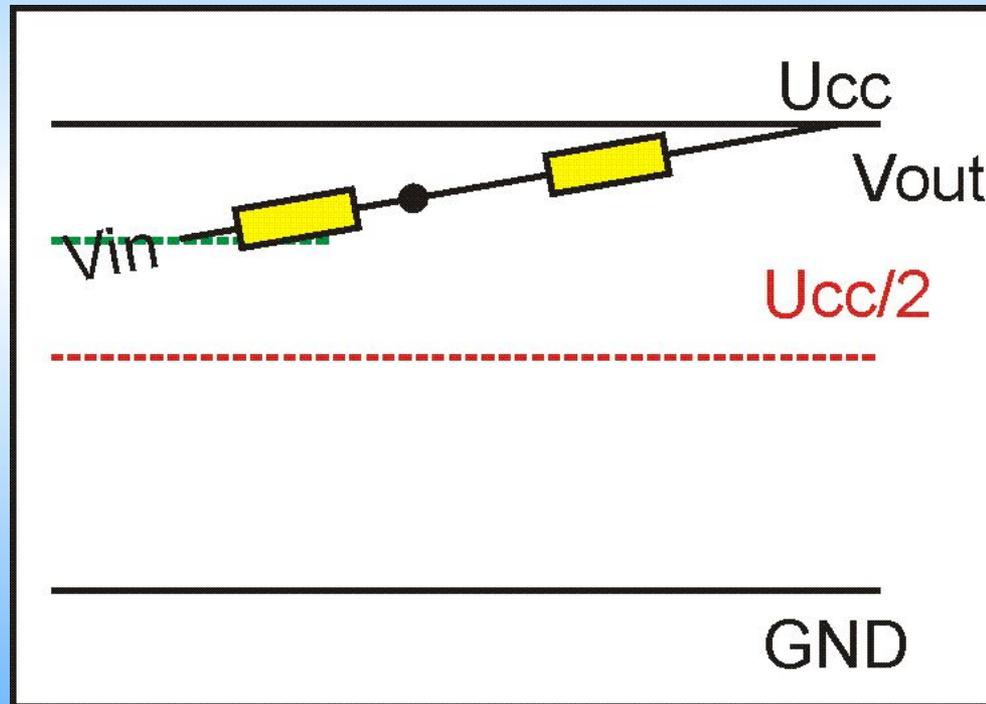
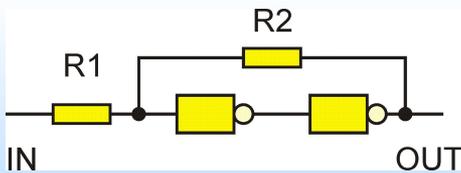
На выходе может быть либо 0, либо 1.



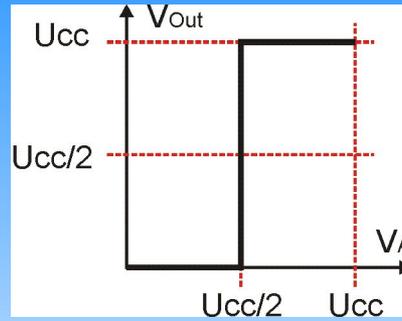
Как это работает



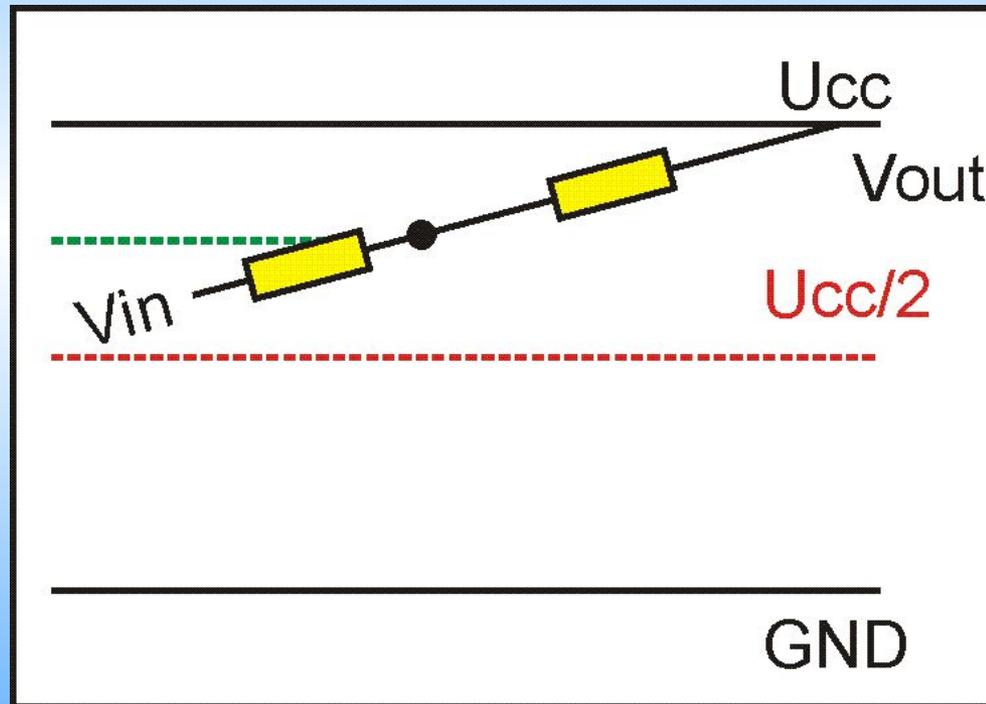
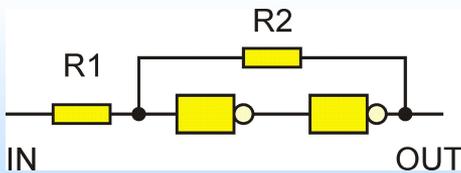
На выходе может быть либо 0, либо 1.



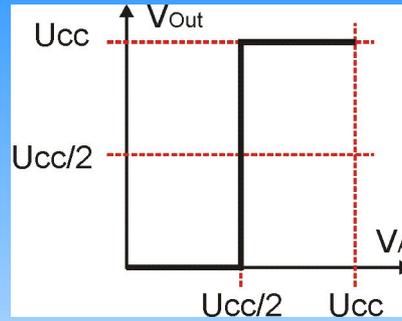
Как это работает



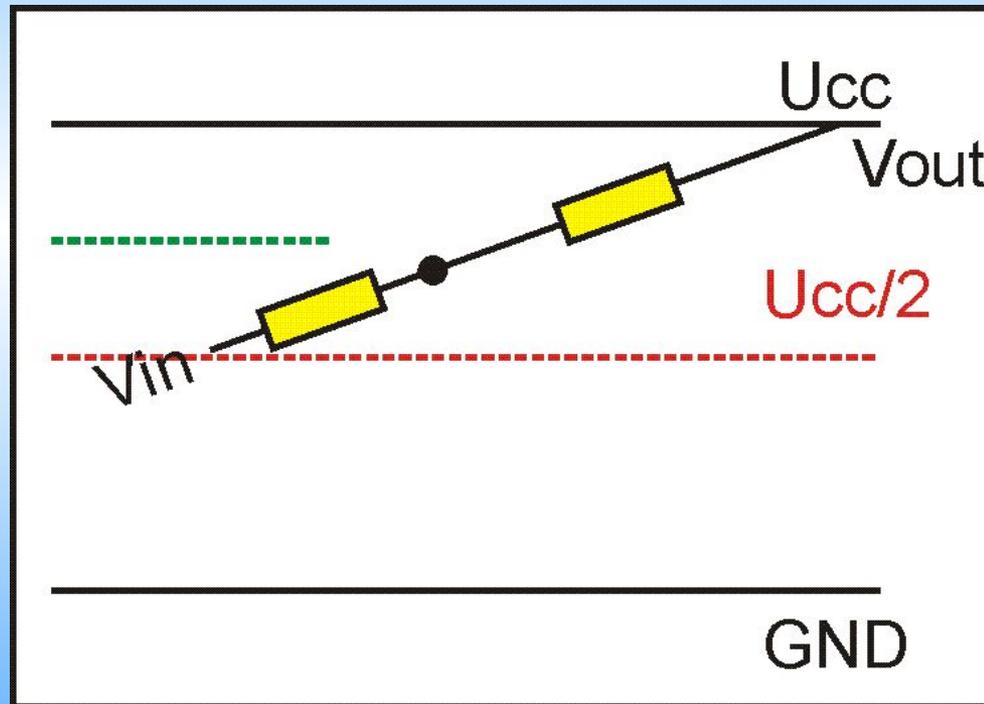
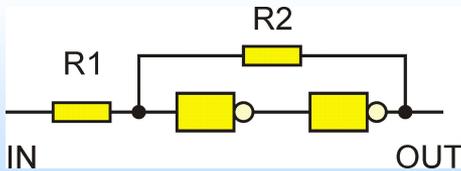
На выходе может быть либо 0, либо 1.



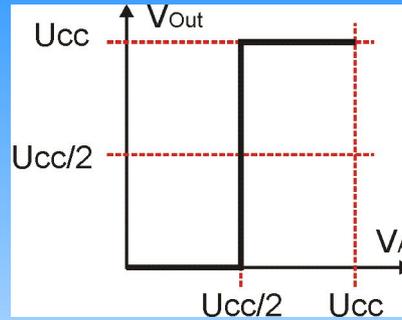
Как это работает



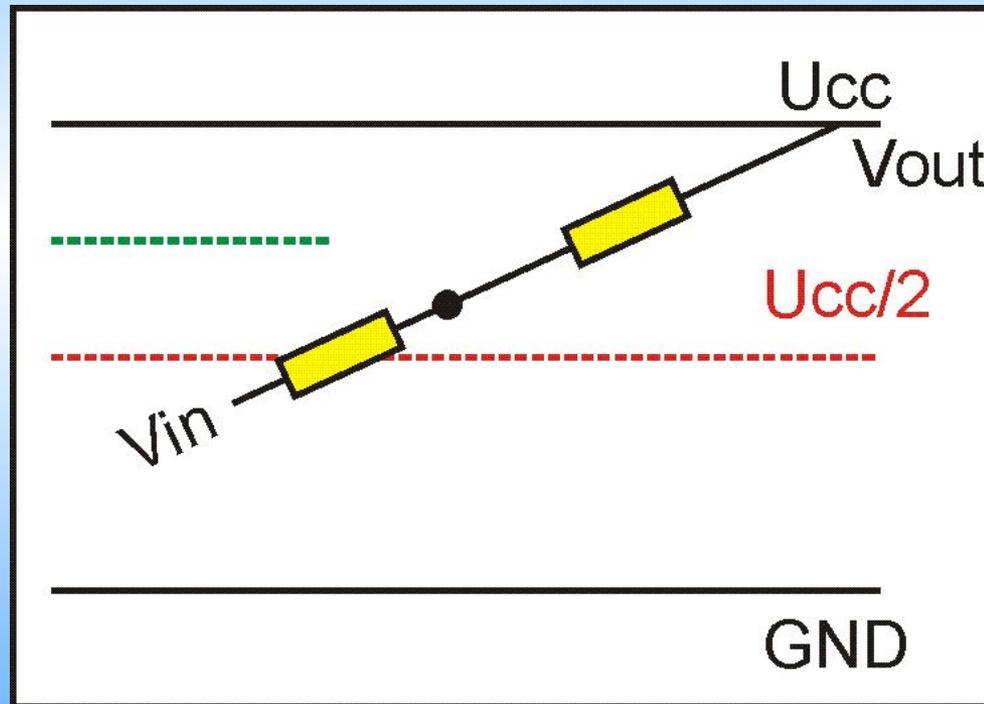
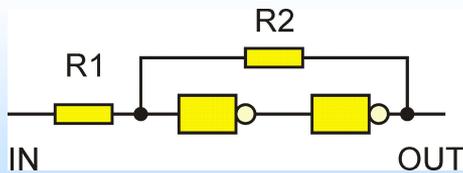
На выходе может быть либо 0, либо 1.



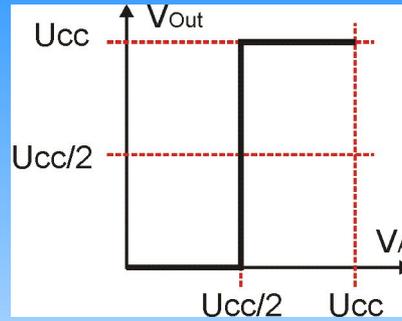
Как это работает



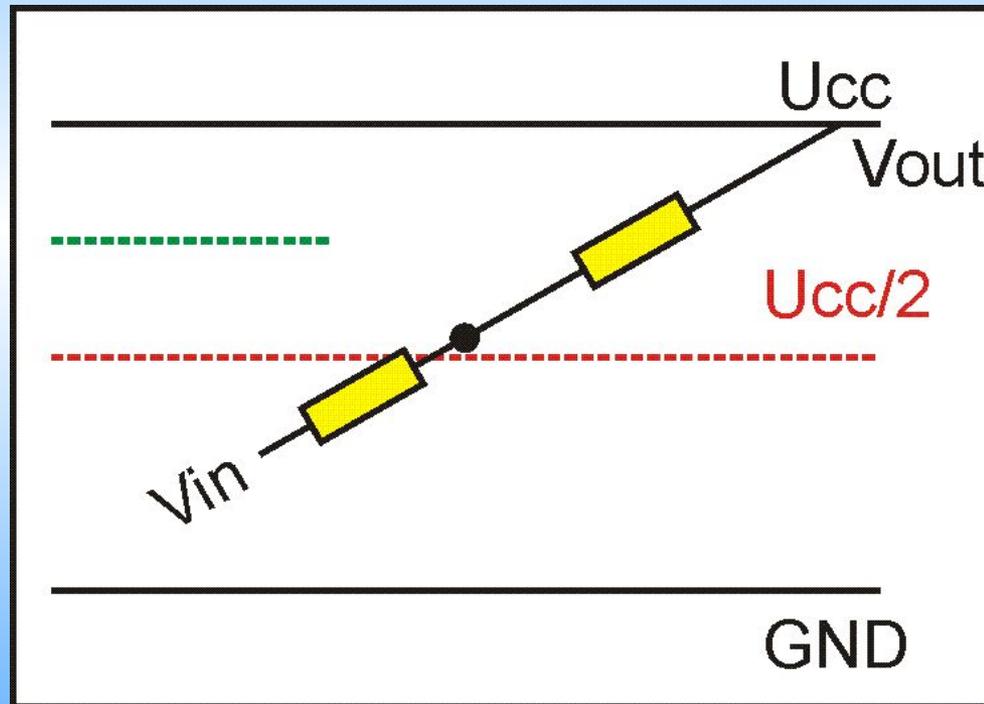
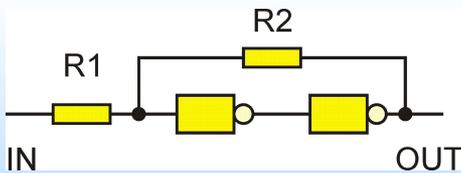
На выходе может быть либо 0, либо 1.



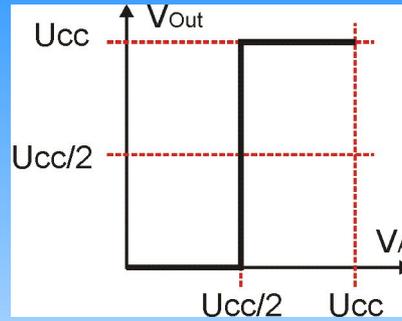
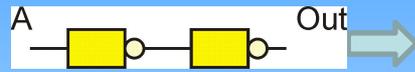
Как это работает



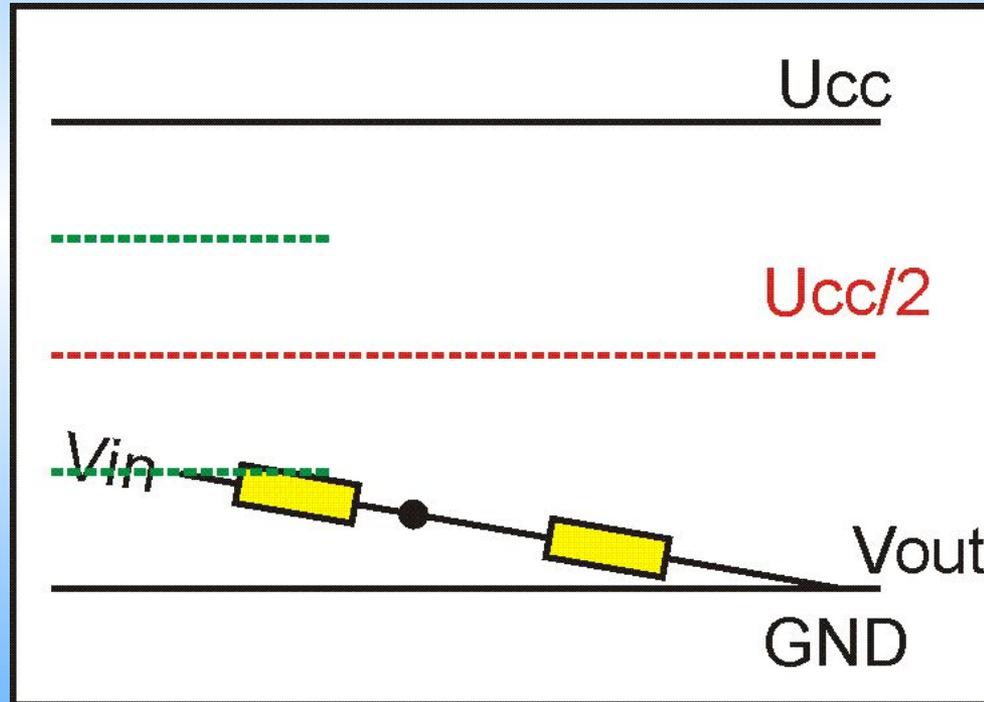
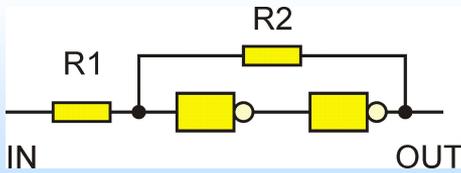
На выходе может быть либо 0, либо 1.



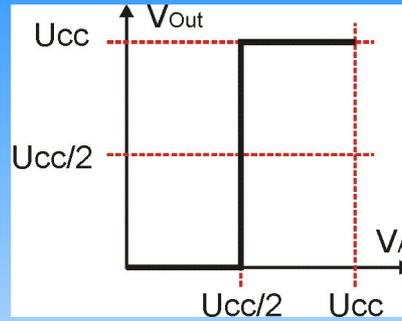
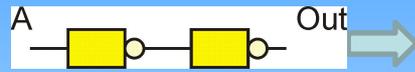
Как это работает



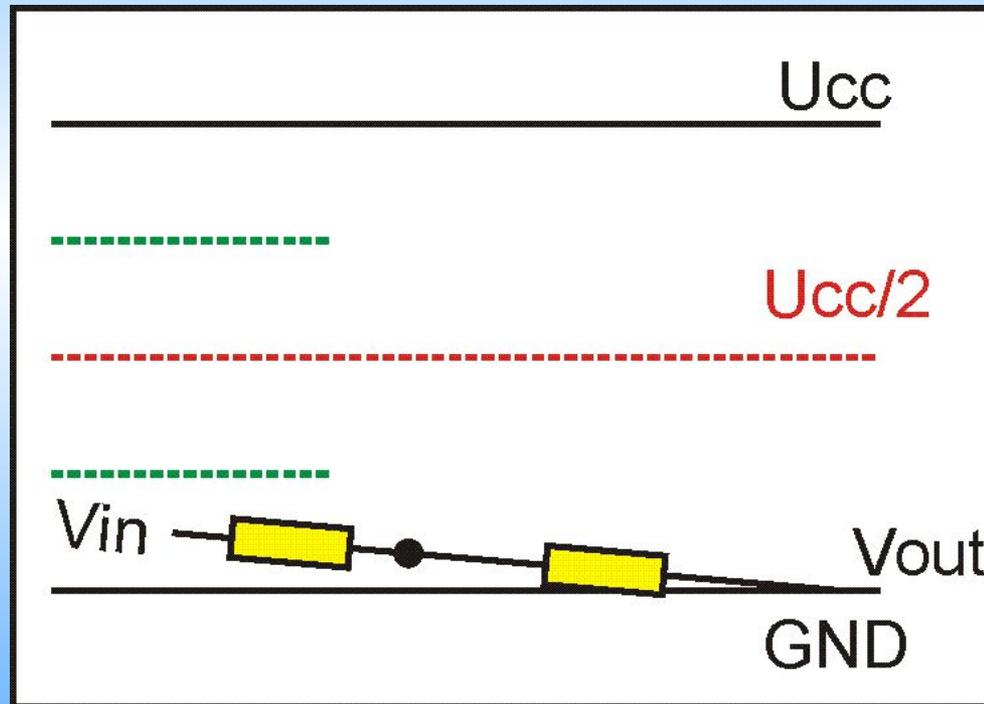
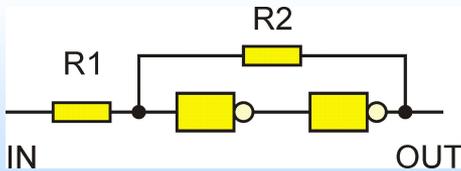
На выходе может быть либо 0, либо 1.



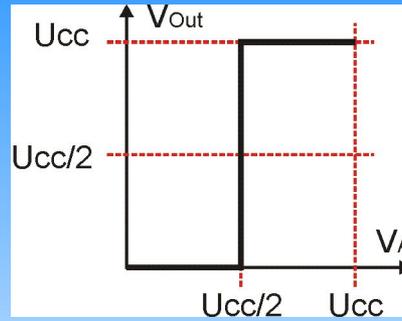
Как это работает



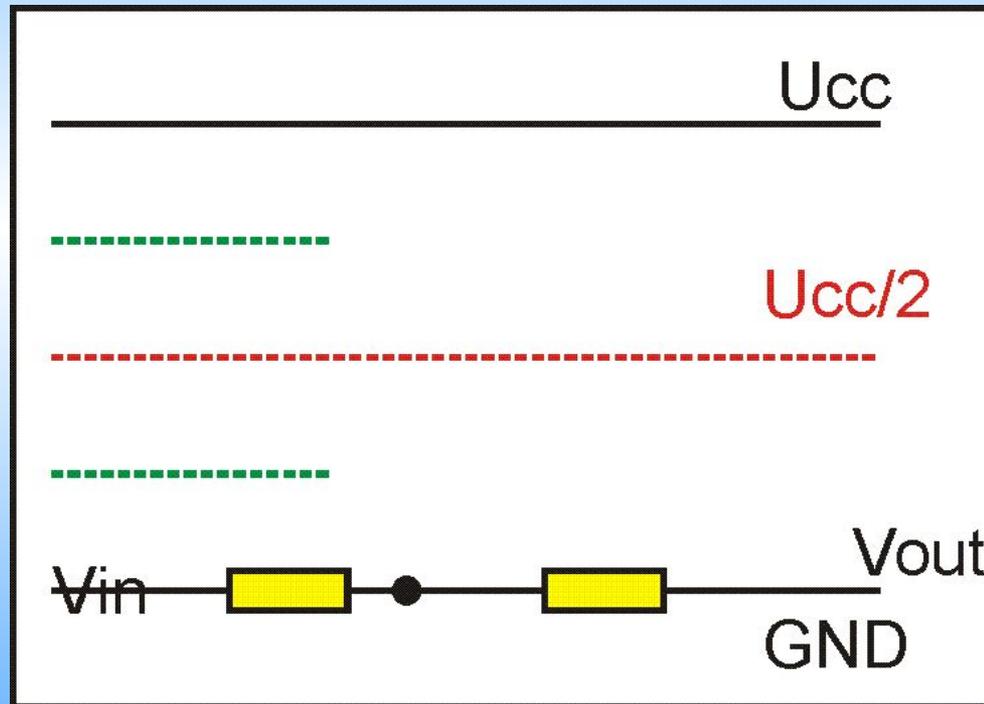
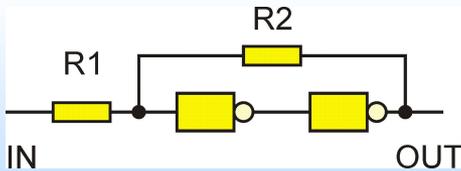
На выходе может быть либо 0, либо 1.



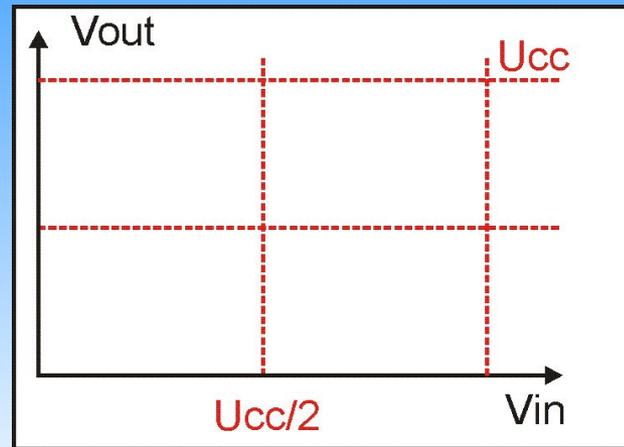
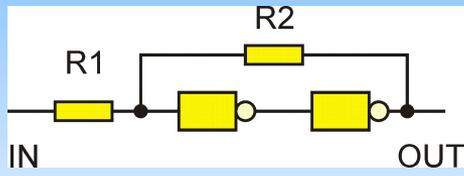
Как это работает



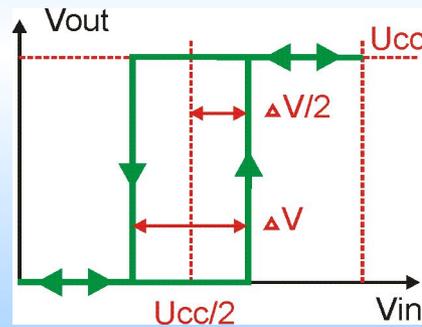
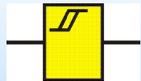
На выходе может быть либо 0, либо 1.



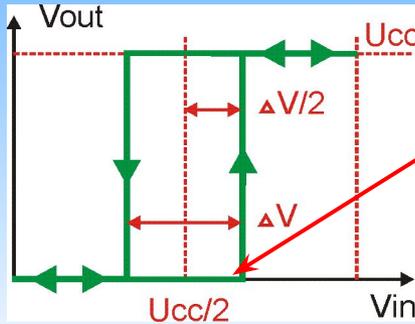
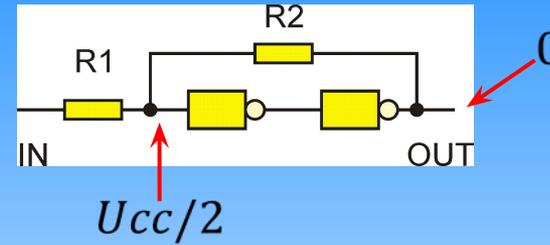
Гистерезис



movies



Гистерезис. Расчет.



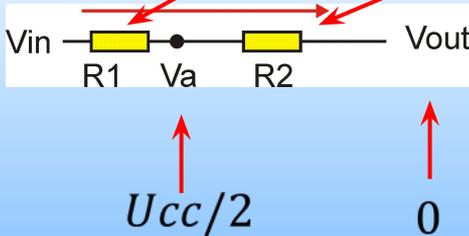
В точке непосредственно перед переключением

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

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

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

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

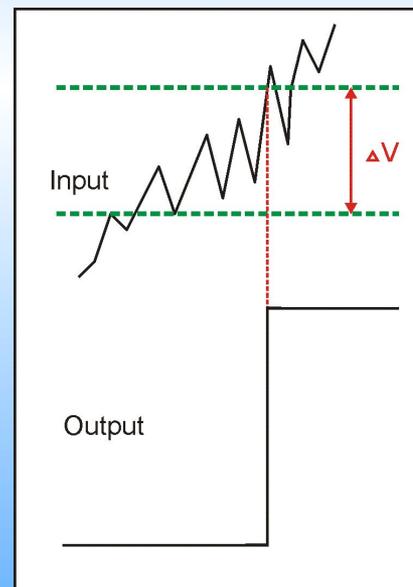
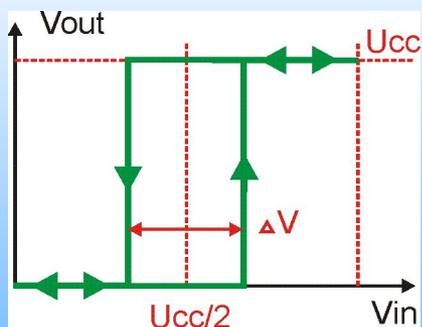
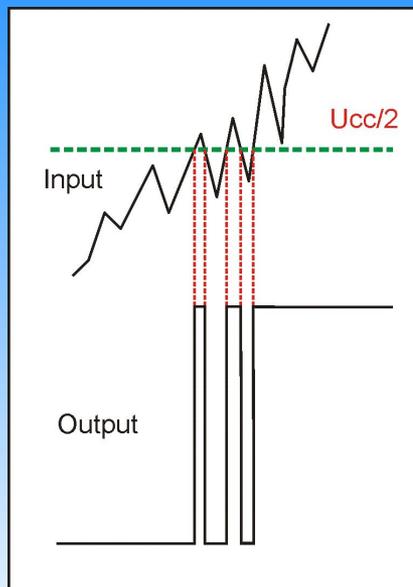
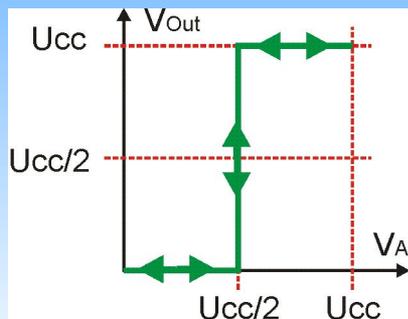


Если $0 \leq V_{in} \leq U_{cc}$

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

Применение. Борьба с шумами.

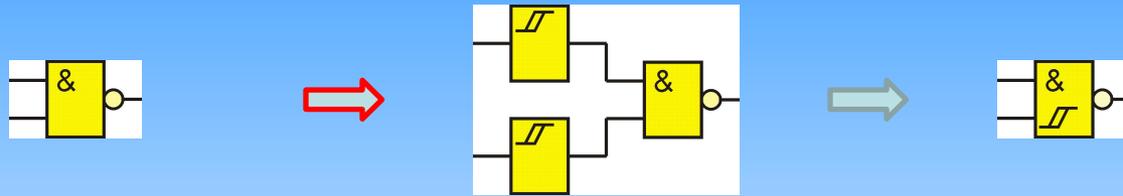
Debouncing



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

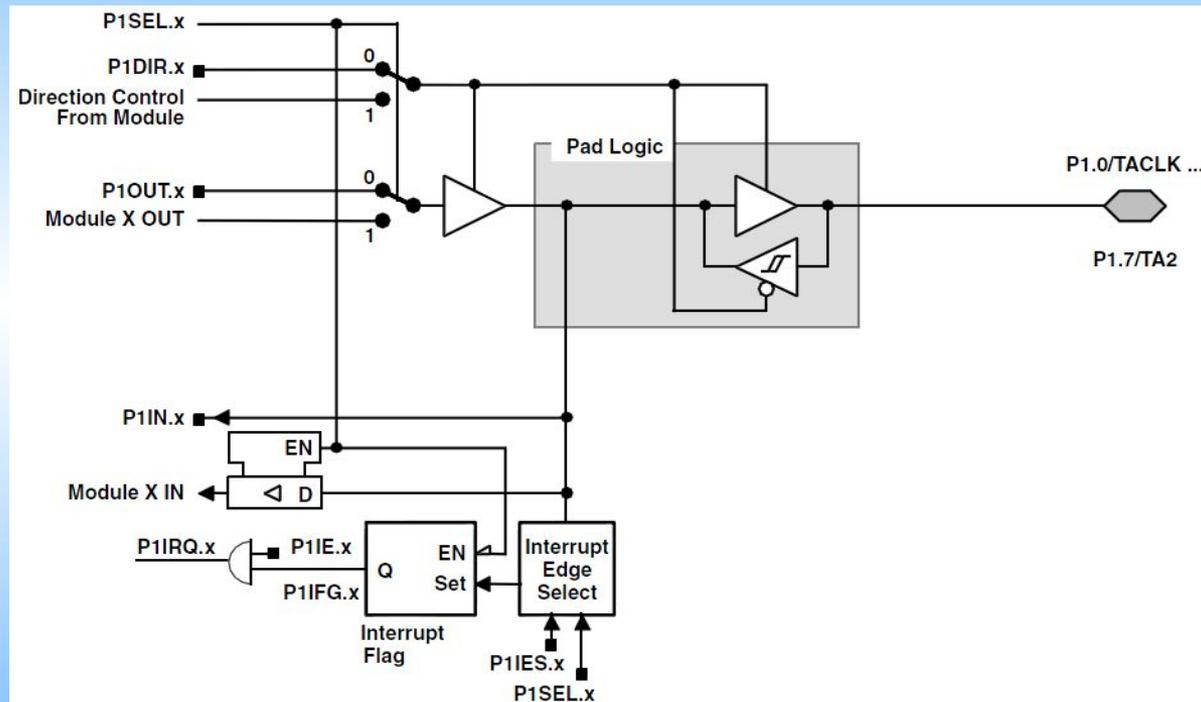
74HC14

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

Защита входов сложных микросхем

Микроконтроллеры

MSP430

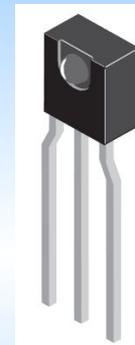
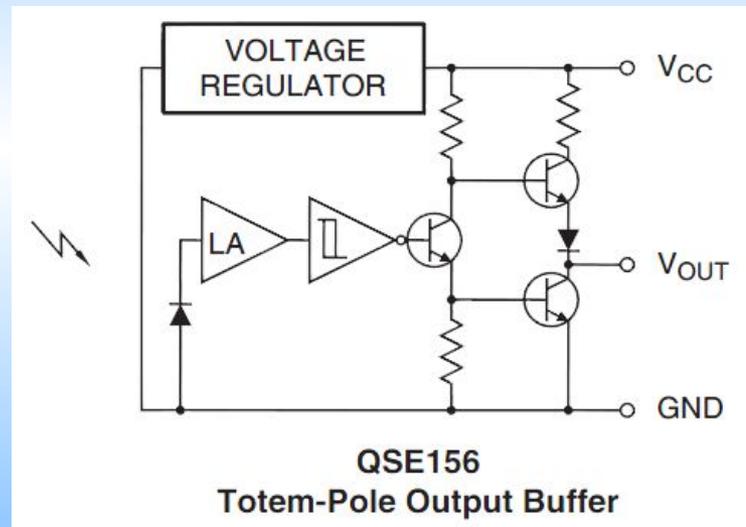


Внешний мир

Применение. Определение порога.



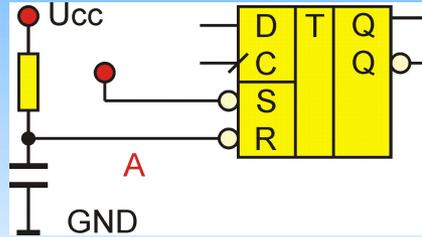
OPTOLOGIC[®] Photosensor



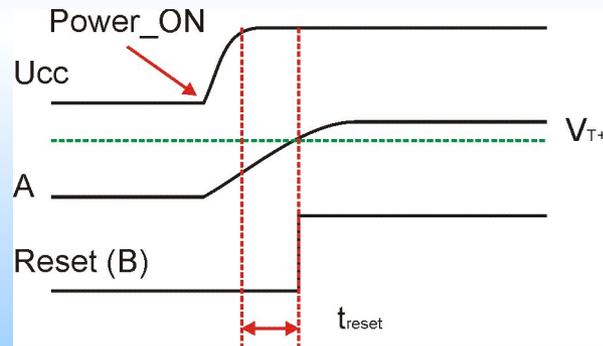
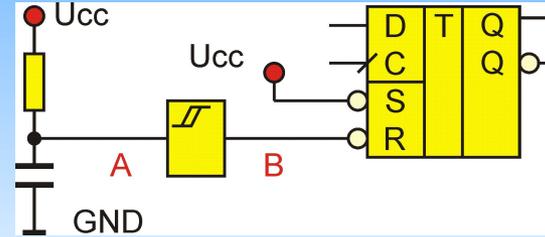
Применение. Генератор сброса.

Reset generator

Плохо

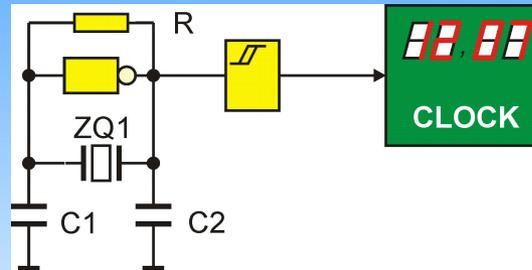


Хорошо

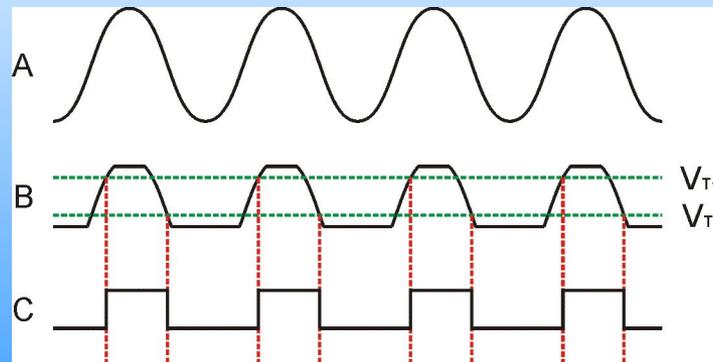
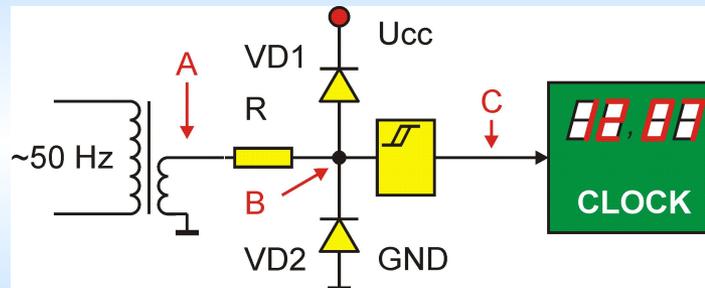


Применение. Формирователь прямоугольных импульсов.

Правильные часы

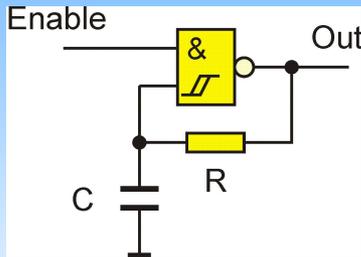


Менее точные часы

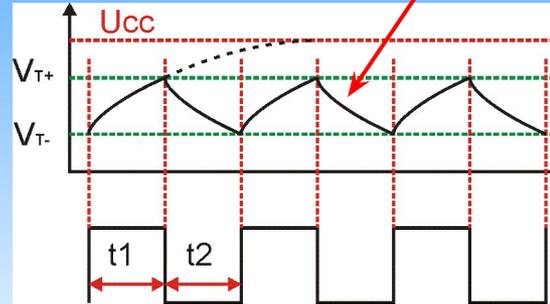


Применение. Генератор импульсов

Relaxation oscillator



$$T = t1 + t2$$



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

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

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

Для микросхемы 74НС14

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

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

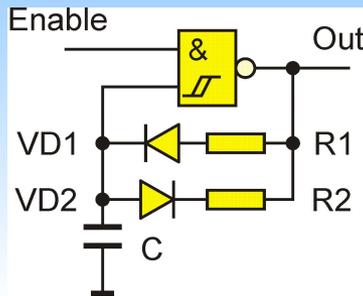
Для типовых значений

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

С учетом разброса

Применение. Генератор импульсов 2.

Независимая настройка t1 и t2



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

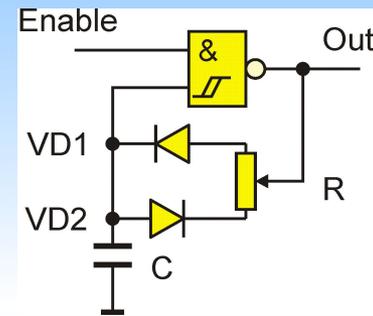
$$t2 = R2C \times \ln\left(\frac{V_{T+}}{V_{T-}}\right)$$

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

PWM
Pulse Width Modulation

ШИМ

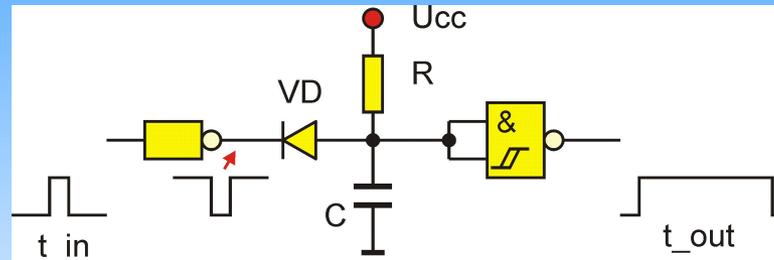
Широтно-импульсная модуляция



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

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.

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