

Лекция 2. Конденсаторы

Цель лекции: виды; характеристики; R-C цепи; дифференциальная цепь; интегральная цепь; соединения конденсаторов; полезные схемы; переключатели.

Конденсатор

- Это двухполюсник с определенным значением емкости, предназначенный для накопления заряда и обладающий свойством:

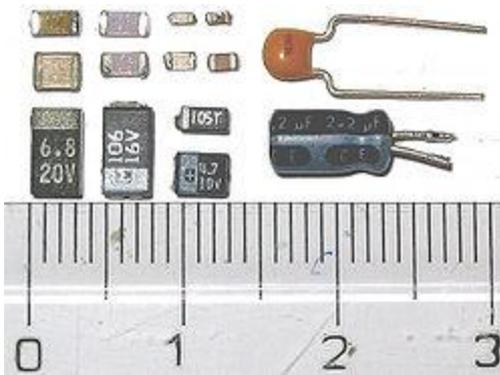
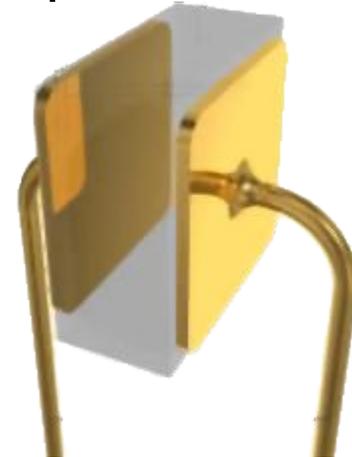
$$Q=CU.$$

кулон
фарада

вольт

обкладки

диэлектрик



ВАЖНАЯ ОСОБЕННОСТЬ

- Конденсатор более сложный компонент, чем резистор. Ток проходящий через конденсатор пропорционален скорости изменения напряжения.

$$I = C(dU / dt)$$

Например, если напряжение на конденсаторе изменится на 1 вольт за 1 сек, то получим ток через конденсатор в 1 ампер.

Если подать ток 1 мА на конденсатор емкостью 1мкФ, то напряжение за 1 секунду возрастет на 1000 В. Используется для фотовспышек.

Обозначения и виды конденсаторов



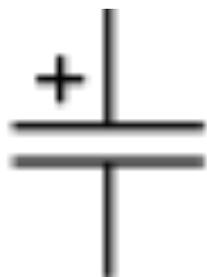
Постоянной емкости

Емкость измеряется в фарадах

Микро Ф

Пико Ф

Нано Ф



Поляризованный



Переменной емкости или подстроечный



Варикап



Некоторые применения

- Фильтры напряжения.
- В колебательных контурах.
- В схемах динамической памяти.
- В импульсных лазерах с оптической накачкой.
- В фотовспышках.
- В цепях задержки и формирования импульсов.

Основные параметры конденсатора

- Емкость.
- Точность.
- Удельная емкость.
- Плотность энергии.
- Номинальное напряжение.
- Полярность.
- **Паразитные параметры**: саморазряд; температурный коэффициент; пьезоэффект.
- **Опасный параметр**: взрывоопасность для электролитических конденсаторов.

$$C = \frac{I}{2\pi f \left(\frac{U_{вх} \times R_n}{U_{вых}} - R_n \right)}$$

$$C = \frac{I}{2\pi f X_c}$$

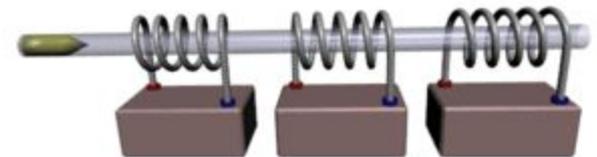
Конденсаторы

слюда	1 - 0.01 пФ	100-600 В	Хорошая точность.	Утечка малая	Радио частоты
керамика	0.5 – 100 пФ	100-600 В	Хорошая точность	Утечка малая	Темпер коэф.
полипроп илен	100 пФ- 50 мкФ	100-800 В	Высокая точность	Очень малая	Универса льные
стеклянн ые	10 пФ- 1000мкФ	100-600 В	Хорошая точность	Очень малая	Для длит. Эксплуат.
электрол итические	0.1 мкФ-1.6 Ф	3-600В	Очень плохая	Очень большая	Фильтры источники питания
вакуумны е	1 пФ-5000п	2000-360 00 В	низкая	Очень малая	Передатч ики

Ф

Параметры

- **Удельная емкость** – отношение емкости к объему диэлектрика.
- **Плотность энергии** зависит от конструктивного исполнения. Например Конденсатор 12000 мкФ с максимальным напряжением 450 В, массой 1.9 кг, обладает энергией 639 Дж на кг. Параметр важен для устройств с мгновенным высвобождением энергии как в пушке Гауса.



Параметры конденсатора

- **ПОЛЯРНОСТЬ.** Конденсаторы с оксидным диэлектриком (электролитические) функционируют только при корректной полярности напряжения из-за химических особенностей взаимодействия электролита с диэлектриком. При обратной полярности напряжения электролитические конденсаторы обычно выходят из строя из-за химического разрушения диэлектрика с последующим увеличением тока, вскипанием электролита.
Конденсаторы с оксидным диэлектриком (электролитические) функционируют только при корректной полярности напряжения из-за химических особенностей взаимодействия электролита с диэлектриком. При обратной полярности напряжения электролитические конденсаторы обычно выходят из строя из-за химического разрушения диэлектрика с последующим увеличением тока, вскипанием электролита.

Параметры конденсатора

- **Номинальное напряжение** – указывается в маркировке, при эксплуатации конденсатора не должно превышать.
- **ИНАЧЕ** – электрический пробой и выход из строя.

Электролитические конденсаторы

- Взрывы электролитических конденсаторов — довольно распространённое явление. Основной причиной взрывов является перегрев конденсатора, вызываемый в большинстве случаев утечкой или повышением эквивалентного последовательного сопротивления вследствие старения (актуально для импульсных устройств). В современных компьютерах перегрев конденсаторов — также очень частая причина выхода их из строя, когда они стоят рядом с источниками повышенного тепловыделения (радиаторы охлаждения).



Параметры конденсаторов.

Пьезоэффект

- Многие керамические материалы, используемые в качестве диэлектрика в конденсаторах (например, титанат бария) Многие керамические материалы, используемые в качестве диэлектрика в конденсаторах (например, титанат бария) проявляют пьезоэффект — способность генерировать напряжение на обкладках при механических деформациях. **Пьезоэффект ведёт к возникновению электрических помех**

Параметры конденсаторов. Саморазряд

- **Электрическое сопротивление изоляции диэлектрика конденсатора, поверхностные утечки R_d и саморазряд.**
- сопротивление утечки определяют через постоянную времени T саморазряда

$$T = R_d C_0$$

ВАЖНАЯ ОСОБЕННОСТЬ

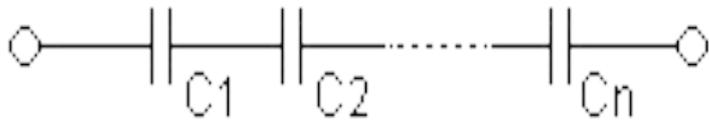
- Конденсатор более сложный компонент, чем резистор. Ток проходящий через конденсатор пропорционален скорости изменения напряжения.

$$I = C(dU / dt)$$

Например, если напряжение на конденсаторе изменится на 1 вольт за 1 сек, то получим ток через конденсатор в 1 ампер.

Если подать ток 1 мА на конденсатор емкостью 1мкФ, то напряжение за 1 секунду возрастет на 1000 В. Используется для фотовспышек.

Последовательное соединение конденсаторов

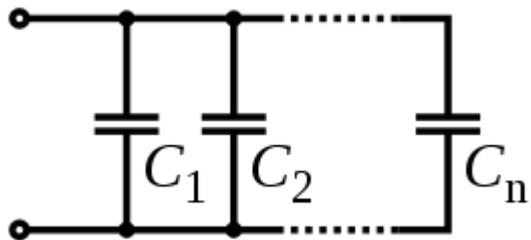


$$C = \frac{1}{\sum_{i=1}^N 1/C_i} \quad \text{или} \quad \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}.$$

При последовательном соединении конденсаторов заряды всех конденсаторов одинаковы, так как от источника питания они поступают только на внешние электроды, а на внутренних электродах они получают только за счёт разделения зарядов, ранее нейтрализовавших друг друга.

Эта ёмкость всегда меньше минимальной ёмкости конденсатора, входящего в батарею.

Параллельное соединение конденсаторов



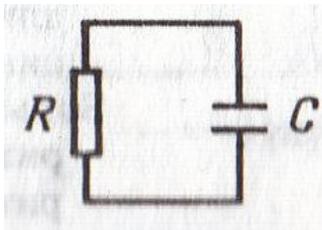
$$C = \sum_{i=1}^N C_i$$

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n.$$

Для получения больших ёмкостей конденсаторы соединяют параллельно. При этом напряжение между обкладками всех конденсаторов одинаково. Общая ёмкость батареи параллельно соединённых конденсаторов равна сумме ёмкостей всех конденсаторов, входящих в батарею.

RC цепи: изменения во времени напряжения и тока

- Рассмотрим простейшую RC цепь



$$I = C(dU / dt)$$

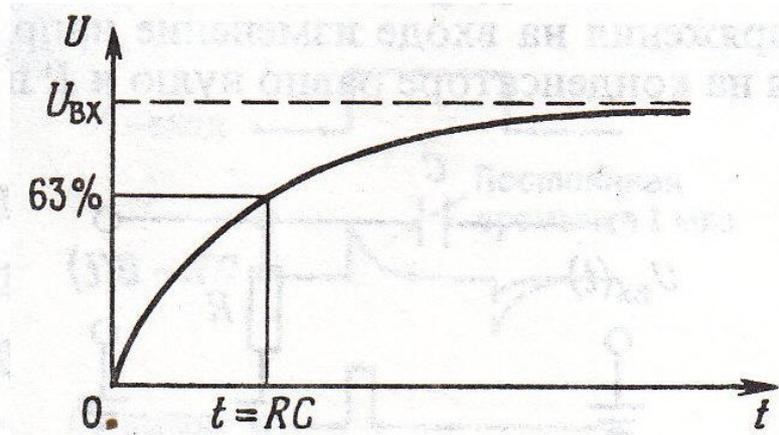
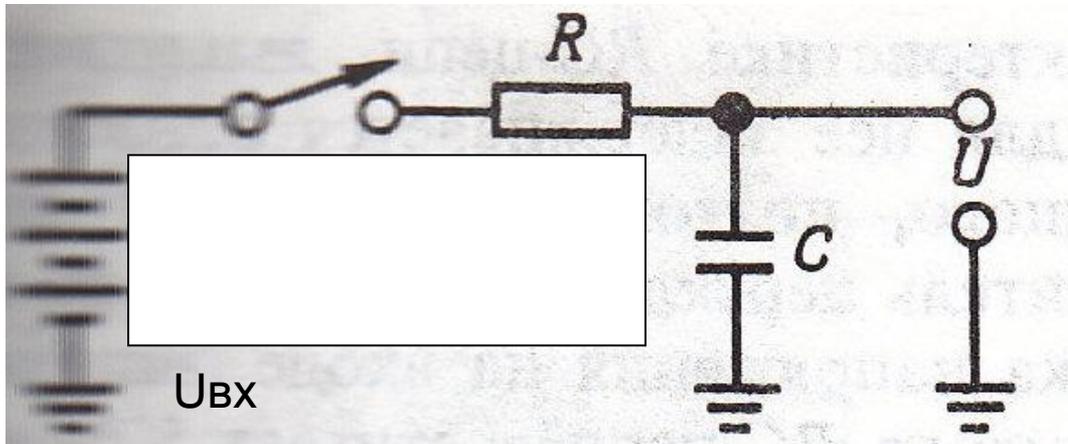
При решении этого дифференциального уравнения получим решение:

$$U = A e^{-t / RC}$$

Если конденсатор зарядить до напряжения U , а затем разрядить на резистор R , то можно получить график



Постоянная времени RC цепи



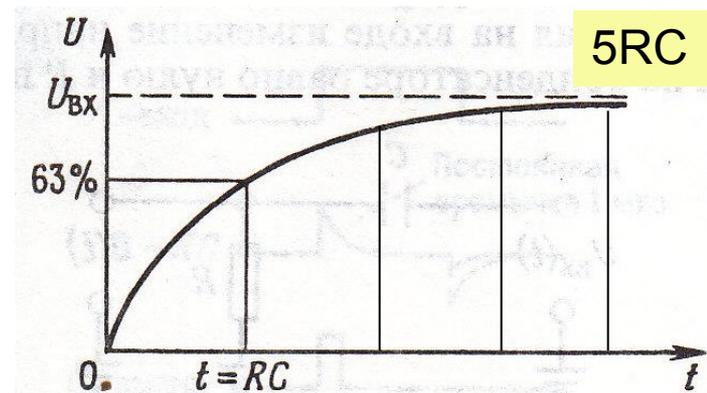
$$I = C(dU / dt) = (U_{BX} - U) / R$$

и имеет решение

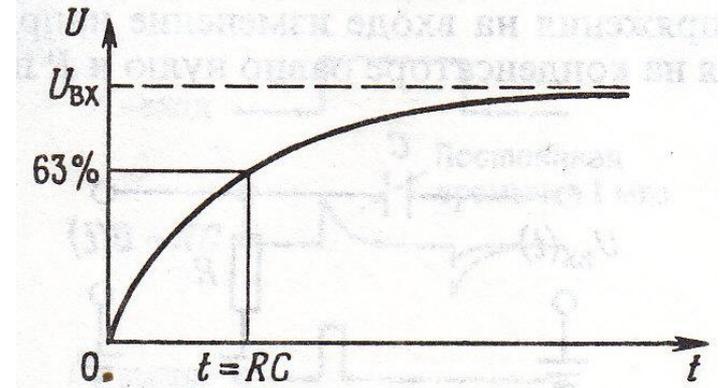
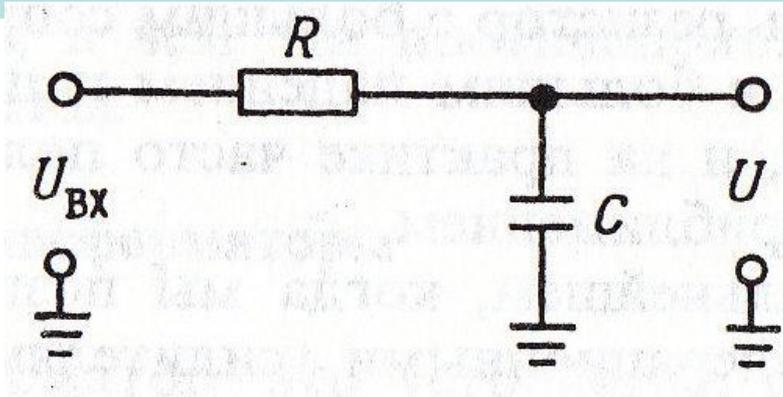
$$U = U_{BX} + e^{-t/RC}$$

Установление равновесия

- При времени значительно большем чем RC напряжение на выходе достигает напряжения $U_{вх}$.
- **ПОЛЕЗНО ЗАПОМНИТЬ ПРАВИЛО:**
- За время, равное пяти постоянным времени, конденсатор заряжается или разряжается на 99%.



Интегрирующая цепь



$$I = C(dU / dt) = (U_{\text{ВХ}} - U) / R$$

при выполнении условия $U \ll U_{\text{ВХ}}$

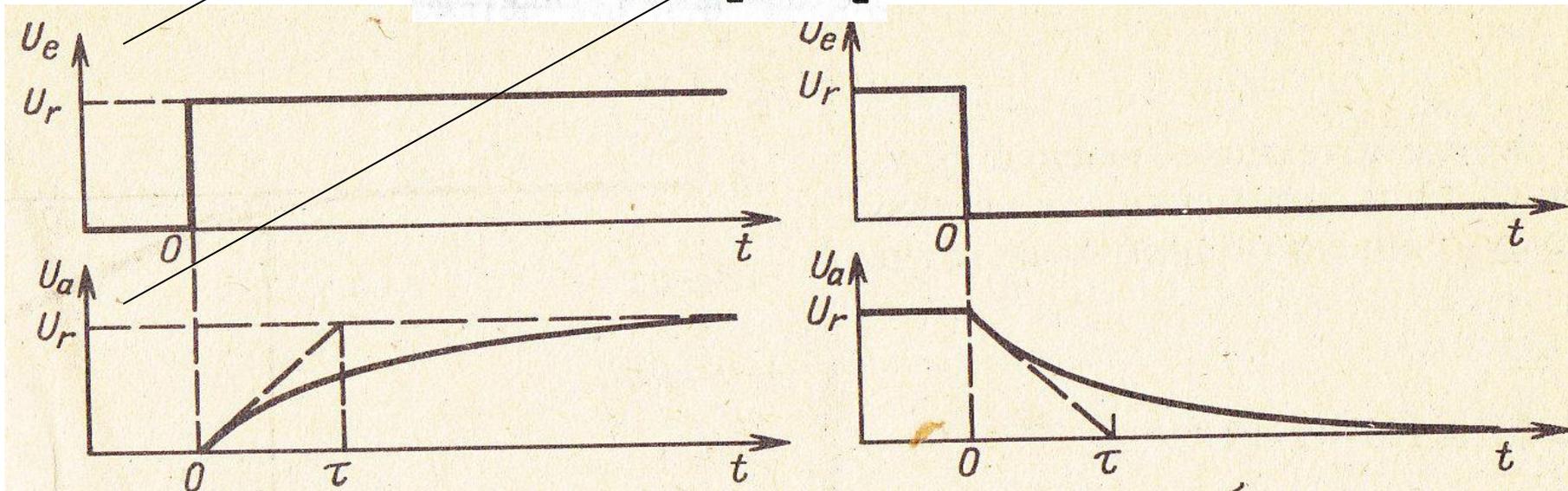
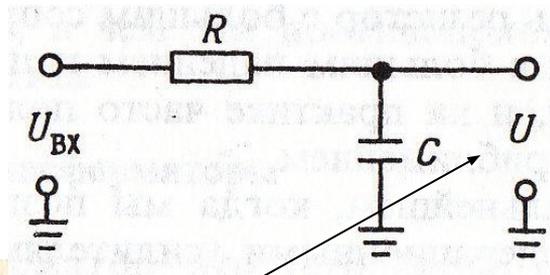
$$C(dU / dt) \cong U_{\text{ВХ}} / R$$

ИЛИ

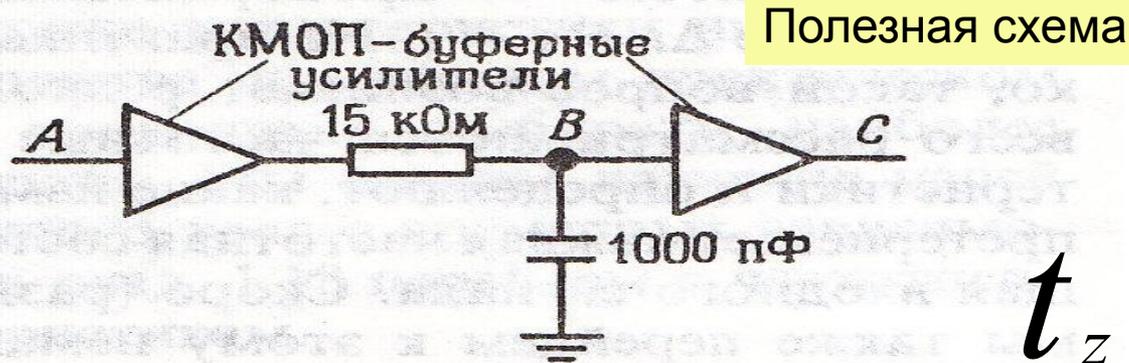
$$U(t) = \frac{1}{RC} \int_0^t U_{\text{ВХ}}(t) dt$$

Схема интегрирует входной сигнал по времени!!!

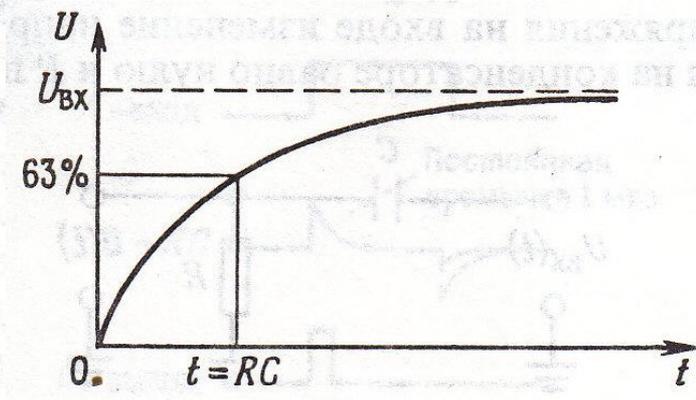
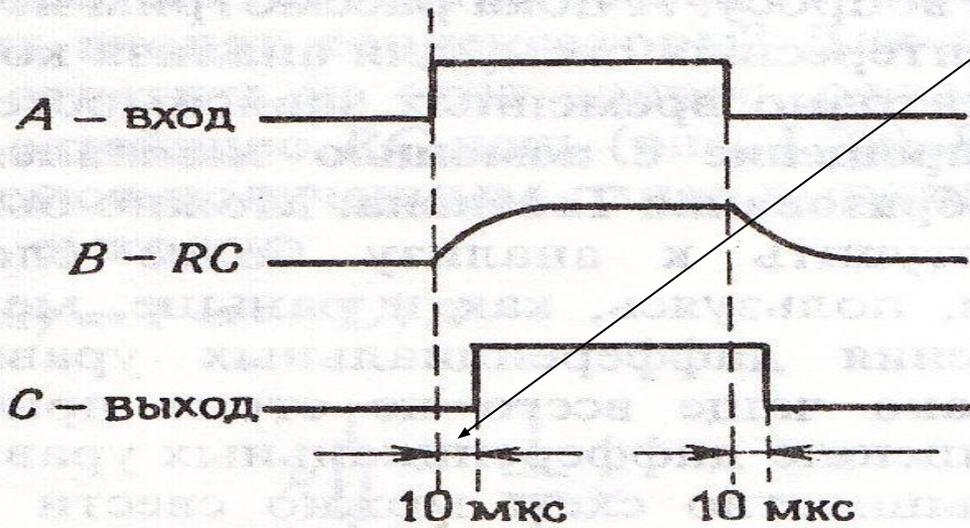
Интегрирование цифрового сигнала



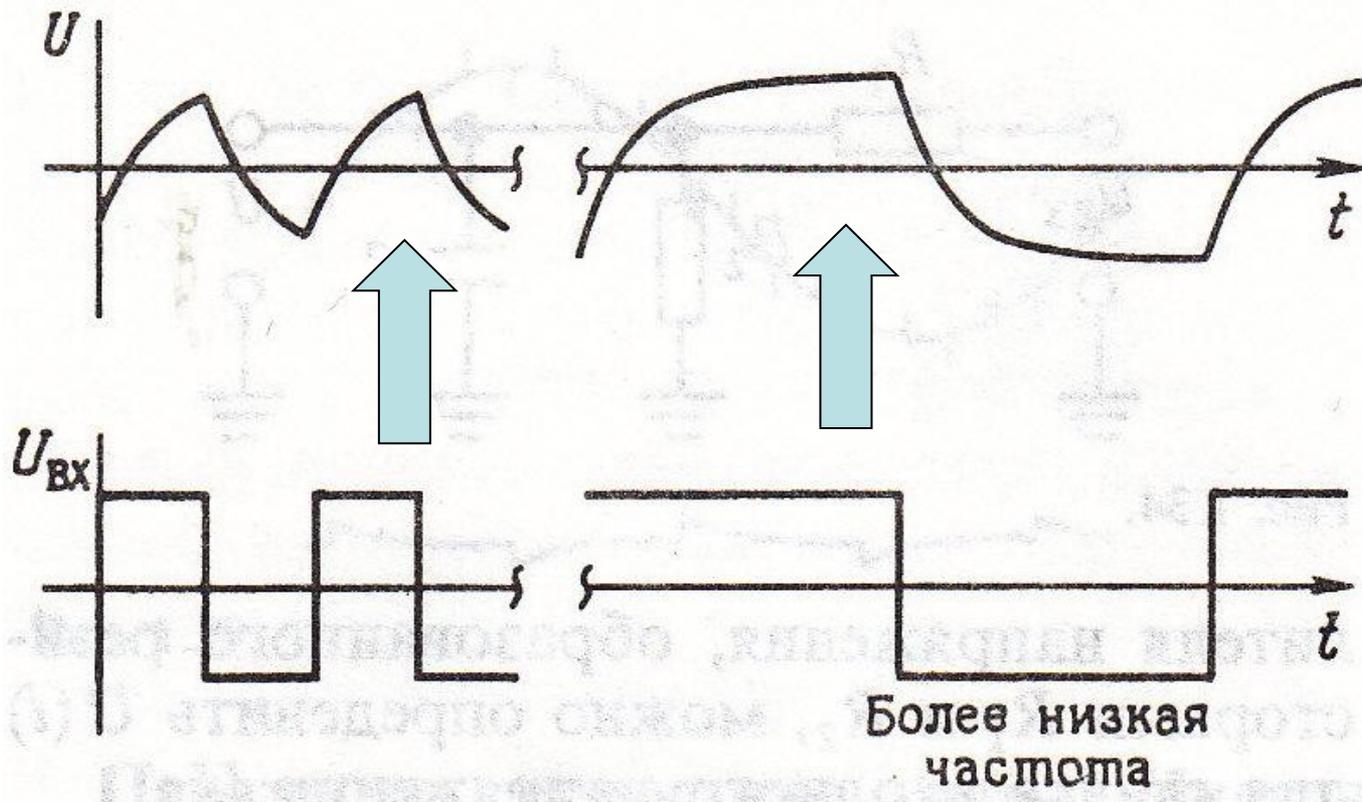
Задержка цифрового сигнала RC цепью



$$t_z = 0.7RC$$

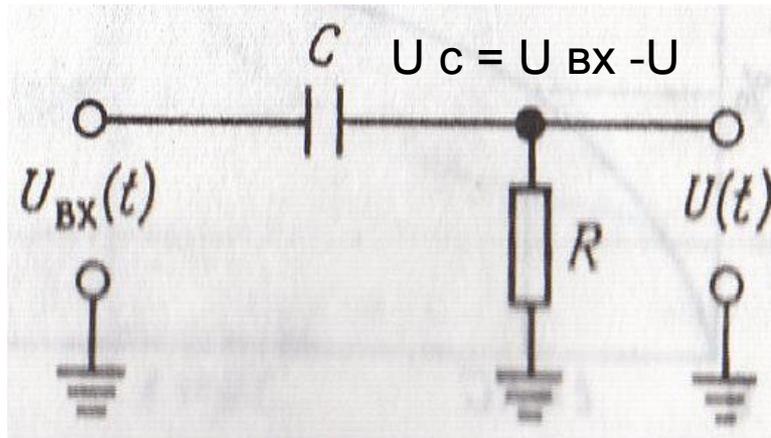


Изменение формы прямоугольного сигнала конденсатором



Если вместо источника напряжения на конденсатор подать прямоугольный сигнал.

Дифференцирующая RC цепь



$$I = C d(U_{BX} - U) / dt$$

если сопротивление и емкость малы тт

$$dU/dt \ll d U_{BX} / dt$$

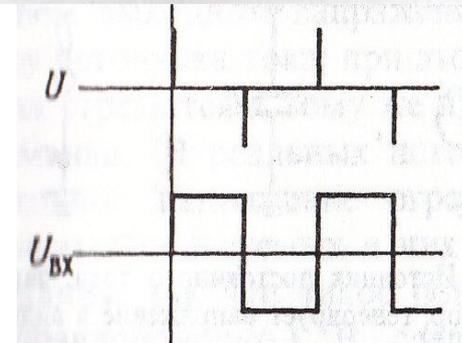
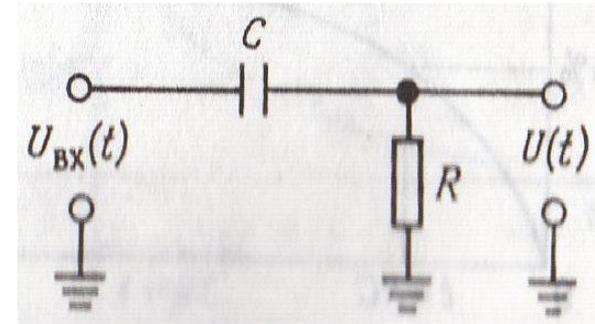
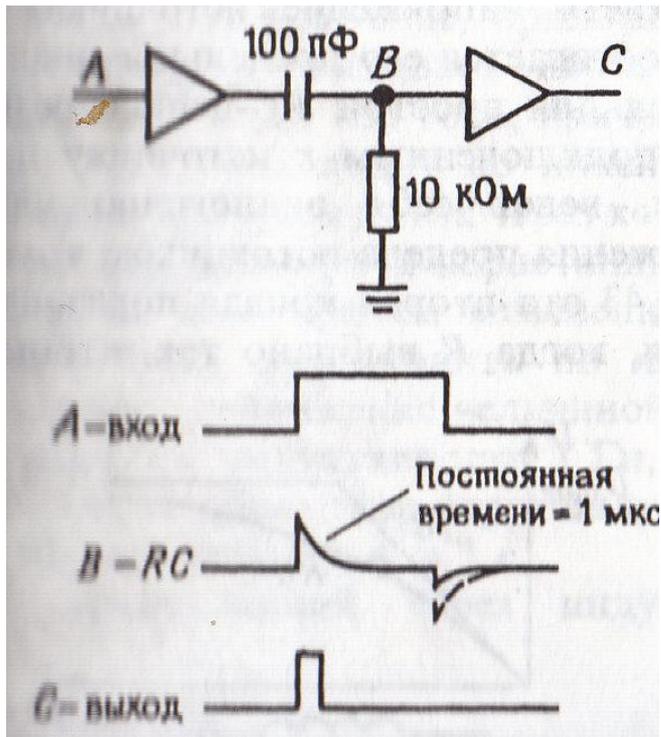
$$C(d U_{BX} / dt) = U / R$$

$$\text{или } U(t) = RC [d U_{BX} / dt]$$

Это значит, что выходное напряжение пропорционально скорости изменения входного сигнала

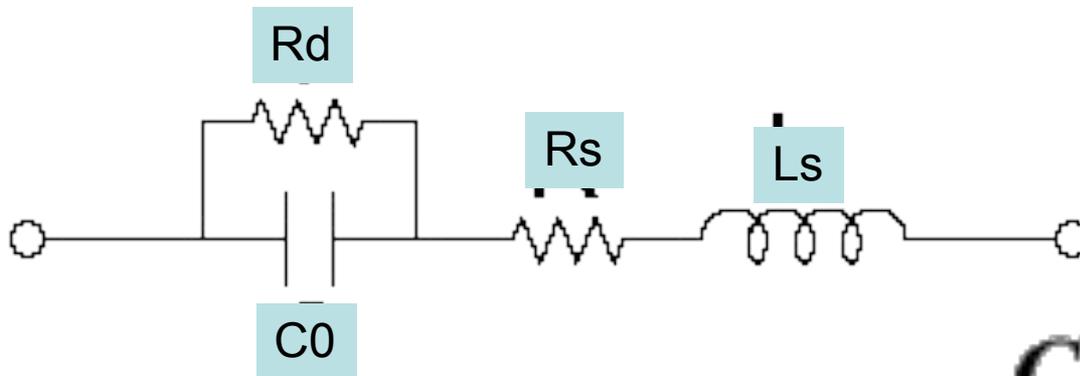
Выделение фронта сигнала

- Дифференцирующие цепи удобны для выделения переднего и заднего фронта импульсного сигнала.



Эквивалентная схема конденсатора

- Эквивалентная схема реального конденсатора и некоторые формулы.
 C_0 — собственная ёмкость конденсатора;
 R_d — сопротивление изоляции конденсатора;
 R_s — эквивалентное последовательное сопротивление;
 L_s — эквивалентная последовательная индуктивность.



$$C = \frac{I}{2\pi f X_c}$$

Реальный конденсатор имеет более сложную систему зависимости тока и напряжения. Эта зависимость определяется частотой сигнала и значением реактивного сопротивления

Сглаживание пульсаций

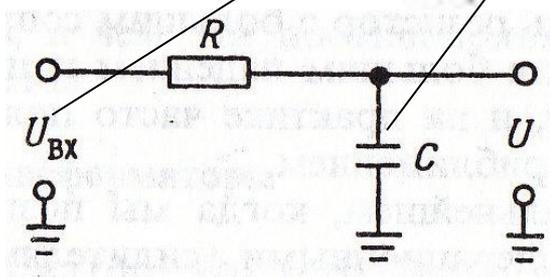
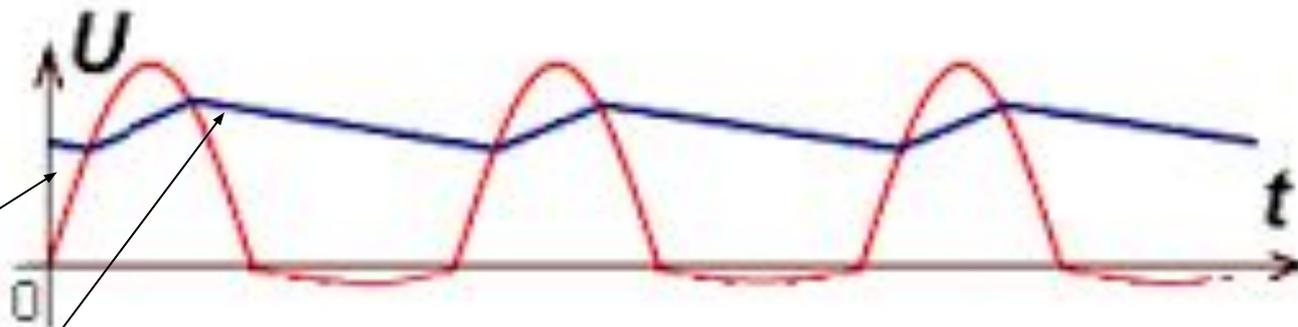


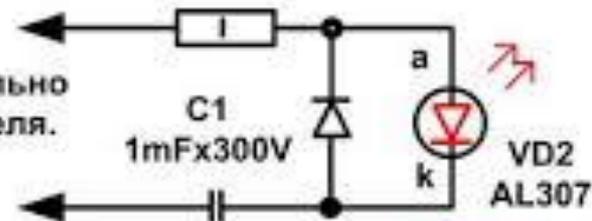
Схема подсветки выключателя на светодиоде и конденсаторе

yDoma.info

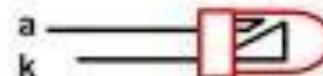
R1
100 Ом

VD1
КД521

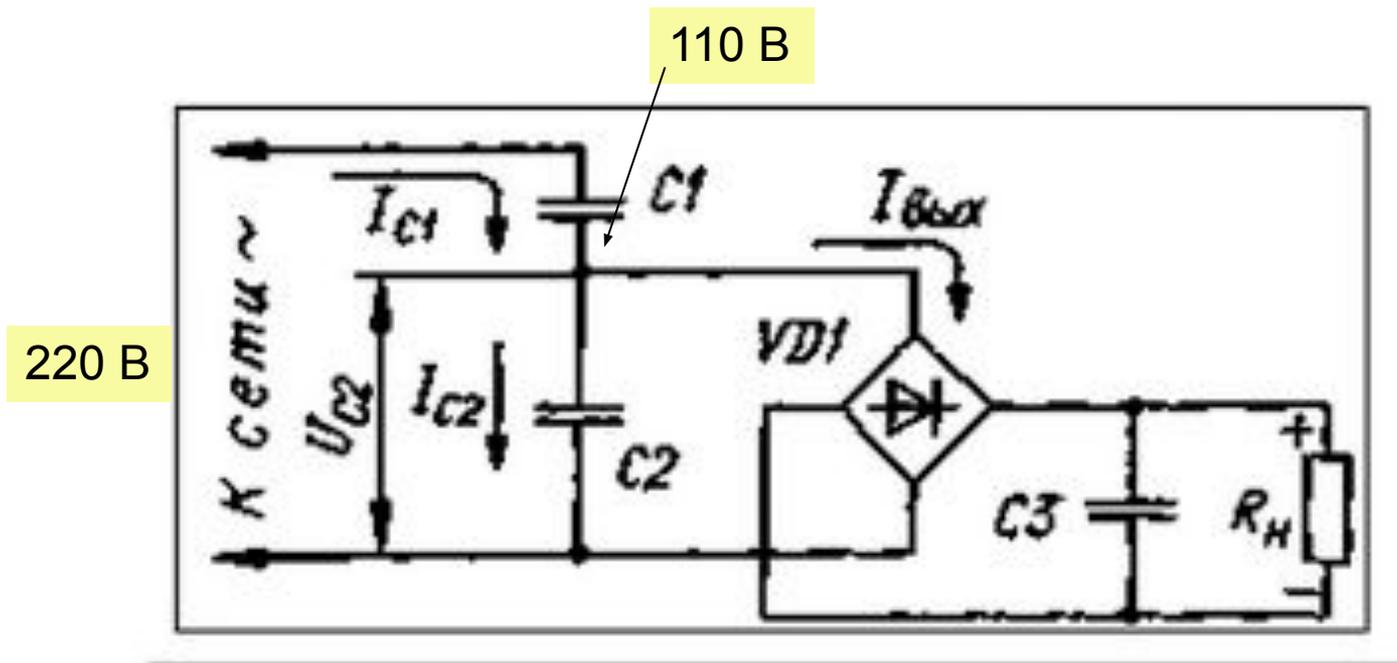
Подключить параллельно контактам выключателя.



R1 мощностью не менее 1 ватта



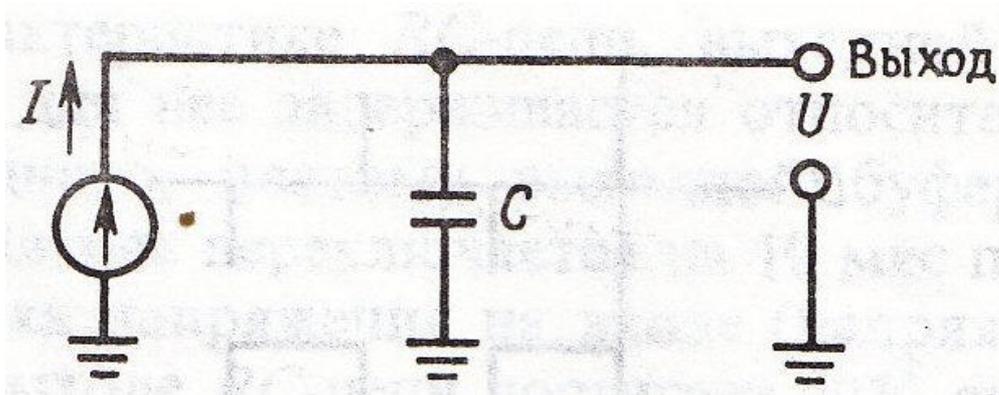
Конденсаторы в источниках напряжения



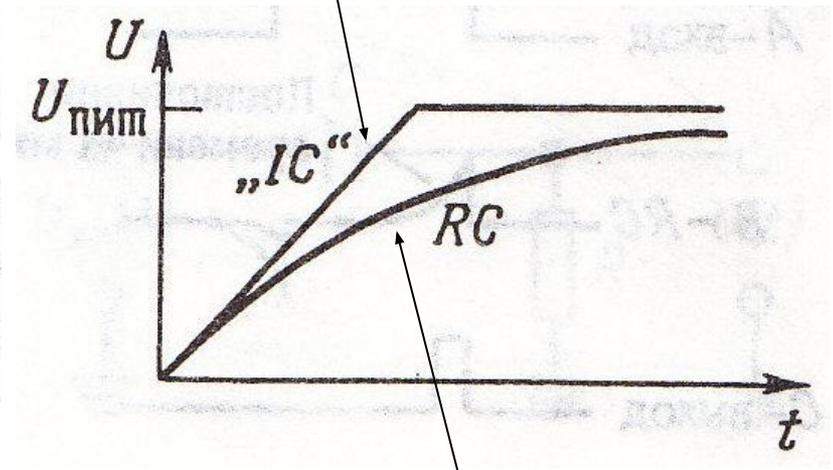
Генератор пилообразного сигнала

- Схема использует постоянный ток для заряда конденсатора. $I=C (dU / dt)$. Или

$$U(t)=(I/C)t$$



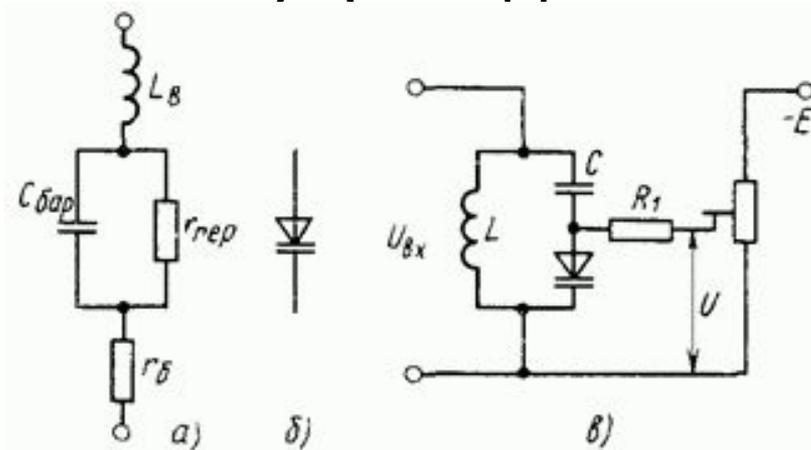
Источник тока



Для RC цепи, но весьма похоже

Варикап

- **Варикап** — электронный прибор, полупроводниковый диод — электронный прибор, полупроводниковый диод, работа которого основана на зависимости барьерной ёмкости — электронный прибор, полупроводниковый диод, работа которого

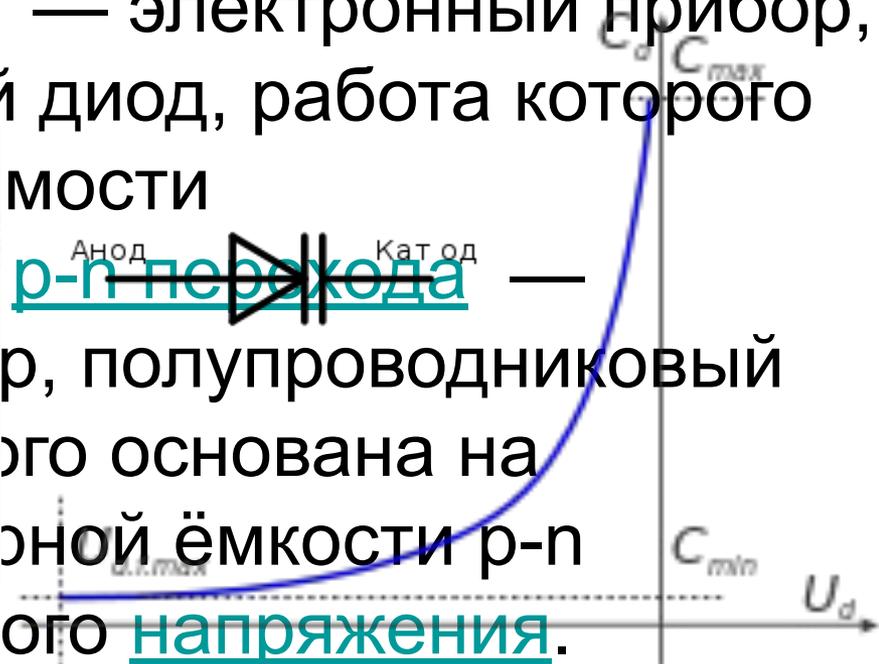


МОСТИ

р-п перехода —

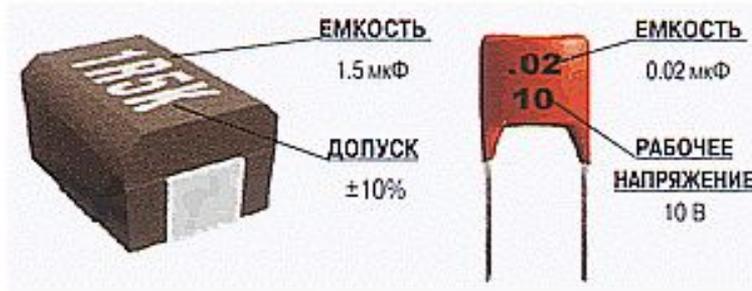
р, полупроводниковый
его основана на
этой ёмкости р-п

перехода от обратного напряжения.

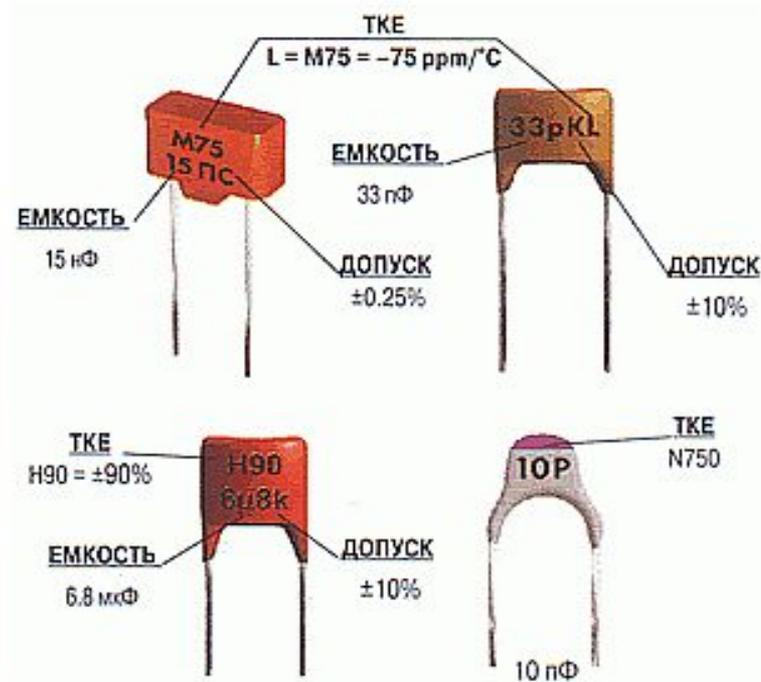


Маркировка конденсаторов

Код	Емкость
R1	0.1 мкФ
R47	0.47 мкФ
1	1.0 мкФ
4R7	4.7 мкФ
10	10 мкФ
100	100 мкФ



Код	Емкость
p10	0.1 пФ
1p5	1.5 пФ
332p	332 пФ
1n0 или 1n0	1.0 нФ
15n или 15n	15 нФ
33n2 или 33n2	33.2 нФ
590n или 590n	590 нФ
μ15	0.15 мкФ
1μ5	1.5 мкФ
33μ2	33.2 мкФ
330μ	330 мкФ
1m0	1 мФ или 1000 мкФ
10m	10 мФ



Маркировка конденсаторов SMD

РАБОЧЕЕ НАПРЯЖЕНИЕ

G - 4
VJ - 6.3 или 7
VA - 10
VC - 16
VD - 20
VE - 25
VV - 35 В*

- перед буквами может ставиться цифра, указывающая на диапазон:
0 - для напряжений до 10 В
1 - для напряжения до 100 В
2 - для напряжения до 1000 В.
Например, 0E - 2.5 В; 1E - 25 В;
2E - 250 В

ЁМКОСТЬ

A - 1.0 пФ
E - 1.5 пФ
J - 2.2 пФ
N - 3.3 пФ
S - 4.7 пФ
W - 6.8 пФ

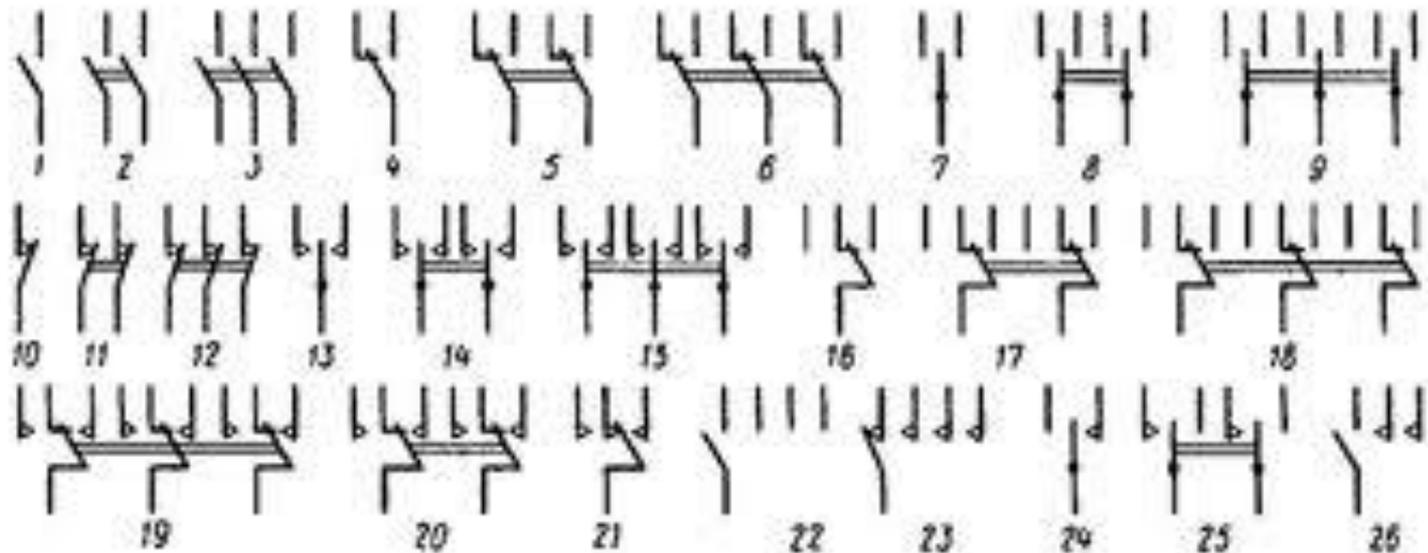
МНОЖИТЕЛЬ

5 - 10^5
6 - 10^6
7 - 10^7



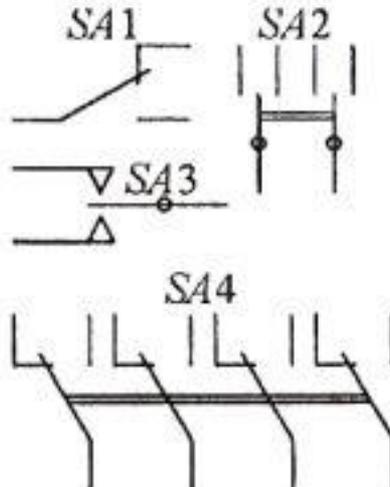
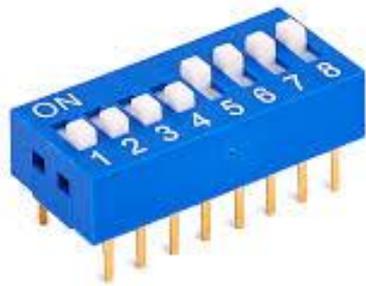
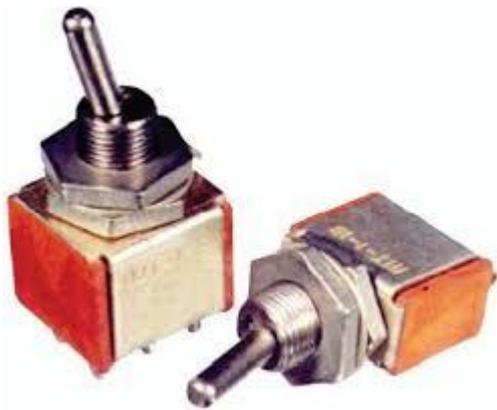
Переключатели

- Применяются для коммутации линий связи. Используются обозначения.



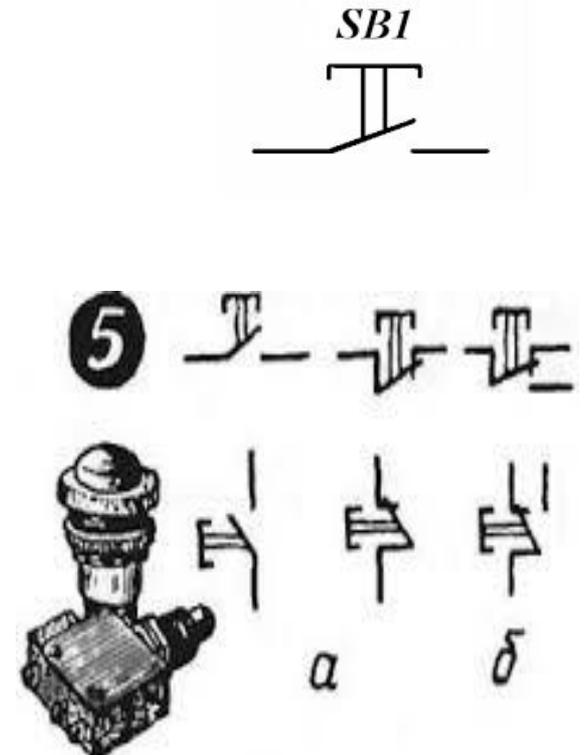
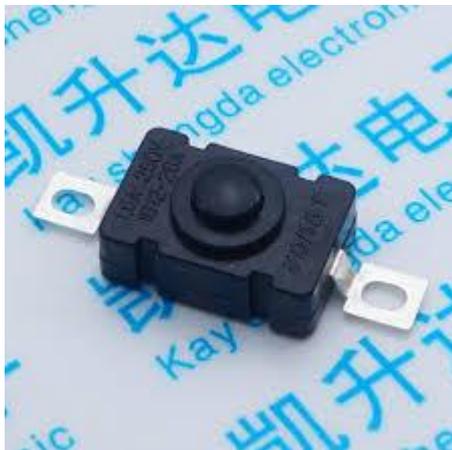
При переключении происходит фиксация положения контактов

Конструктивное исполнение



Кнопки, клавиши клавиатуры

- Применяются для кратковременного соединения источника сигнала с приемником сигнала.



Общая проблема для переключателей и кнопок – дребезг контактов.