

# Элементы рабочего окна программы моделирования дискретных автоматов



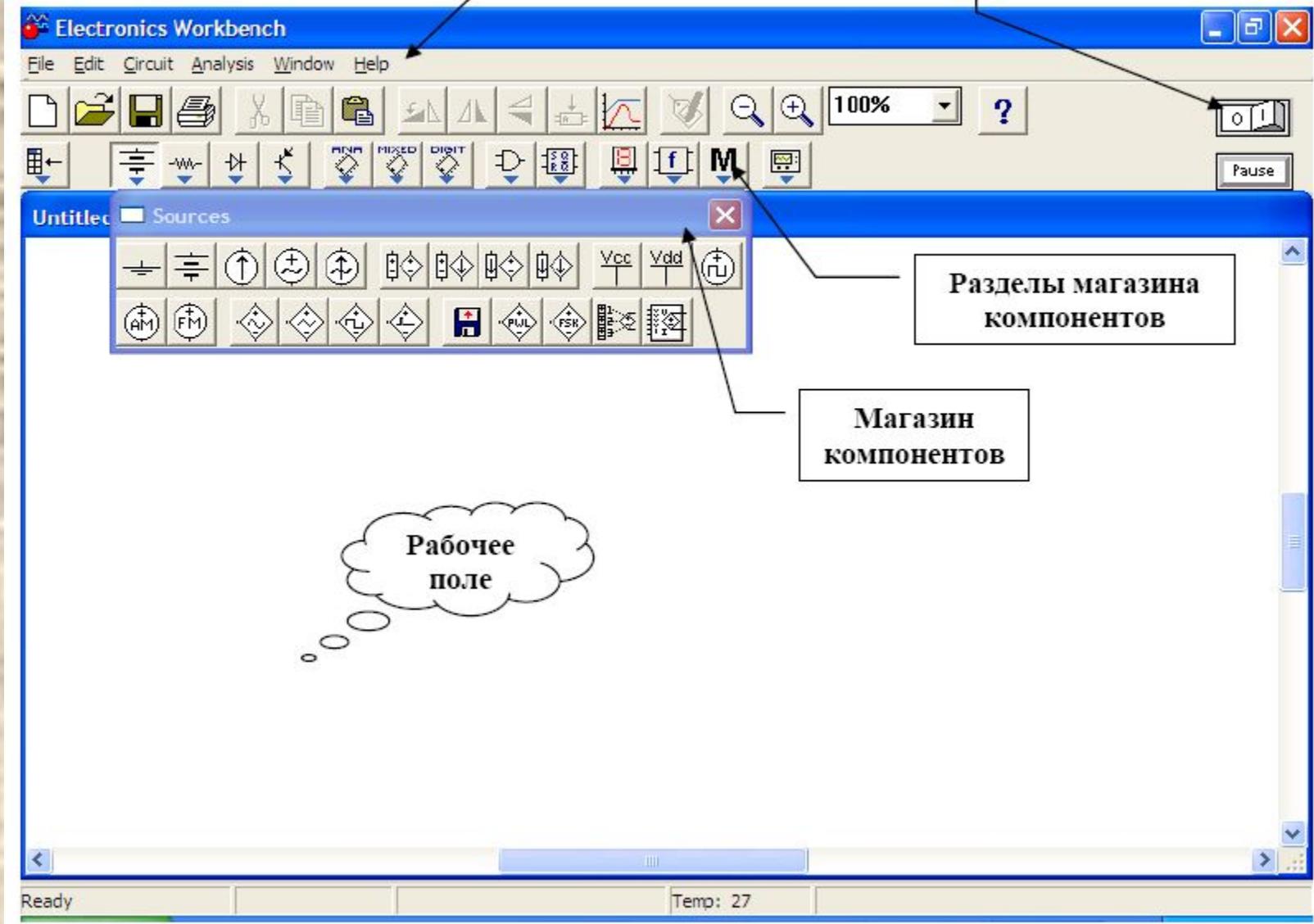
**В окне программы моделирования дискретных автоматов содержатся элементы:**

1. Строка заголовка.
2. Строка меню.
3. Панели инструментов с кнопками вызова выпадающих меню.
4. Рабочее окно для набора схемы.

Модельного стола (рис.1).

Строка меню

Кнопка запуска процесса



Разделы магазина компонентов

Магазин компонентов

Рабочее поле

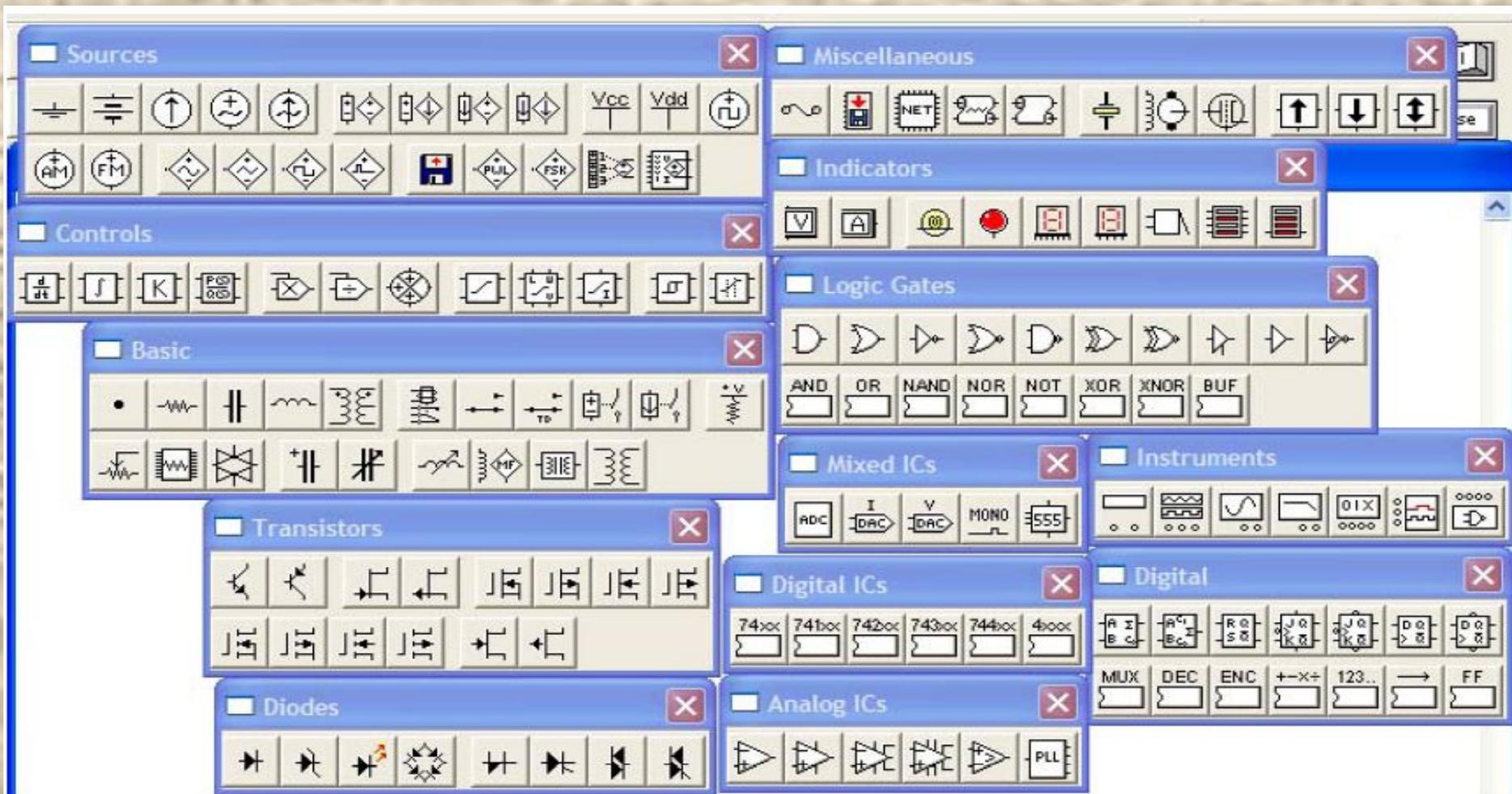
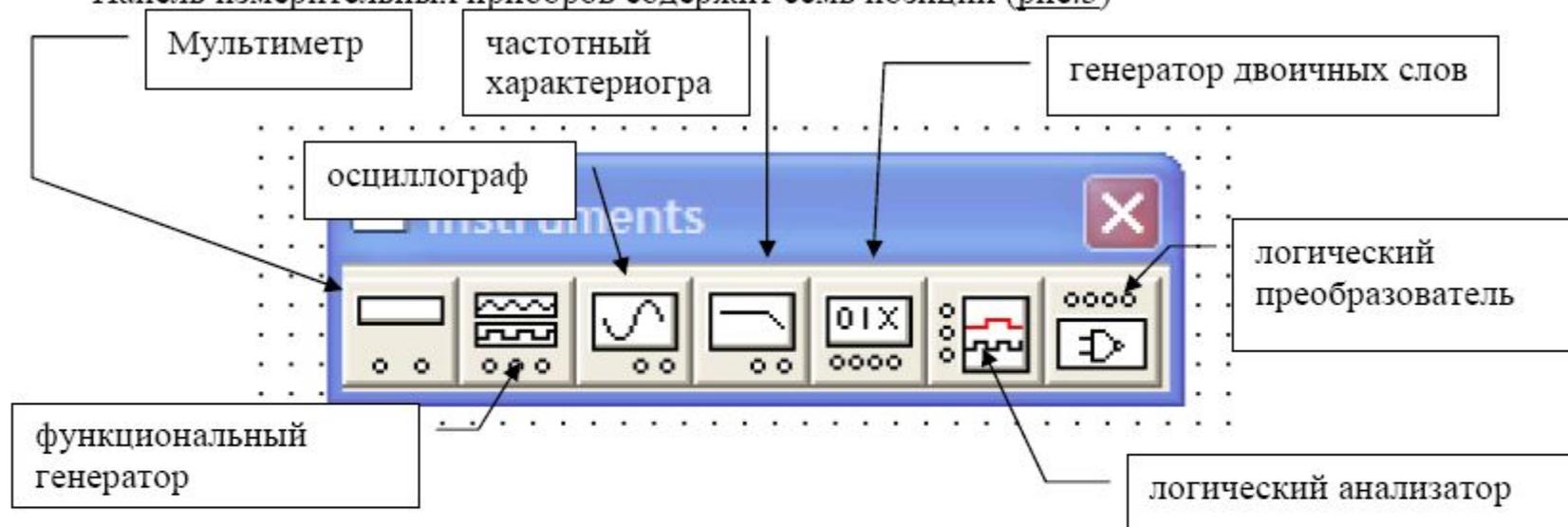


Рис.2 .Разделы магазина компонентов.

## 1.4. Панель инструментов

Панель измерительных приборов содержит семь позиций (рис.3)



- мультиметр (multimeter);
- функциональный генератор (functional generator);
- осциллограф (oscilloscope);
- частотный характеристикогра (Bode plotter);
- генератор двоичных слов (word generator);
- логический анализатор (logic analyzer);
- логический преобразователь (logic converter).

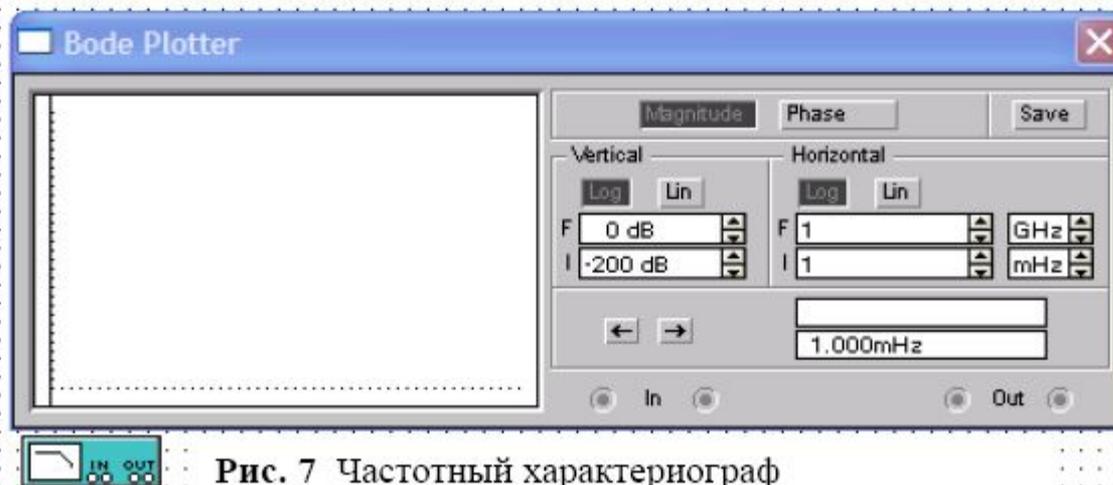
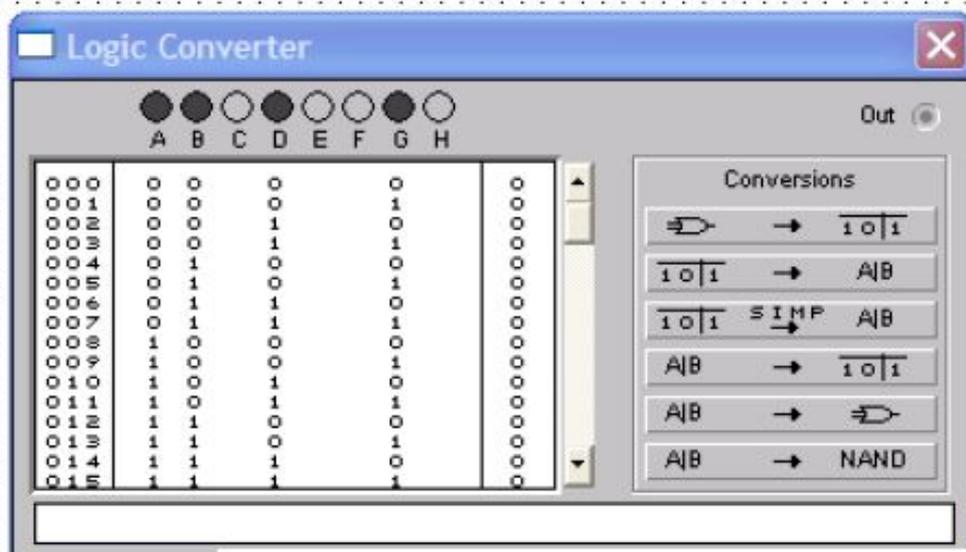


Рис. 7 Частотный характериограф

**Частотный характериограф** (Bode plotter - построитель диаграмм Боде) служит для вывода результатов моделирования в частотной области, изображая амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) и фазо-частотную характеристику (ФЧХ). Прибор генерирует гармоническое напряжение с линейно изменяющейся частотой на своем зажиме **IN** и измеряет отношение напряжений на подключенных к схеме зажимах **OUT** (Выход) и **IN** (Вход), или же разность их фаз. Частоты всех источников переменного тока в схеме в процессе расчета игнорируются, однако схема должна включать хотя бы один такой источник.

Характериограф выводит на свой экран в функции частоты либо отношение амплитуд, выраженное в относительных единицах или децибелах, или разность их фаз в градусах. Режим



**Рис. 8** Логический преобразователь

( аргументов) и один выход ( функцию). Аргументы обозначаются буквами А..Н, а функция – **OUT**. Режим преобразования назначается клавишами:

**Логический преобразователь** не имеет физического прототипа и является чисто компьютерным инструментом для выполнения преобразований цифровой схемы и ее логического описания. Изображен прибор (рис. 8) шаблон содержит таблицы истинности в левой части, клавиши управления в правой части и дисплей для отображения логического выражения в нижней части лицевой панели.

Анализируемая или синтезируемая цифровая схема может содержать до восьми входных переменных

После создания схемы и подключения приборов можно назначить директивы анализа - опции (по умолчанию набор опций устанавливается автоматически, и зависят от типов подключенных измерительных приборов). Директивы анализа задаются командой **Analysis Options (Ctrl+Y)** и предназначены для определения видов проводимых программой расчетов. Указанная команда выводит на экран диалоговое окно со следующими опциями;

<b>Analysis Type</b>	Вид анализа
<b>Transient</b>	Переходной процесс
<b>Steady state</b>	Установившийся режим
<b>Active component</b>	Активный элемент
<b>Assume linear operation</b>	Линеаризованный режим
<b>Oscilloscope Display</b>	Экран осциллографа
<b>Pause after each screen</b>	Пауза после каждого экрана
<b>Store results for all nodes</b>	Запоминание результатов для всех узлов
<b>Tolerance</b>	Погрешность
<b>Points per cycle</b>	Точек на период

# Ацп и ЦАП

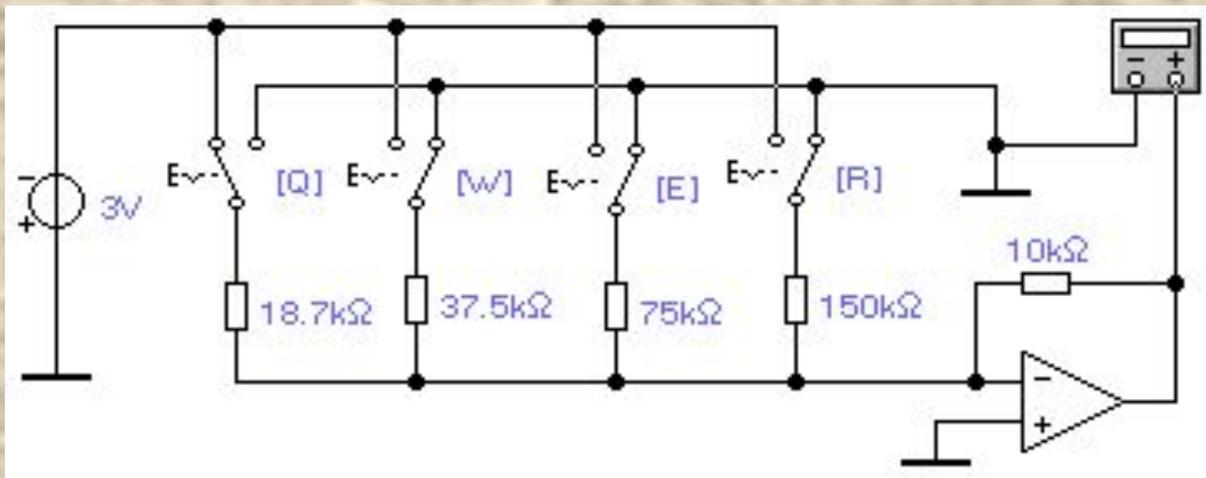


## ЦАП

Цифро-аналоговые преобразователи используются для преобразования цифрового кода в аналоговый сигнал. Бывают двух типов:

### 1) ЦАП с весовыми резисторами.

Состоит из резистивной матрицы  $R_1 \dots R_4$  и суммирующего операционного усилителя.



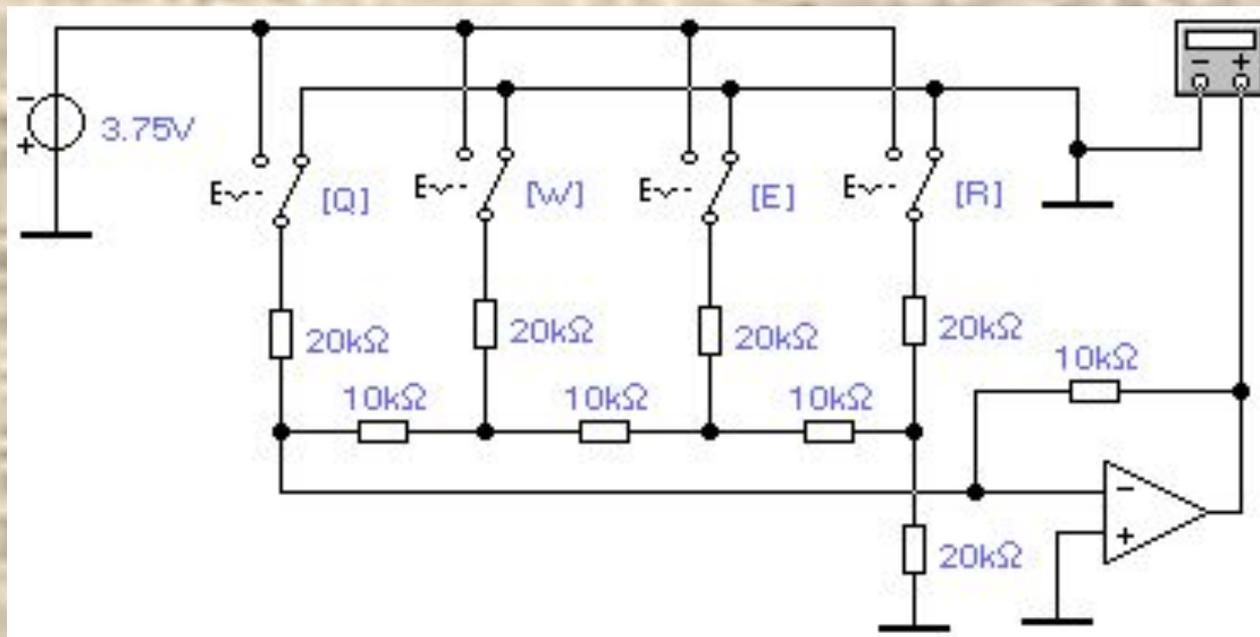
$$K_{\text{ou}} = 10000/150000 = 0.066; U_{01} = 3 * 0.066 = 0.2\text{V}.$$

имеет два недостатка:

1. сопротивления резисторов изменяются в широких пределах.
2. точность преобразования невысока из-за влияния конечного сопротивления транзисторных ключей в закрытом состоянии.

## ЦАП лестничного типа.

Состоит из резистивной матрицы в виде лестницы и суммирующего операционного усилителя.

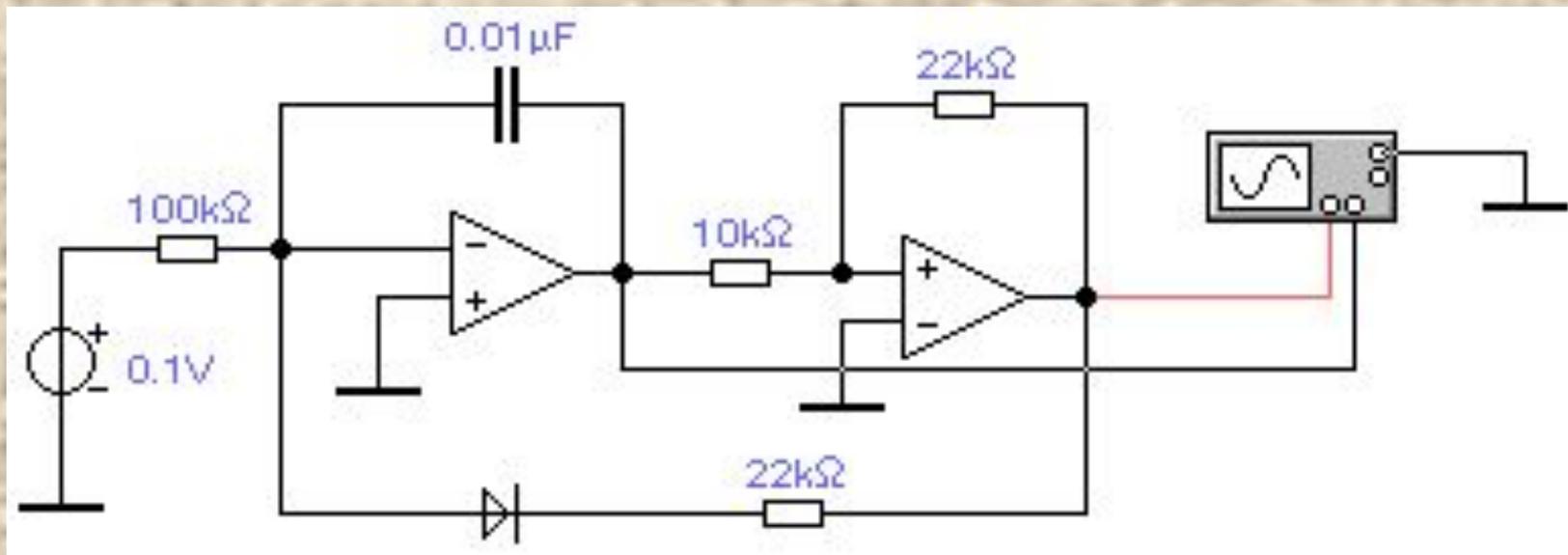


Достоинства: имеет резисторы только двух номиналов.

$$U_0 = \frac{U_{on} R_0 [S_1 \cdot 2^{n-1} + S_2 \cdot 2^{n-2} + \dots + S_i \cdot 2^{n-i} + S_n \cdot 2]}{2^n R}$$

## АЦП прямого действия

Рассмотрим на примере преобразователя постоянного положительного напряжения в частоту.



Частота выходного сигнала прямо пропорциональна амплитуде входного напряжения.

## МОДУЛЯТОРЫ

$$y(t) = E_0 + y_m \cdot \cos(\Omega \cdot t)$$

Первый сигнал.

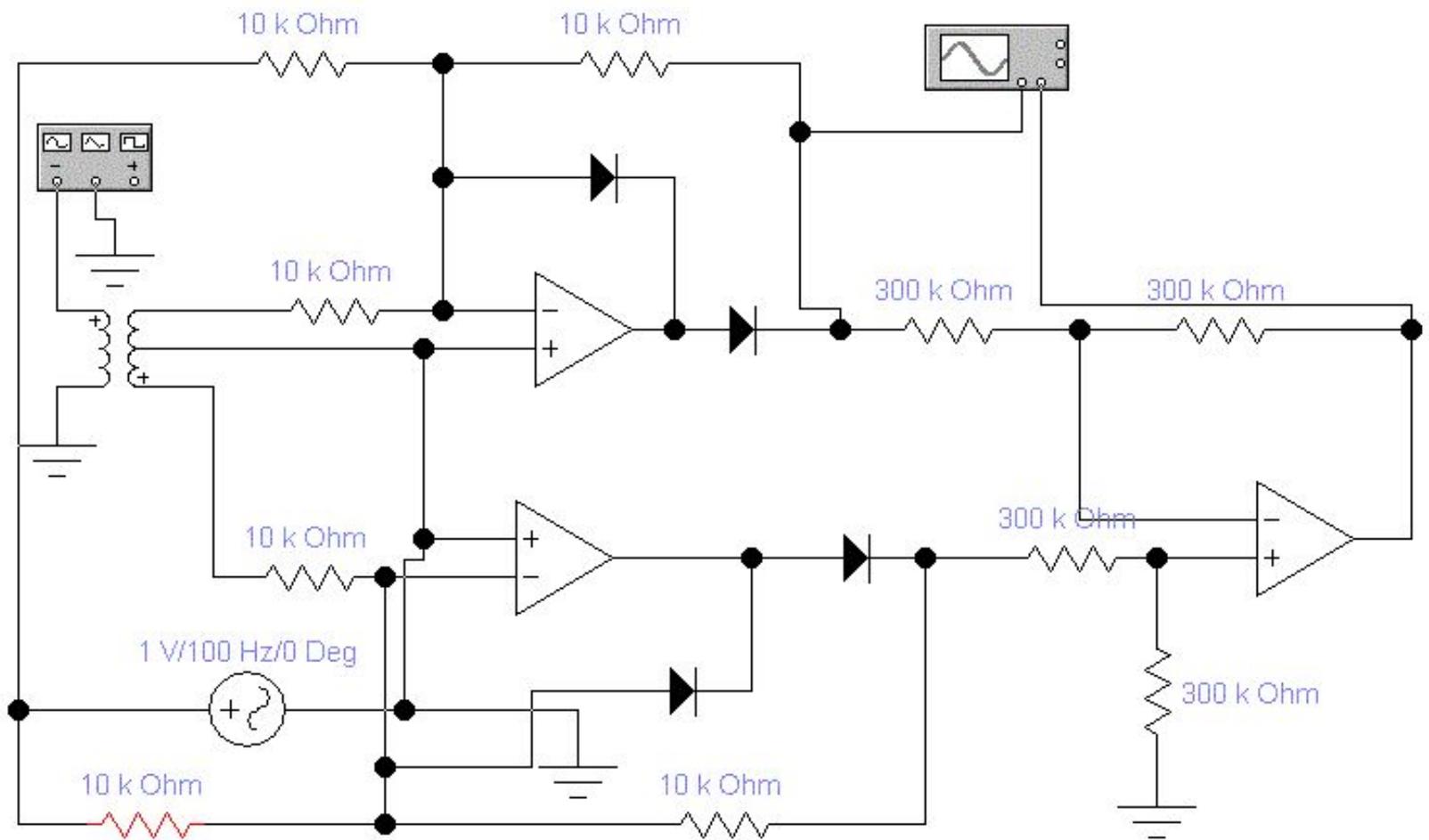
$$x(t) = x_m \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

Второй сигнал.

$$E_m = \frac{y_m}{x_m}$$

$$\mu = E_0 \cdot x_m$$

$$z(t) = E_m \left( \cos(\omega \cdot t) + 0.5 \cdot \mu [\cos(\Omega t - \omega t) + \cos(\Omega t + \omega t)] \right)$$

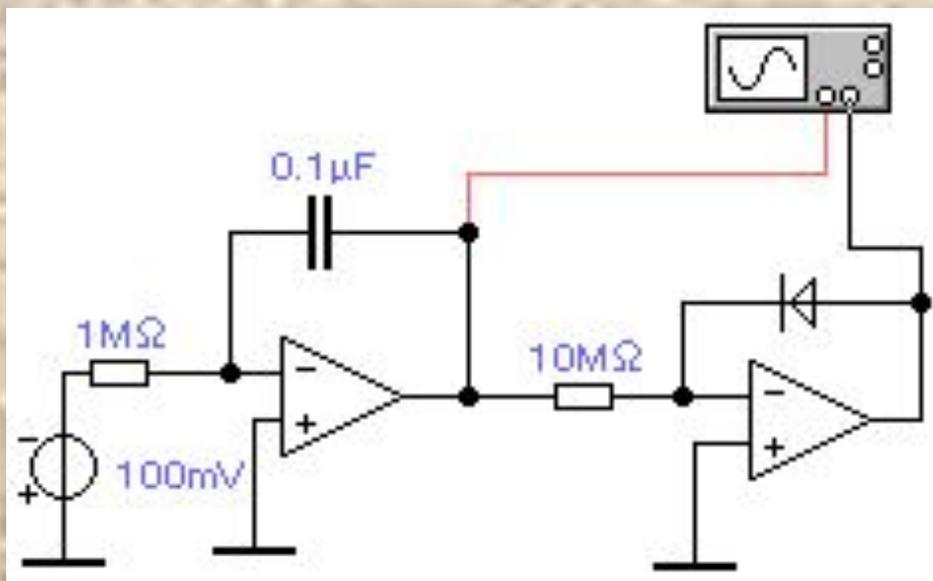


## Логарифмические усилители

Применяются в измерительных приборах, когда входной сигнал изменяется в широких пределах по амплитуде. Иначе эти устройства называются компрессорами или ограничителями по амплитуде.

Антилогарифмические усилители – противоположность предыдущему.

Принципиальная схема логарифмического усилителя.



Для диода  $I_0 = 10^{-8} \text{ A}$ . При малых значениях ( $1 \dots 10 \text{ мВ}$ ) R2 отключается от интегратора и подключается к отрицательному входу источника опорного напряжения. К выходу OУ2 подключают вольтметр и настройку АЧХ добиваются в ручную.

## **Компараторы**

Компараторы используют в элементах преобразовательной технике, в системах предельного контроля. время срабатывания – это время, необходимое для переключения компаратора из одного состояния в другое (из точки А в точку В передаточной характеристики на рис.).

Если входное напряжение компаратора, содержит помеху  $U_p$ , то, это приводит к ложным срабатываниям. Для их предотвращения применяют цепь положительной обратной связи, за счет которой часть выходного напряжения подается на неинвертирующий вход. Такой компаратор называется компаратором с гистерезисом.

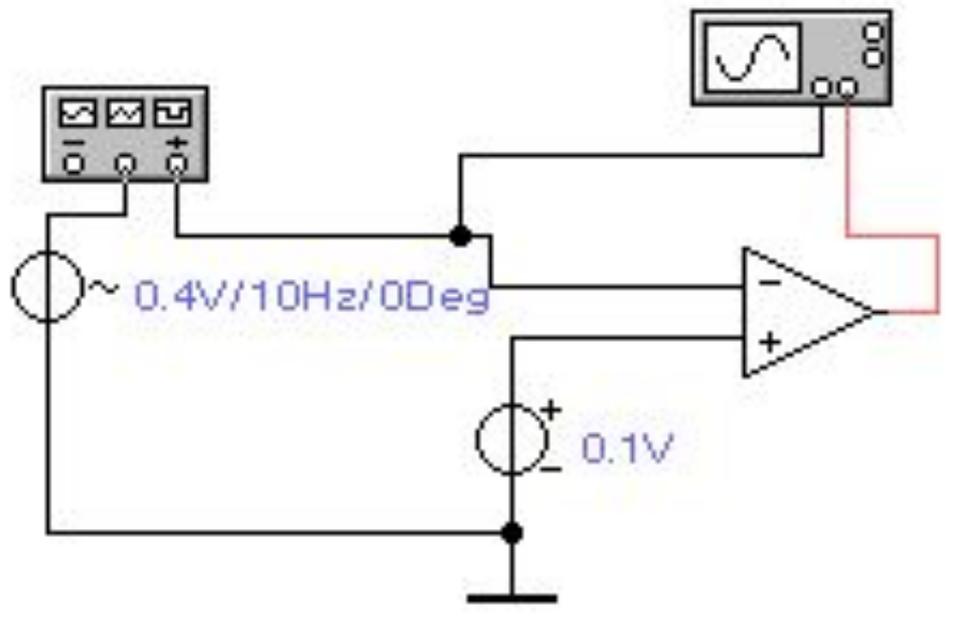
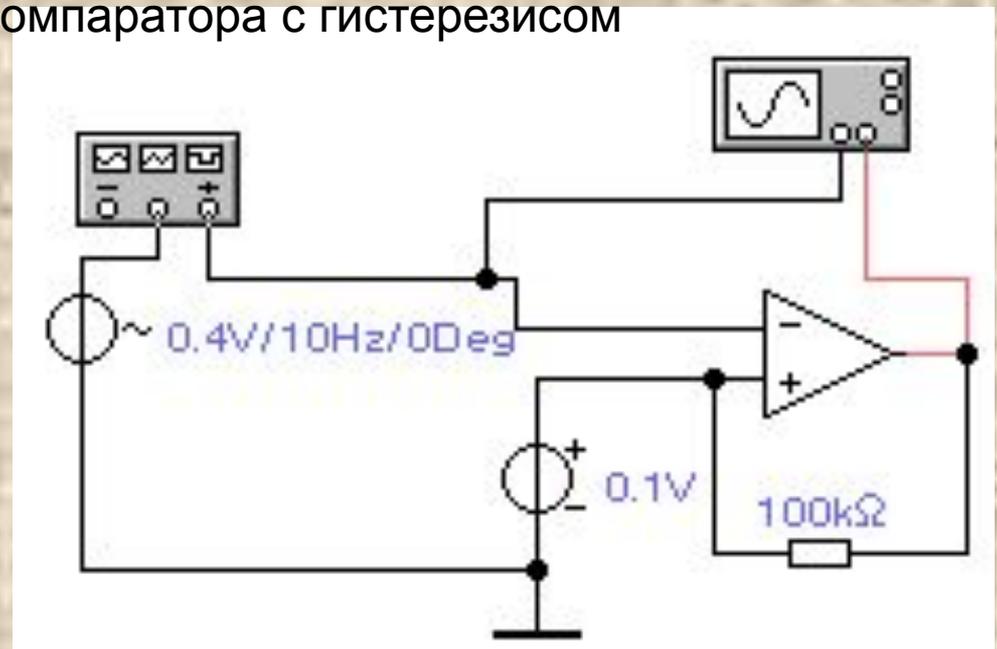


Схема компаратора

Схема компаратора с гистерезисом

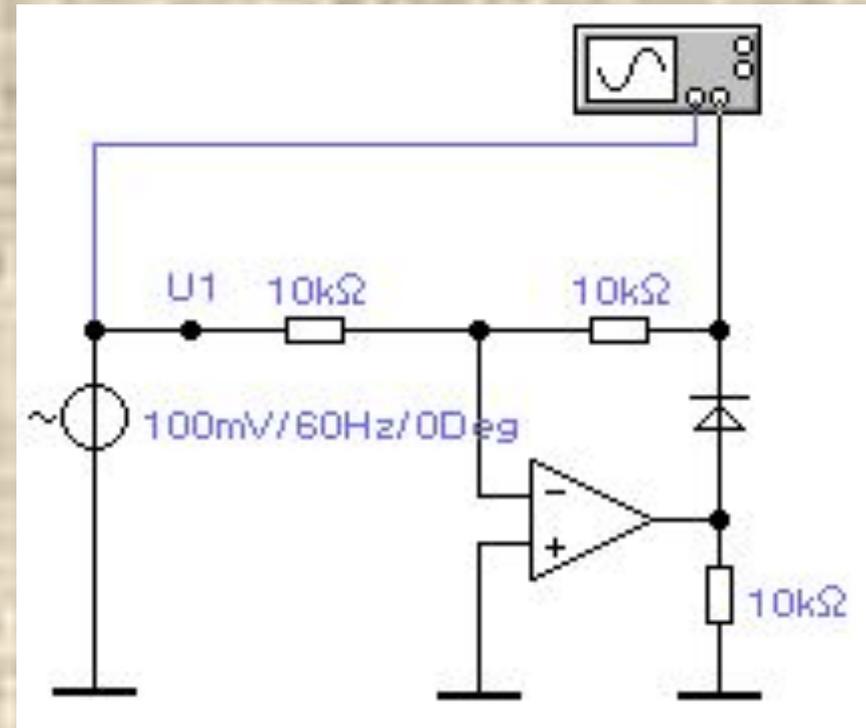
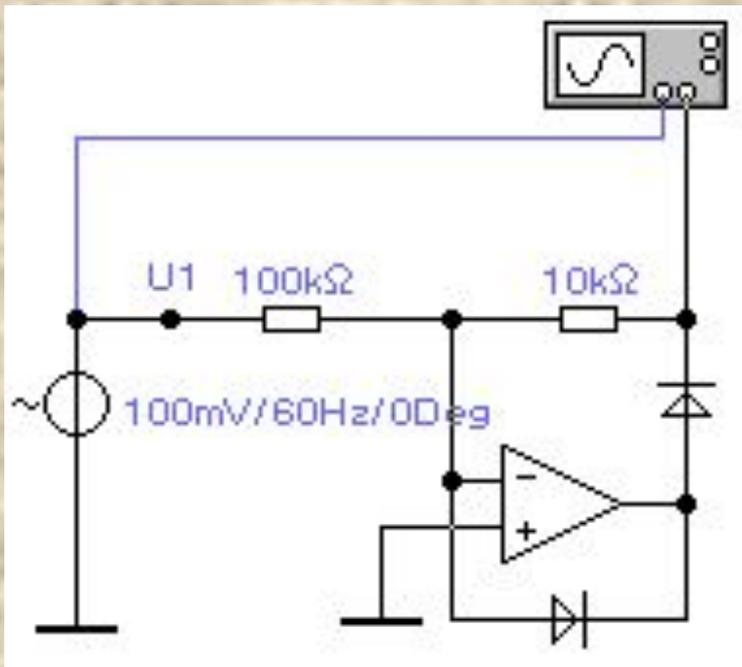


## Прецизионные выпрямители.

Выпрямители используются для преобразования переменного напряжения в постоянное. Простые диодные выпрямители обладают неудовлетворительными характеристиками при выпрямлении напряжений, меньших 0,7 В, так как при этом диод в прямом направлении обладает достаточно большим сопротивлением. Для исключения этого недостатка в диодном выпрямителе используются ОУ.

Однополупериодный выпрямитель.

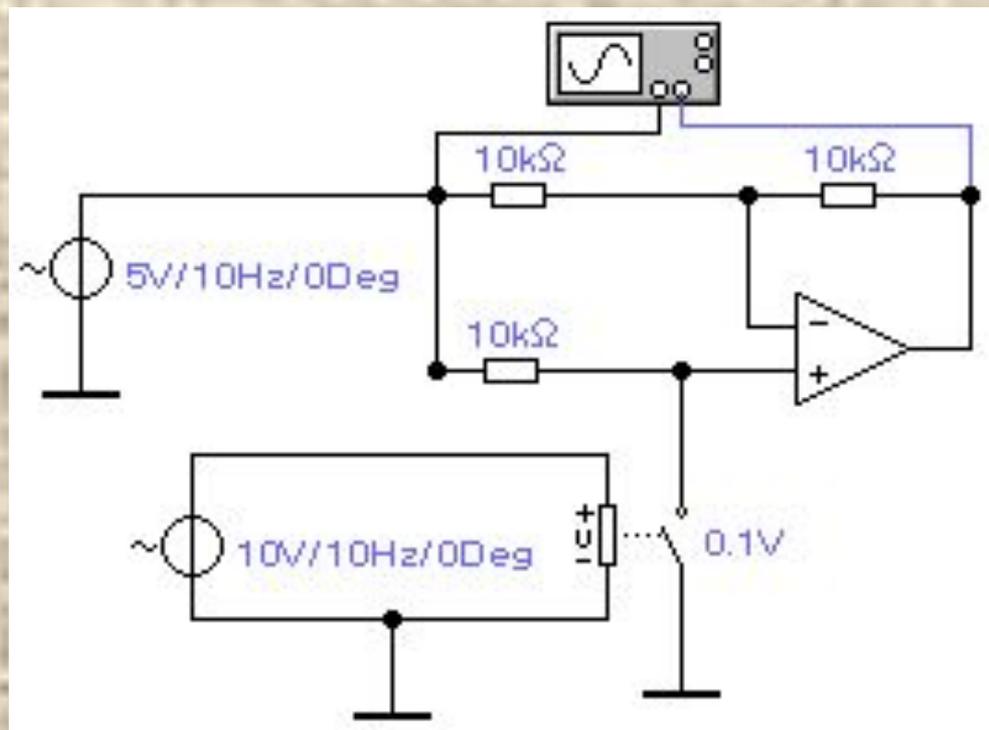
Двухполупериодный выпрямитель.



## Фазочувствительные выпрямители.

Нашли применение в системе автопилота (систем автонастройки частоты).

В других системах, где наблюдается высокий уровень помех.



## Устройства выборки хранения (УВХ).

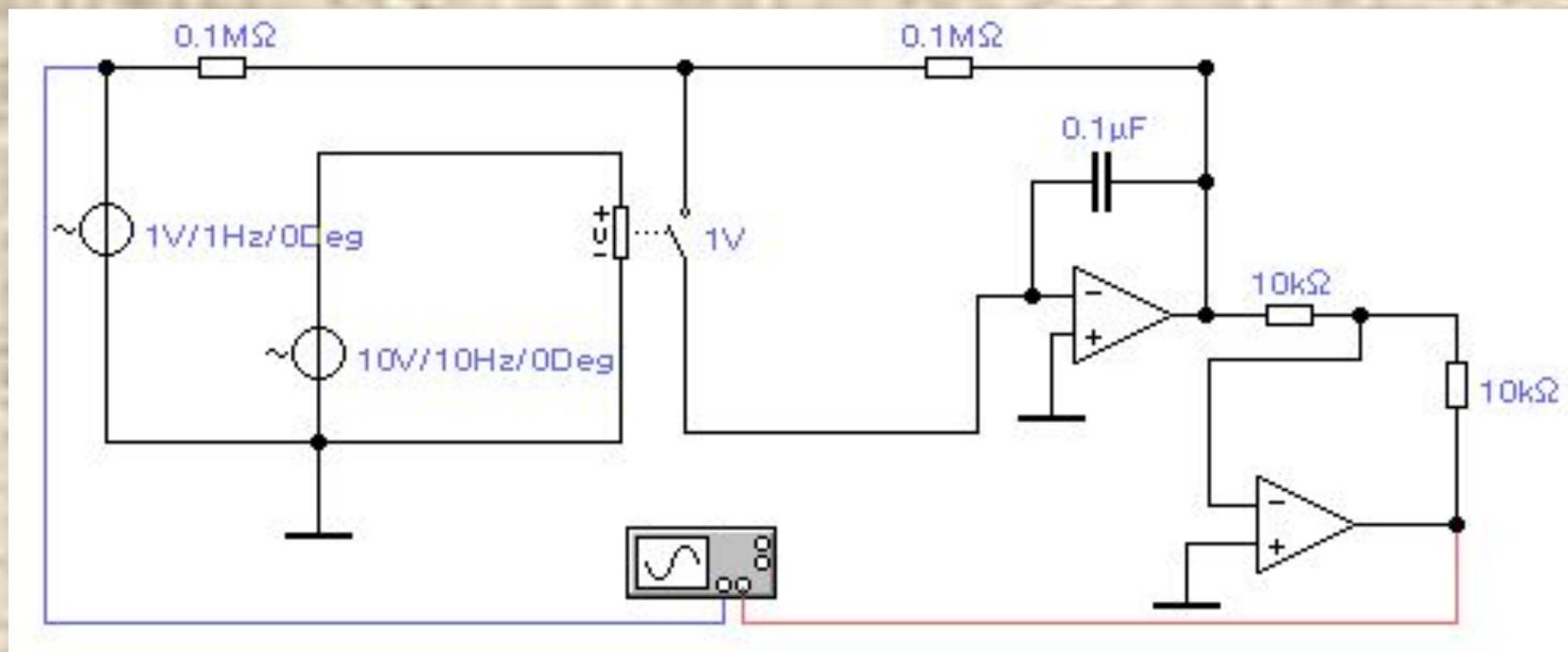
Апертурное время – это временной интервал, характеризующийся неопределённостью момента срабатывания входного аналогового сигнала и вызывающий появление динамической погрешности преобразования. Для восьмиразрядных

$T = 100$  мс, максимальная частота входного аналогового сигнала не должна превышать значения.

УВХ предназначено для уменьшения апертурной погрешности АЦП и в системах данное устройство работает синхронно с АЦП. С помощью УВХ максимальную частоту входного аналогового сигнала можно повысить на несколько порядков.

### Основное назначение (УВХ):

Запомнить входной сигнал на время преобразования его в цифровой. При этом апертурная погрешность определяется устройством выборки. В этом случае апертурная погрешность определяет быстродействие УВХ.



**Тригонометрические функции:**

$$\sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha) = 1$$

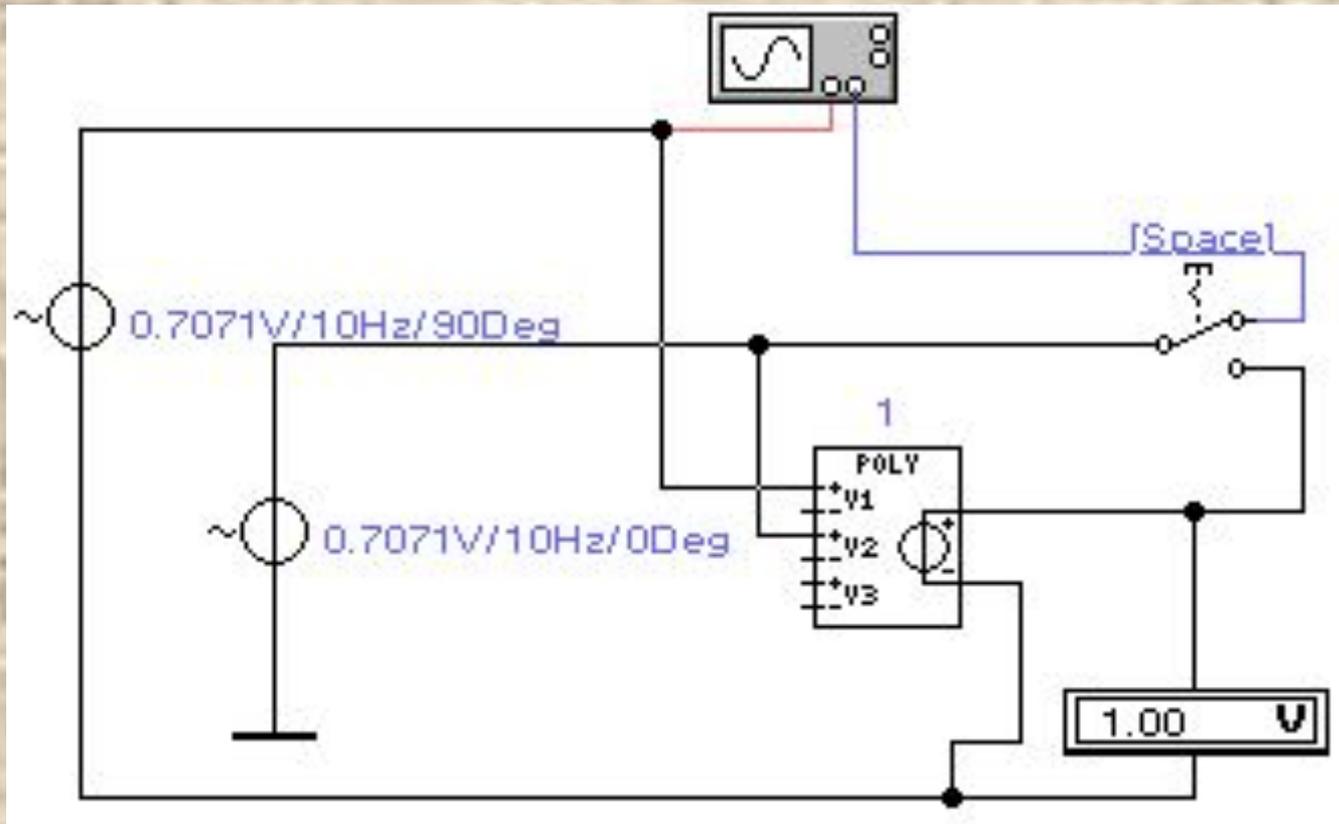
Два гармонических колебания.

Используется полиномиальный источник.

$E=N=1$ ;  $U_1$

$$U_1 = 1 \cdot \sin(\omega t)$$

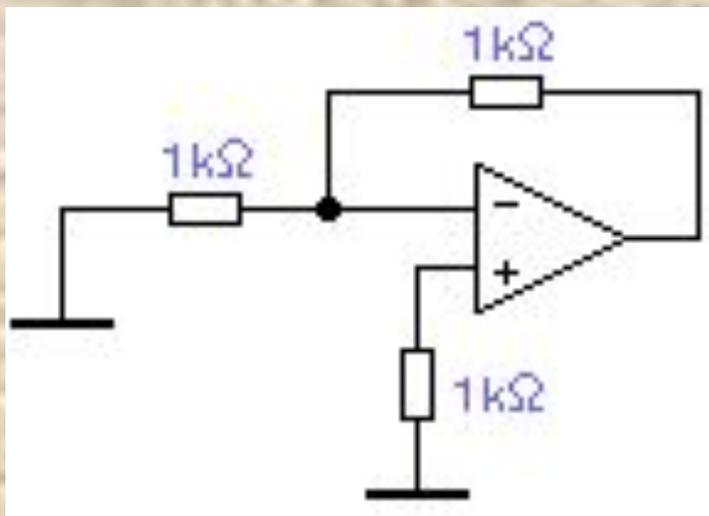
$$U_2 = 1 \cdot \sin(\omega t + 90^\circ)$$



## Преобразователь напряжения в ток.

Преобразователи напряжения в ток применяются в том случае, когда ток в нагрузке должен быть пропорционален входному напряжению  $U_{вх}$  и не зависеть от сопротивления нагрузки.

При постоянном  $U_{вх}$  получается обычный стабилизатор тока.



Ищем ток нагрузки:

$$I_n = \left( \frac{U_i}{R_1} \right) \cdot \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \cdot \left( 1 + \frac{R_2}{R_4} \right)$$

Основное предназначение:

- исп для преобразование сопротивления в напряжение(ПСН) применяемые в сочетании с резистивными датчиками . Для построения ПСН обычно включают преобразуемое сопротивление в качестве нагрузки стабилизатора тока.

## RC-генераторы.

Используются в фазосдвигаемой и частотно избирательном цикле.

RC-генератор с фазосдвигаемой связью.

Схема RC-генератора построена на обратной связи через фазосдвигающие цепи.

Для того чтобы резистор и конденсатор получил требуемый коэффициент усилителя используется частотно независимая обратная связь, построенная на R3.

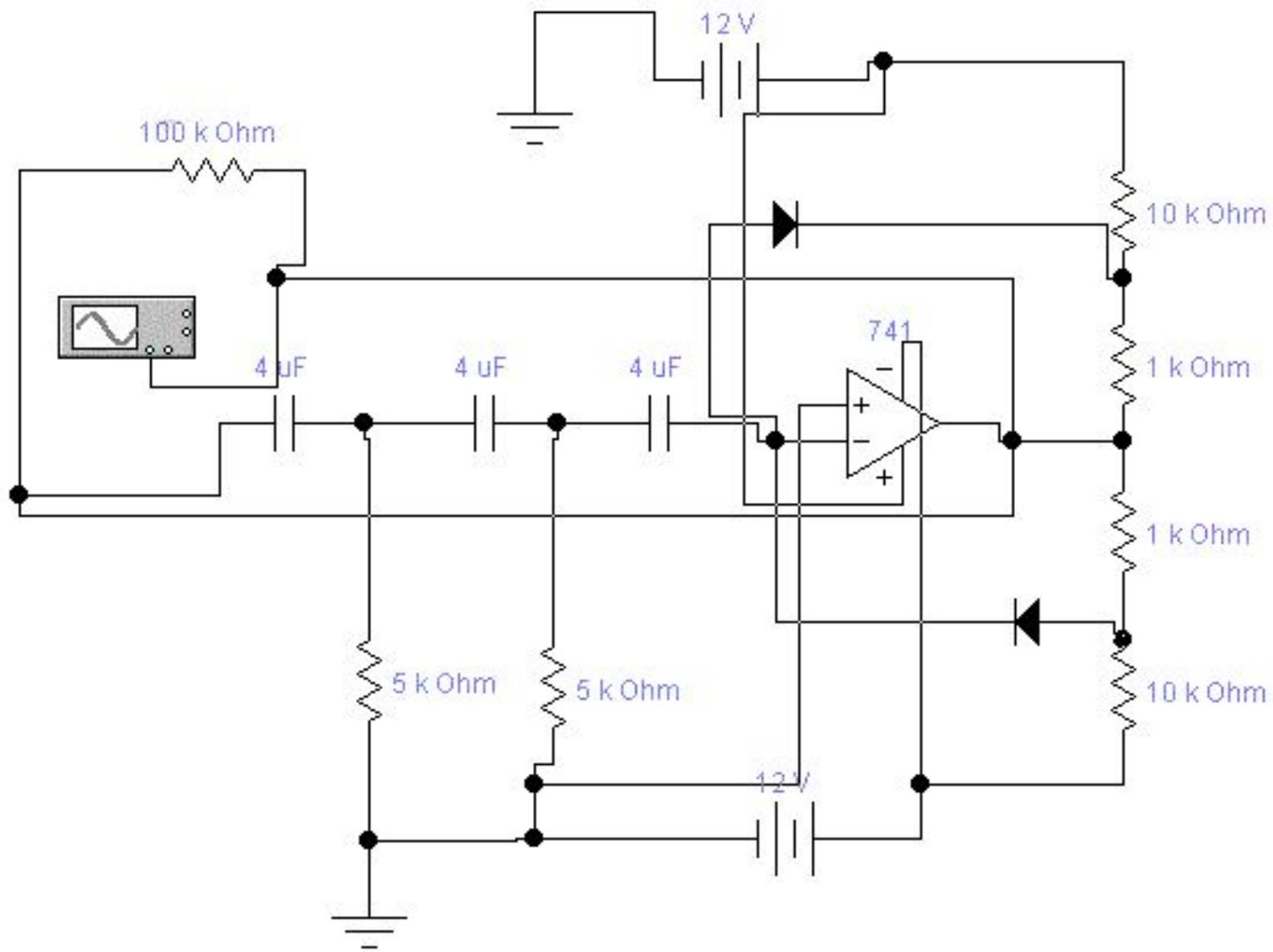
Для возникновения автоколебаний требуется чтобы коэффициент усиления был  $\Rightarrow 1$  в то же время для получения минимального искажения (генерированный сигнал) требуется чтобы коэффициент усиления был близок или равен 1. С этой целью используются диоды. VD1 и VD2.

Которые начинают открываться только после того, когда амплитуда автоколебаний превысит постоянное запирающее напряжения смещения построенное на делителе R1 и R2.

При открывании диодов глубина обратной связи увеличивается следовательно коэффициент усиления уменьшается что ведёт к стабилизации автоколебаний.

Ориентировочное значение частоты колебаний генератора определяется так:

$$F = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{3}}$$



## Генератор на базе моста Вина.

1 – с диодным ограничителем;

2 – с стабилитронами;

Частота колебаний определяется:

$$F = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 796 \text{ Гц}$$

Схема сглаживания за счёт диодов  
стабилитронов

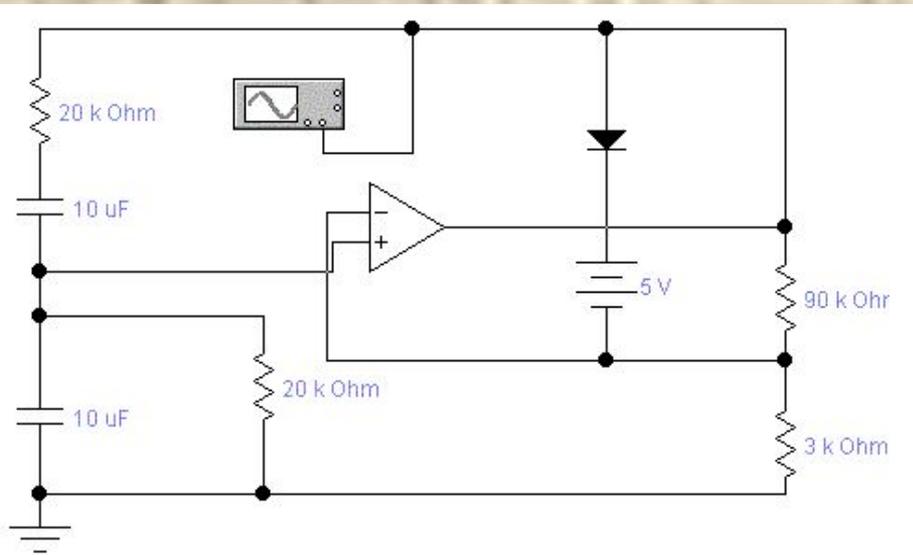
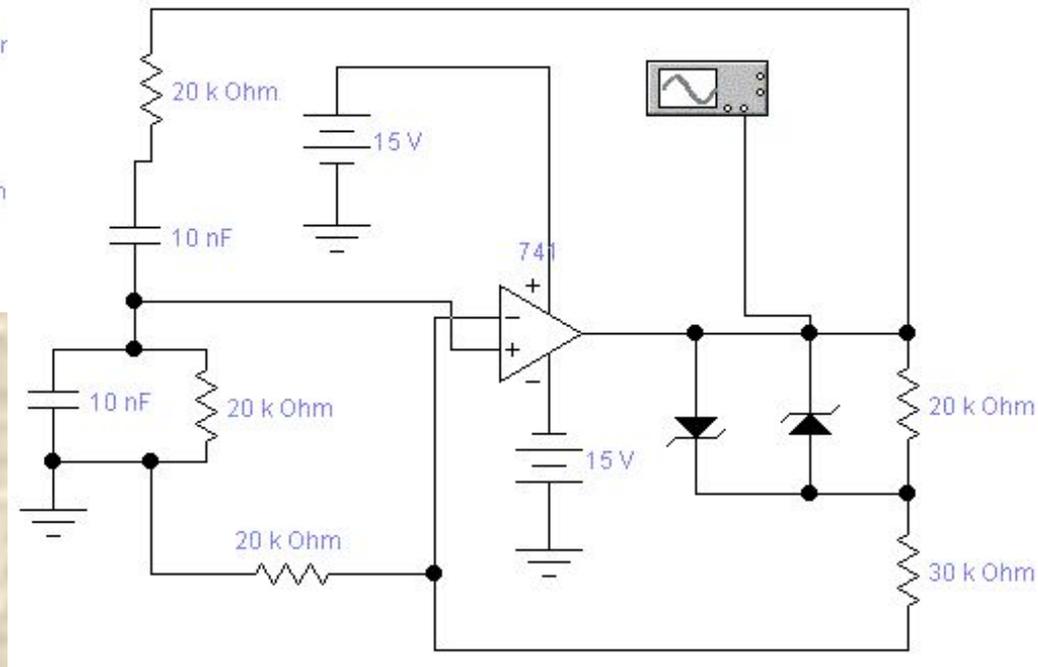


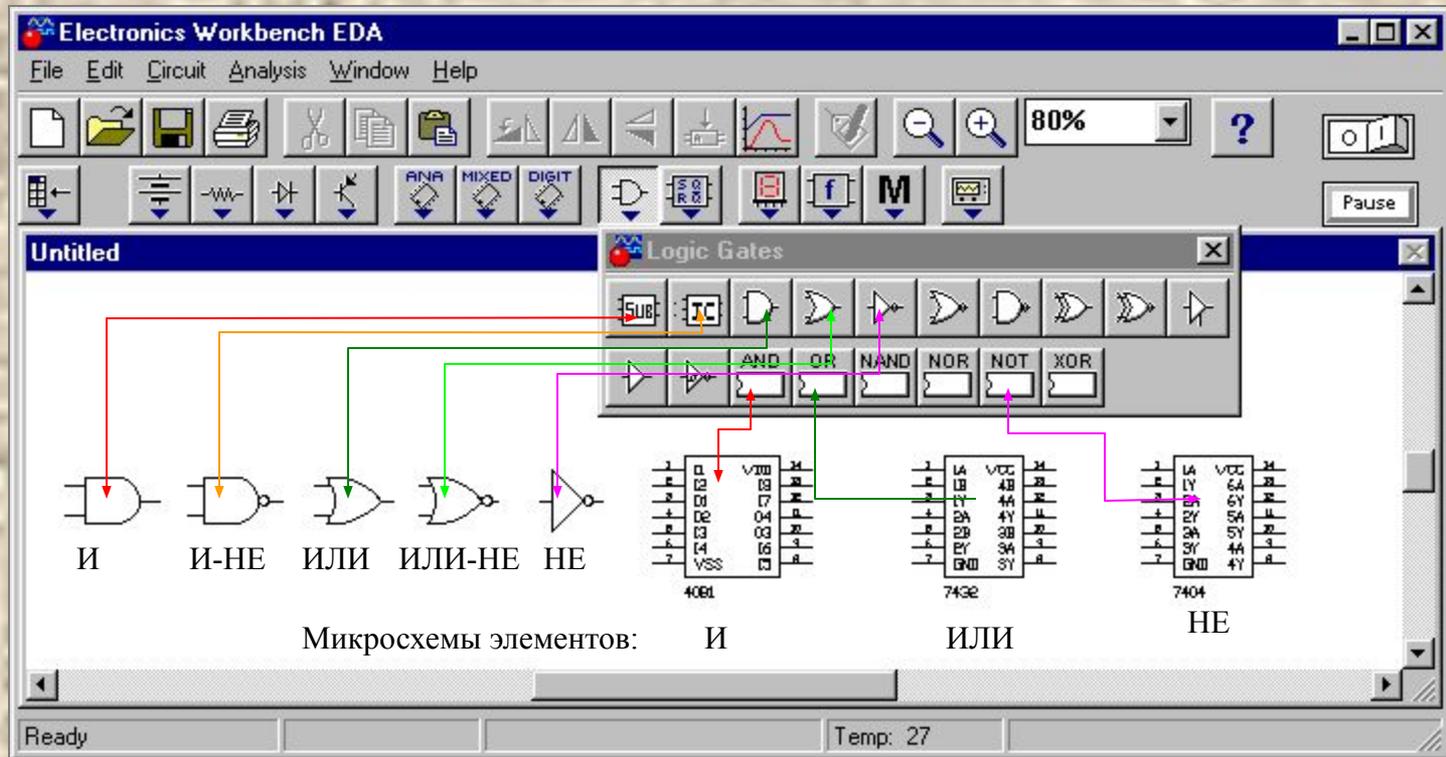
Схема сглаживания за счёт



# Исследование дискретных автоматов

# Размещение логических элементов в ниспадающих меню

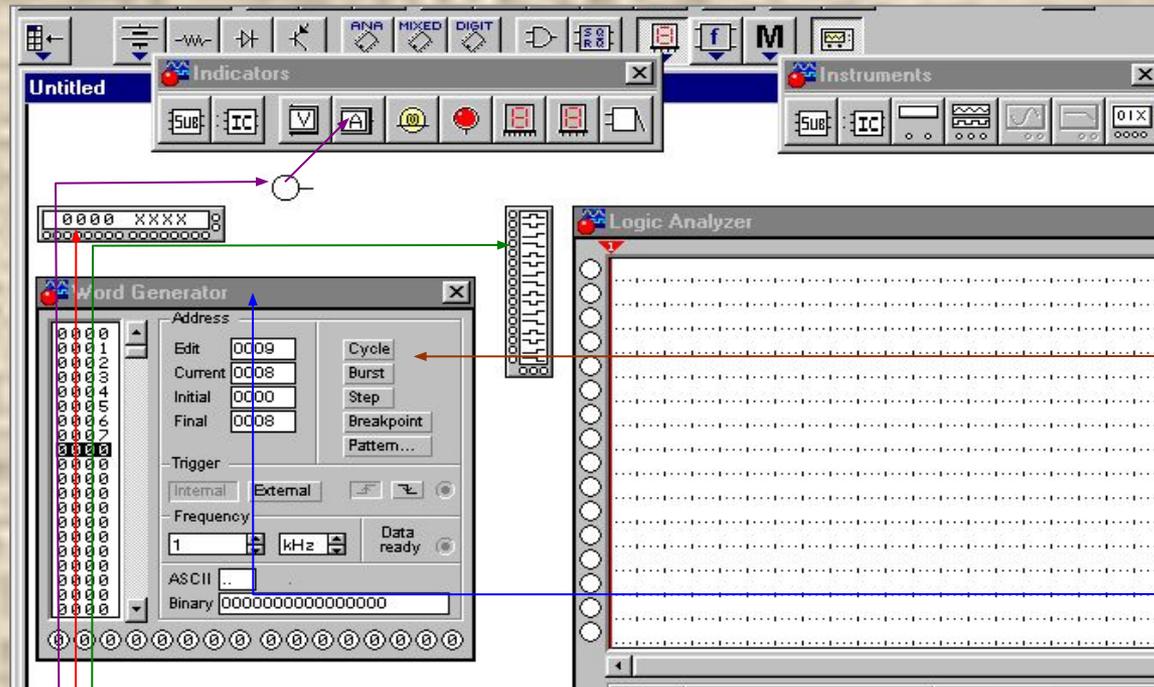
Кнопки вызова ниспадающих меню



Для того чтобы поместить логический элемент на рабочее поле необходимо:

- нажать кнопку соответствующего ниспадающего меню;
- перевести курсор мыши на кнопку элемента в ниспадающем меню;
- нажать и удерживать левую кнопку мыши, двигая мышью перетащить ЛЭ на рабочее поле;
- и отпустить кнопку мыши.

# Приборы для задания значения входных переменных и просмотра значений логических сигналов в схеме



Для использования прибора необходимо:

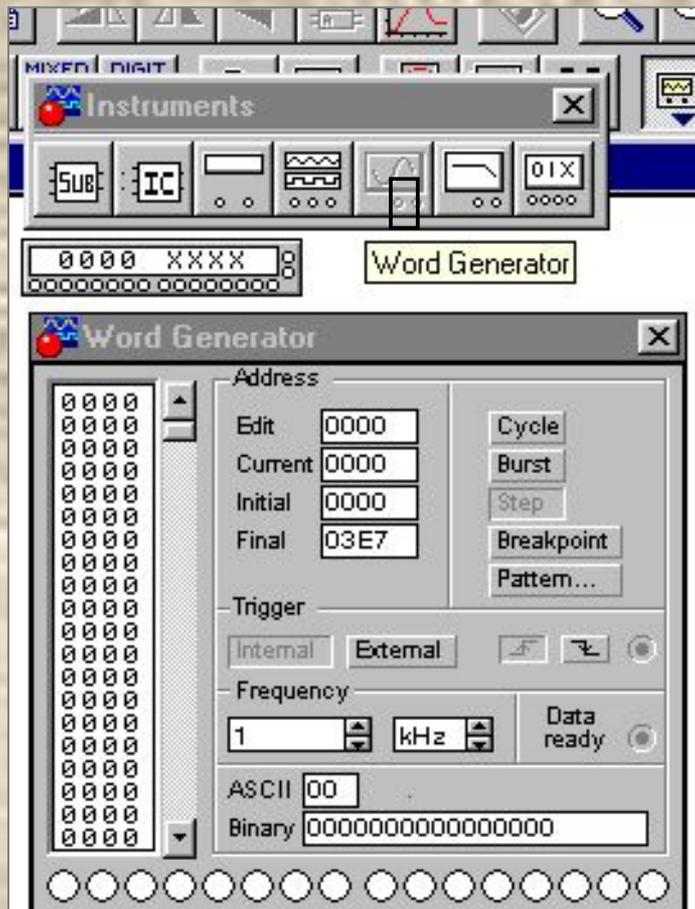
- Щелкнуть левой клавишей мыши по кнопке меню.
- Захватить левой клавишей мыши прибор и вытащить его на рабочее поле.
- Выполнить двойной щелчок по прибору для того чтобы развернуть окно свойств прибора.
- Перемещать приборы в свернутом или развернутом виде можно захватив его левой клавишей мыши (нажать клавишу и удерживать ее).
- Развернутое окно прибора перемещают за его верхнюю часть.

Логический пробник

Прибор- генератор двоичных слов для формирования входных переменных.

Прибор - логический анализатор, позволяет просматривать значение сигнала в нескольких точках схемы.

# Первый шаг моделирования схемы ( настройка генератора слов )



1

Щелкнуть по кнопке меню.

2

Захватить левой кнопкой мыши прибор Word Generator.

3

Удерживая кнопку вытащить прибор на поверхность рабочего окна, отпустить кнопку.

4

Двойным щелчком раскрыть окно свойств прибора.

5

Кнопкой Step выбрать режим пошагового просмотра.

6

Щелкнув по этому полю вызвать текстовый курсор и набрать числа от 0 до 9.

7

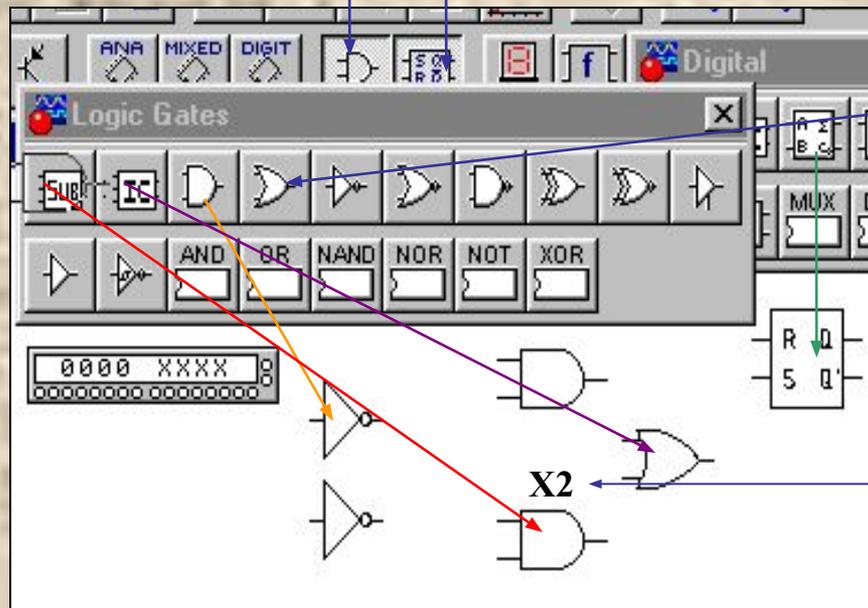
В этой строке можно просмотреть двоичный набор, который будет выдаваться на схему.

8

Индикаторы двоичных сигналов.

# Второй шаг моделирования схемы (выбор логических элементов)

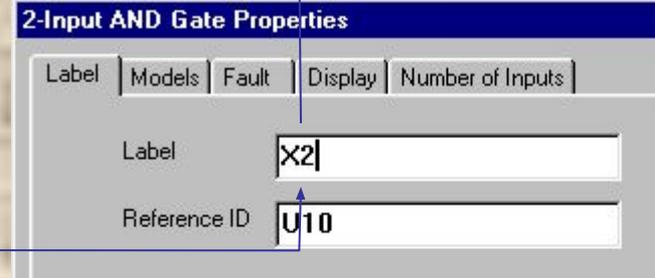
Щелкнуть по кнопке меню логических элементов или элементов памяти.



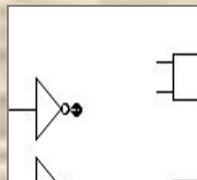
Захватывая кнопкой мыши логические элементы на выпадающем меню вытащить необходимое их количество.

Для индикации использовать логические пробники.

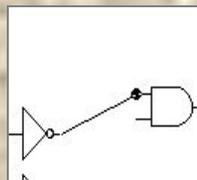
Для задания надписей над любым элементом схемы необходимо выполнить двойной щелчок по элементу левой клавишей мыши. В открывшемся окне, на вкладке Label в поле Label набрать имя элемента, например, X2. Щелкнув на кнопке с крестиком (X), закрыть окно свойств элемента.



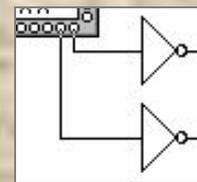
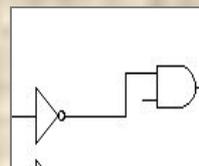
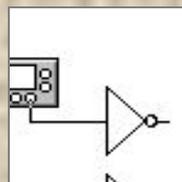
# Третий шаг моделирования схемы (Создание электрических связей между входами и выходами элементов)



1. Захватить исходную точку соединения курсором мыши, удерживая левую кнопку мыши тянуть соединительную линию до конечной точки соединения.



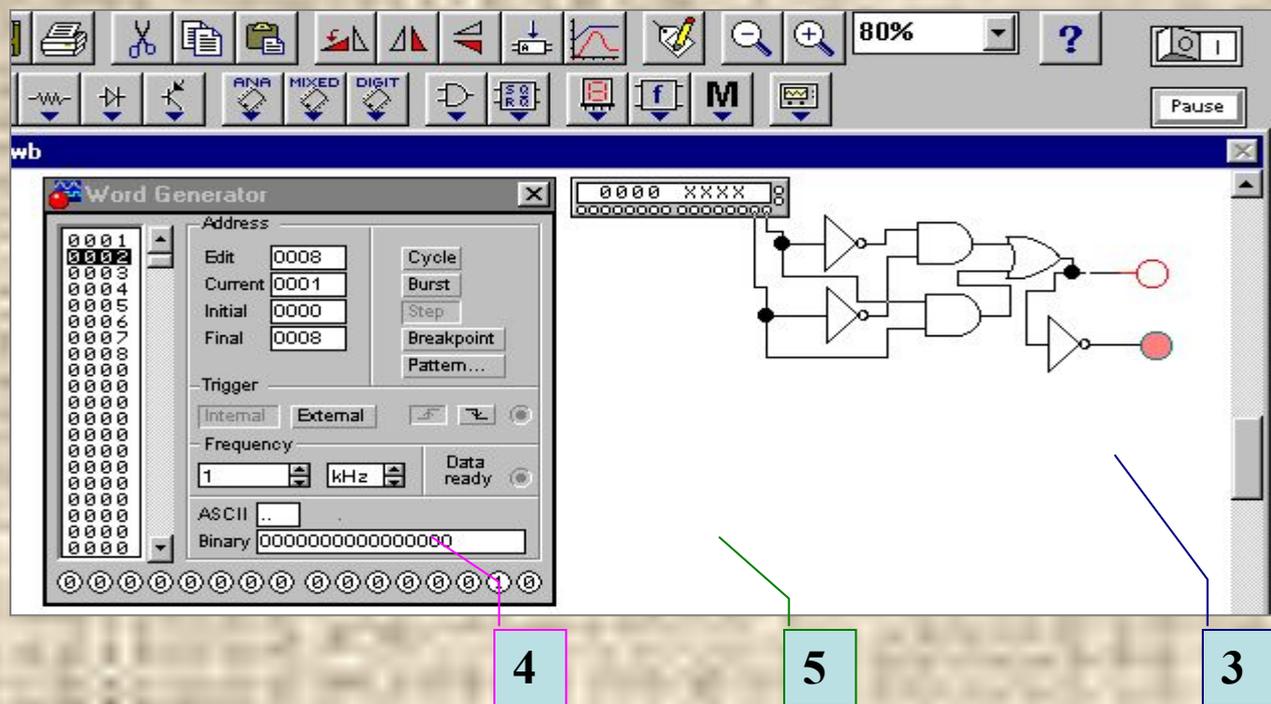
2. В момент соединения линии со входом элемента появляется точка, которая свидетельствует о контакте. После появления точки необходимо отпустить левую клавишу мыши.



3. После отпущания левой клавиши мыши образуется электрическая связь между элементами.

# Четвертый шаг моделирования

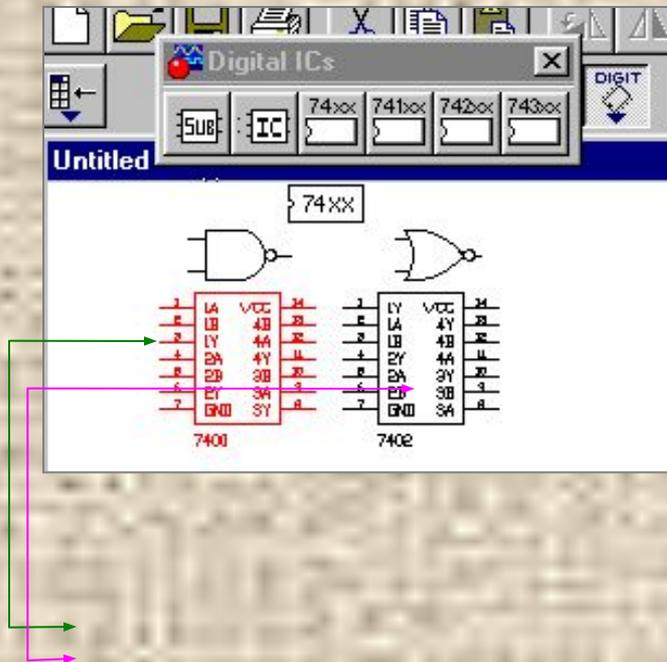
(Набор схемы и проверка правильности её функционирования)



Выполняемые действия:

1. Сборка схемы по правилам, изложенным на предыдущих листах.
2. Включение режима моделирования.
3. Развертка окна свойств- генератора слов.
4. Задание последовательности двоичных сигналов, подаваемых на вход схемы.
5. Нажимая курсором мыши клавишу Step, подать на вход схемы двоичную последовательность сигналов.
6. По загоранию логического пробника (красный - единица ) определить исходную логическую функцию.

# Пятый шаг моделирования (Выборка элементов принципиальной схемы)



Выполняемые действия:

1. Щелкнуть по кнопке **DIGIT** для вызова ниспадающего меню выбора интегральных микросхем
2. Лево́й клавишей мыши захватить изображение интегральной микросхемы с надписью **74xx**.
3. Вытащить изображение интегральной микросхемы на поле моделирования, отпустить клавишу мыши.
4. На рабочем поле откроется окно выбора интегральной микросхемы.
5. Выбрать ИМС **И-НЕ (7400)**, щелкнуть по кнопке **Ассерт ( Вставка )**. На поле моделирования появится изображение ИМС.
6. Вызов других ИМС, например, **ИЛИ-НЕ (7402)** осуществляется аналогично пунктам 1-5.

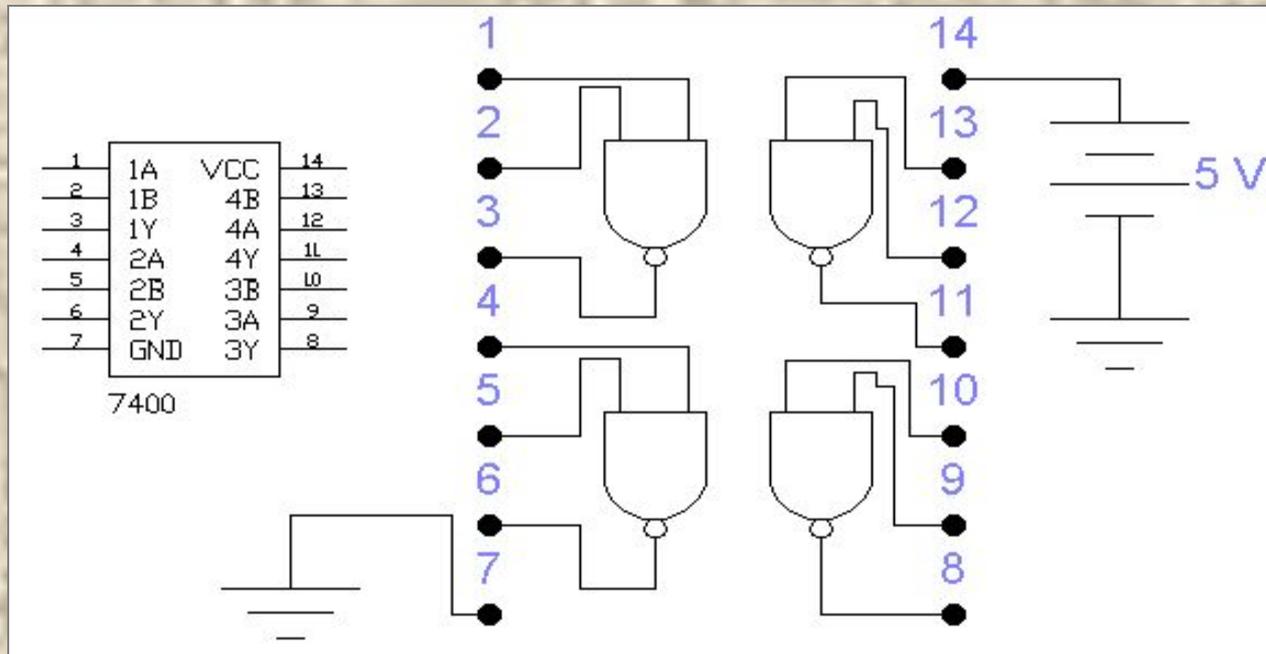
Микросхема И-НЕ

Микросхема ИЛИ-НЕ

# Интегральная микросхема И-НЕ

Условное графическое обозначение ИМС

Соединение логических элементов с выводами ИМС



# Интегральная микросхема ИЛИ-НЕ

Условное графическое обозначение ИМС

Соединение логических элементов с выводами ИМС

