



ИЯУ МИФИ

Кафедра №7 «Экспериментальной ядерной физики и космофизики»



Специальность: 140302 – физика атомного ядра и частиц

Специализация: микро- и космофизика

Дисциплина: Ядерная электроника

Группа Т07-07

Лекция №5

Метод совпадений и антисовпадений

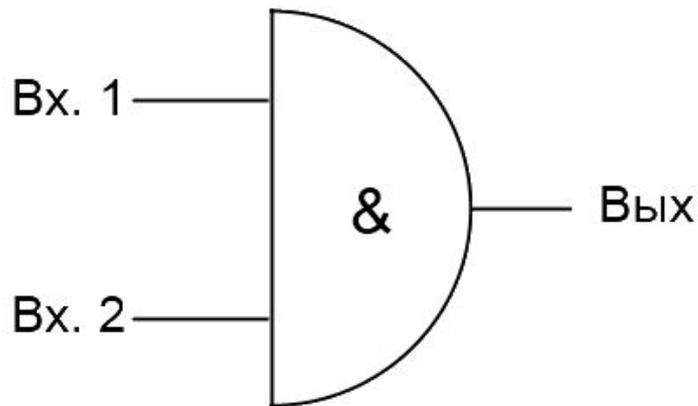
2012/2013

План лекции

- Схема совпадений
- Разновидности и характеристики
- Схема антисовпадений
- Примеры экспериментов

Схема совпадений. Определение

- Схема совпадений (СС) – устройство с двумя или более входами и одним выходом. Сигнал на выходе возникает когда сигналы на входе полностью, либо частично перекрываются.



Вход 1	Вход 2	Выход
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

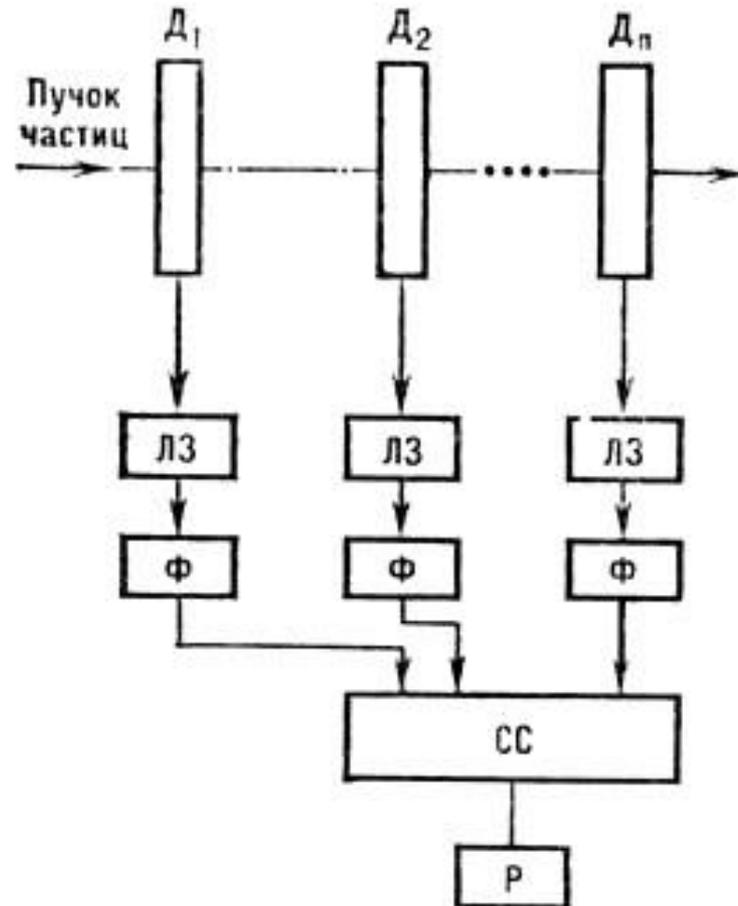
Кратность СС

- 2-входовые схемы совпадений
- M - входовые (многовходовые) СС ($M > 2$)
- Мажоритарные ($M \gg 2$), срабатывают когда на K из M входов есть сигнал;

M - кратность

Пример использования схемы совпадений

- Выделение частиц, пришедших с определенного направления (телескоп)



Линия задержки

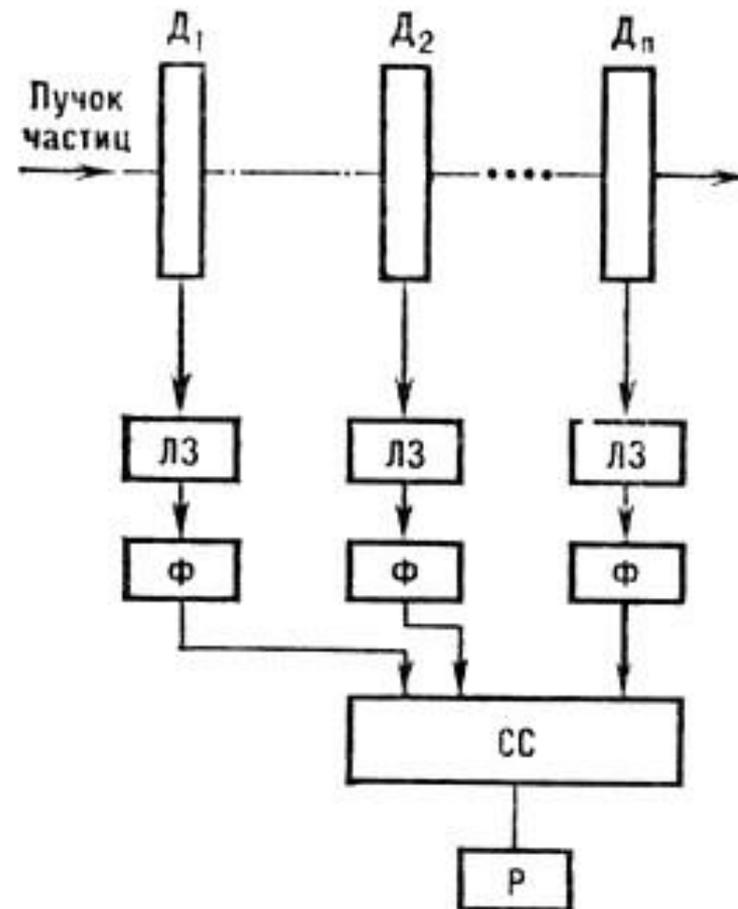
- Линия задержки (ЛЗ) – устройство для задержки электрических сигналов на определенное время.

Простейшая линия задержки – моток длинного проводника, по которому сигнал будет распространяться определенное время.



Линии задержки в СС

- Различные длины проводов от детекторов до СС
- Различные типы детекторов «в одной связке»



Пример использования мажоритарной СС

- Регистрация ШАЛ на площади порядка километров множеством детекторов. Срабатывание значительной их части (но не обязательно всех!) говорит о регистрации ШАЛ.

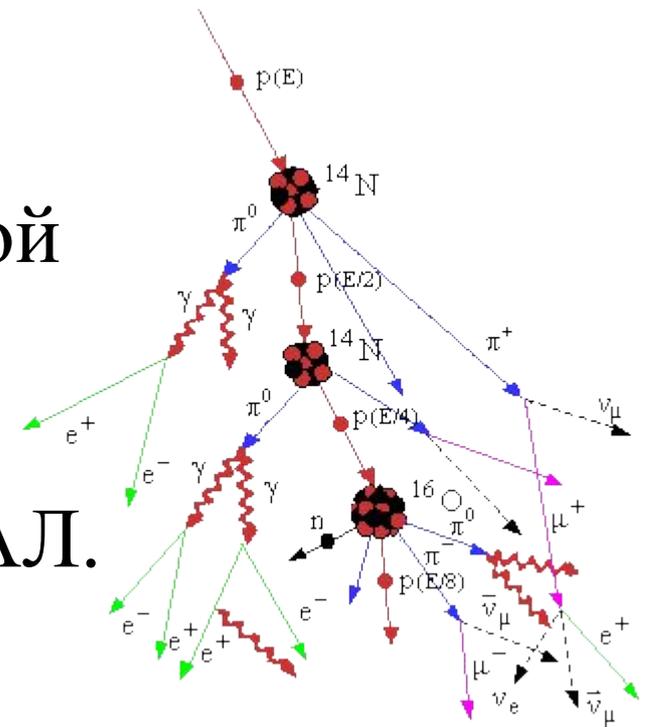


Схема антисовпадений

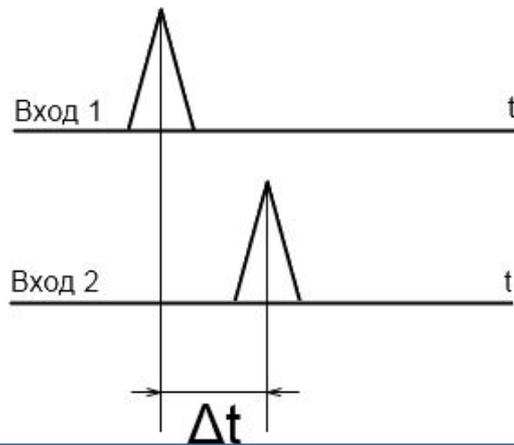
- Если схема совпадений позволяет выделить сигналы от коррелированных в пространстве и/или времени частиц, то схема антисовпадений (СА) позволяет отбросить случайные (некоррелированные) события.

Все, сказанное про СС, распространяется и на АС

Вход	Запр. ВХ	Выход
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

Параметры СС

- Разрешающее время СС $T=2\tau$ – максимальный интервал времени между парой входных сигналов, при котором схема еще регистрирует их как совпадающие.



Сигнал на выходе
появится если $\Delta t < \tau$

$$\tau_{\text{электр}} \sim 10^{-9} \text{ с}$$

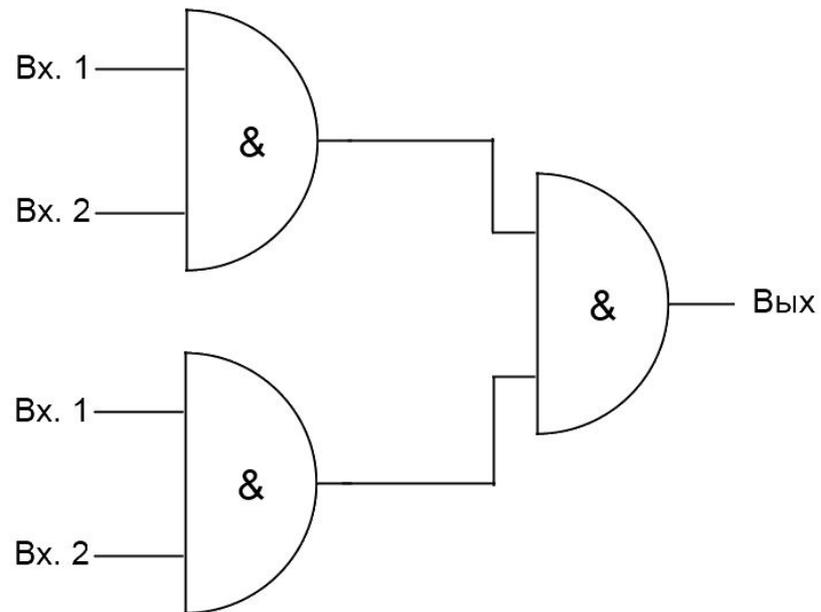
$$\tau_{\text{реал}} \sim 10^{-8} \text{ с}$$

Параметры СС

- Эффективность СС – доля зарегистрированных событий от полного числа истинных совпадений на выходе
- Мертвое время – время нечувствительности СС к совпадающим событиям (это не разрешающее время!)

Параметры СС

- Коэффициент отбора $\rho = U_M / U_{M-1}$
Определен как отношение выходного сигнала при наличии входного на M входах и при наличии входного сигнала на $M-1$ входах.
С ростом M ρ падает, что ограничивает M .

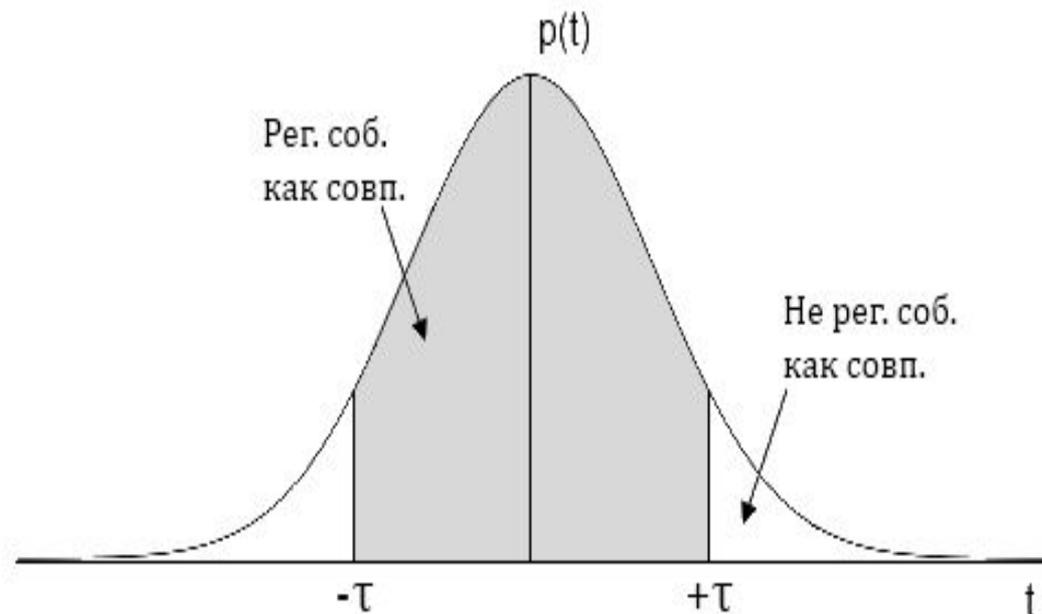


Разрешающее время СС

- Сигналы от одновременных событий приходят на СС с разной задержкой.
- Существуют флуктуации:
 - σдетектора
 - σформирователя
 - σсс
- Вероятность регистрации двух событий как одновременных – нормальное распределение $p(t) = \exp(-t^2/2\sigma^2)/(2\pi)^{1/2}\sigma$

Разрешающее время СС

- Существует конечное разрешающее время, первый сигнал может отставать от второго на τ или обгонять его на τ



Эффективность регистрации

- Эффективность регистрации η определяется как интеграл ошибок:

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\tau}^{+\tau} e^{-t^2/2\sigma^2} dt$$

- При $\tau=\sigma$ эффективность $\eta=0,68$
- При $\tau=2\sigma$ эффективность $\eta=0,95$
- При $\tau=3\sigma$ эффективность $\eta=0,997$

- Эффективность η зависит от τ , зависящего от σ

Случайные совпадения

- Даже если истинных совпадений нет, на выходе сс регистрируется $n_{\text{случ}}$ импульсов.

$$n_{\text{случ}} (\Gamma \text{ц}) = 2\tau n_1 n_2$$

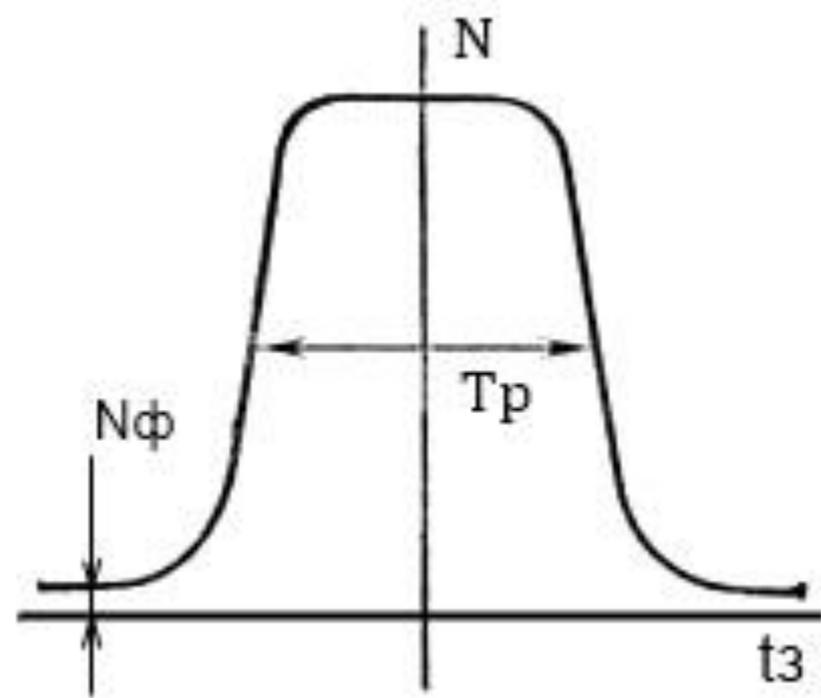
$$n_{\text{случ}} (M \text{ входов}, \Gamma \text{ц}) = M\tau^{M-1} n_1 \dots n_M$$

где n_i – число входных импульсов на i -м входе сс

- Если $n_i \tau < 1$ то увеличение кратности уменьшает число случайных совпадений

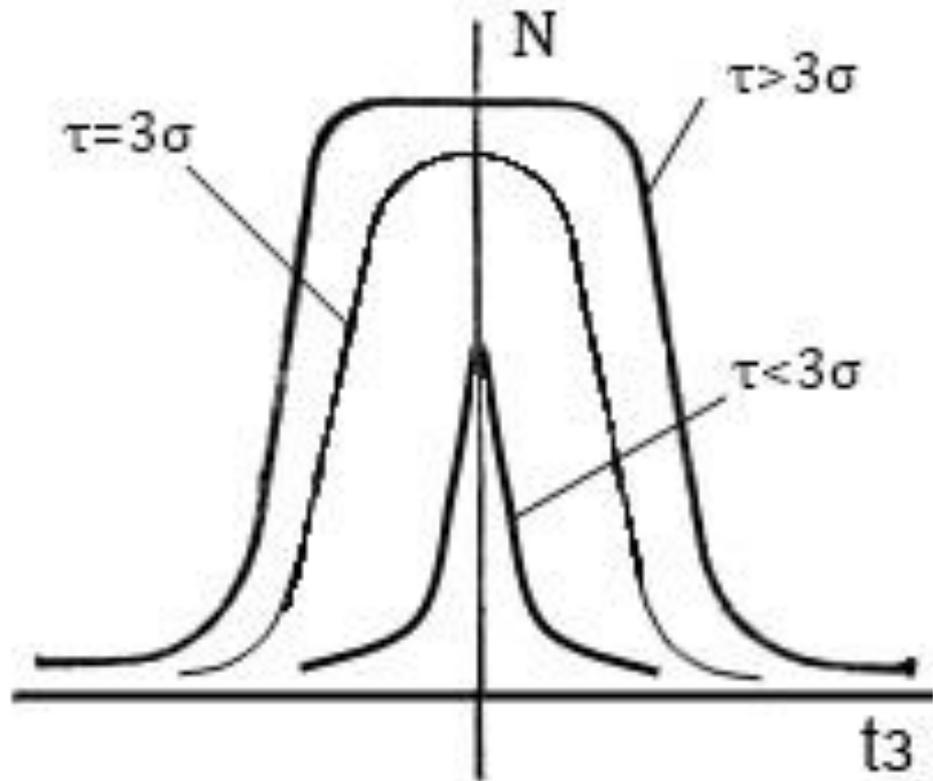
Кривая задержанных совпадений

- Зависимость скорости счета N на выходе СС от величины задержки t_3 в одном из каналов
- Рабочему участку отвечает область с наибольшим N



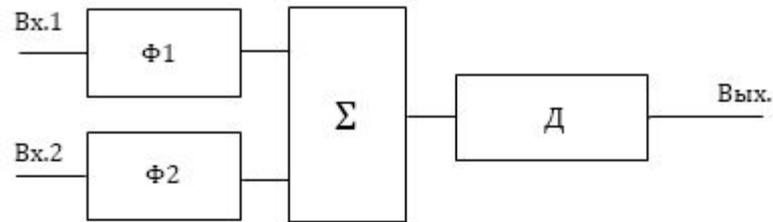
Оптимизация параметров

- Оптимально $\tau = 3\sigma$
(при $\tau < 3\sigma$ – проигрыш по эффективности, при $\tau > 3\sigma$ – лишний фон)

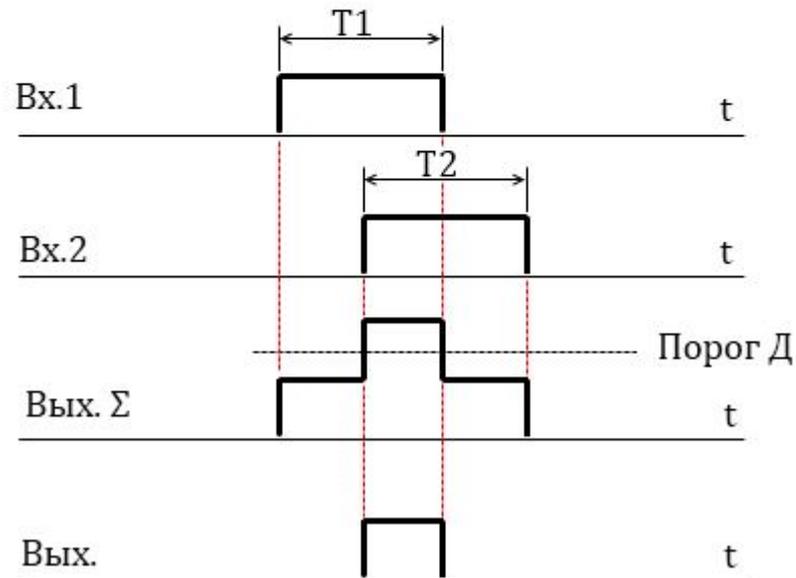


Классификация СС

- Схема линейного сложения.

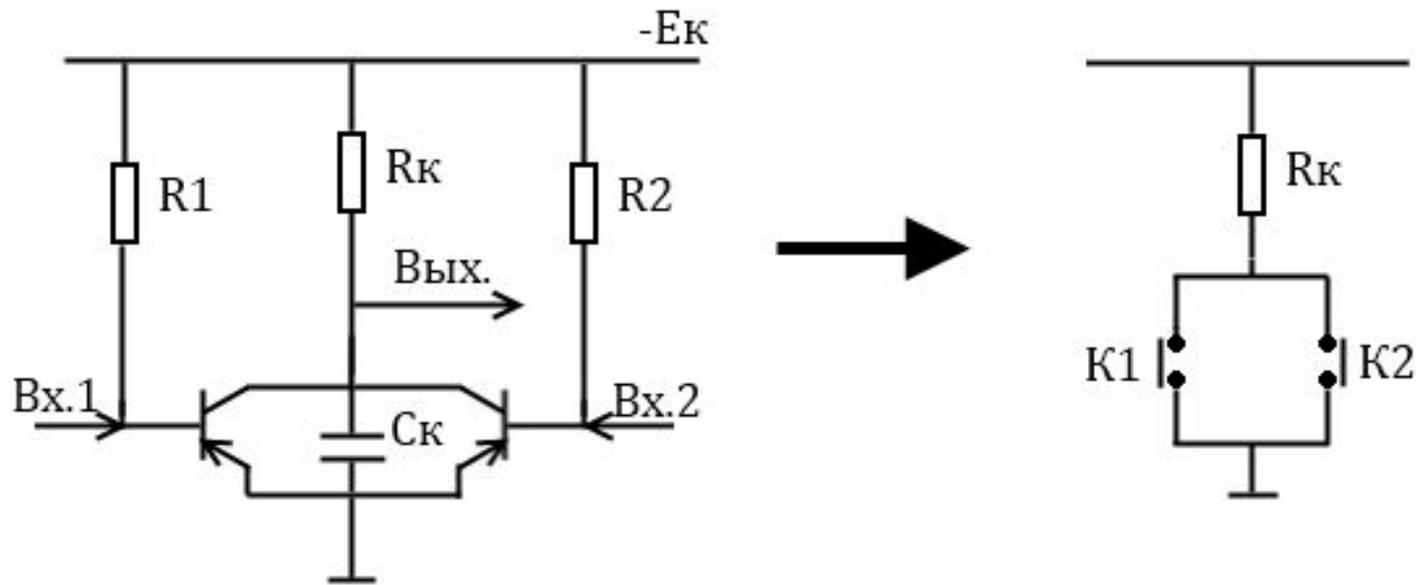


При $T1 \neq T2$
кривая
зад. совп.
несимметрична



Классификация СС

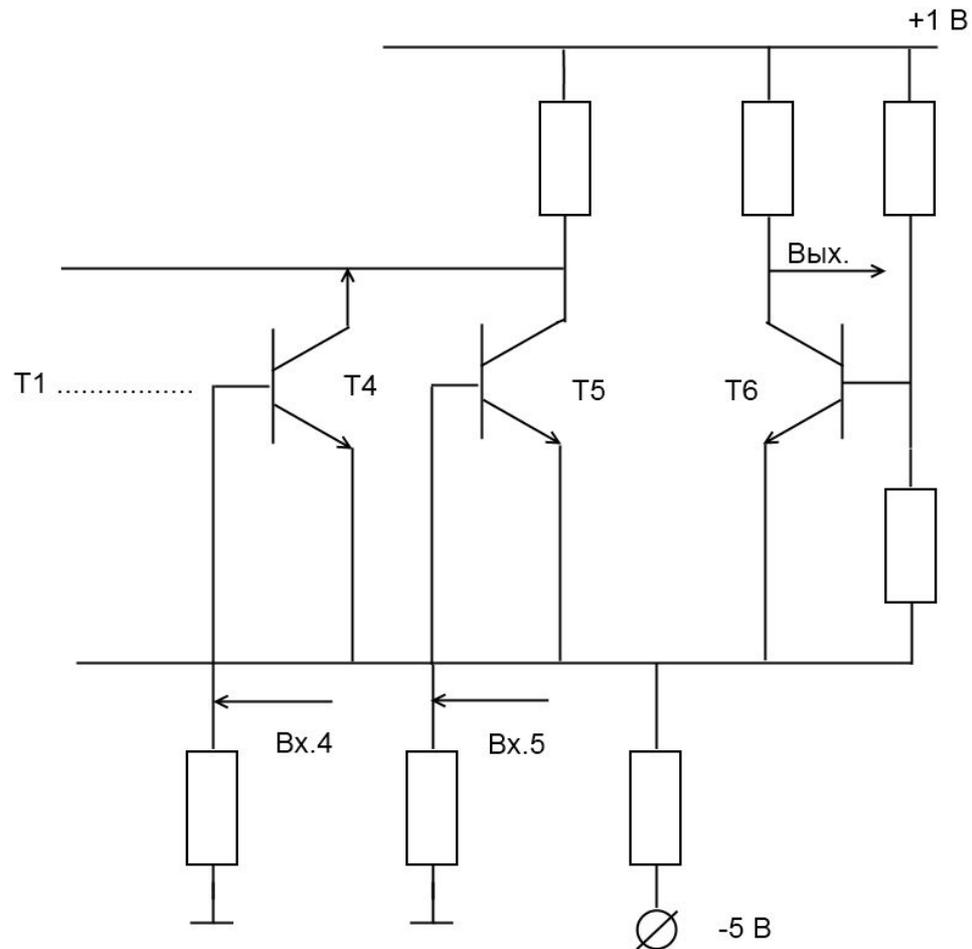
- Схема нелинейного сложения (Росси)
Выходной сигнал нарастает с $\tau \sim R_k C_k$



Классификация СС

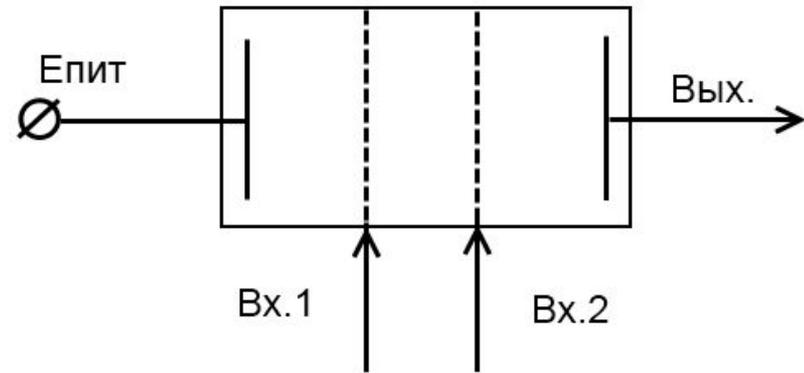
- Интегральная схема

T1..T5 и T6 –
дифф. каскад.



Классификация СС

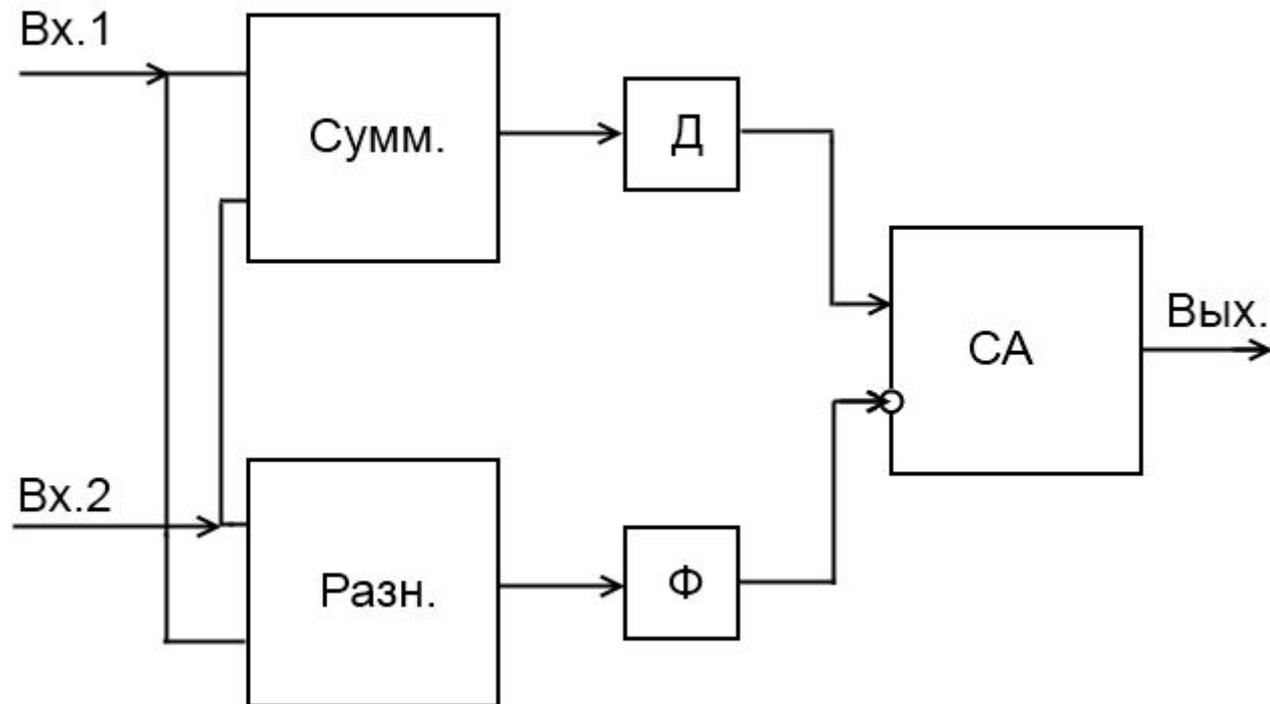
- Схема умножения



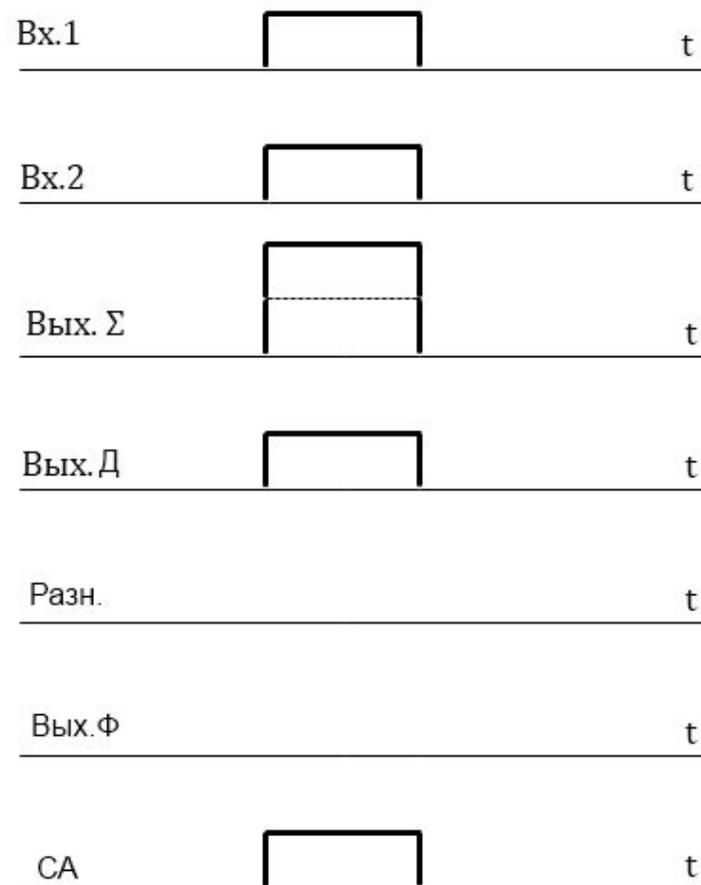
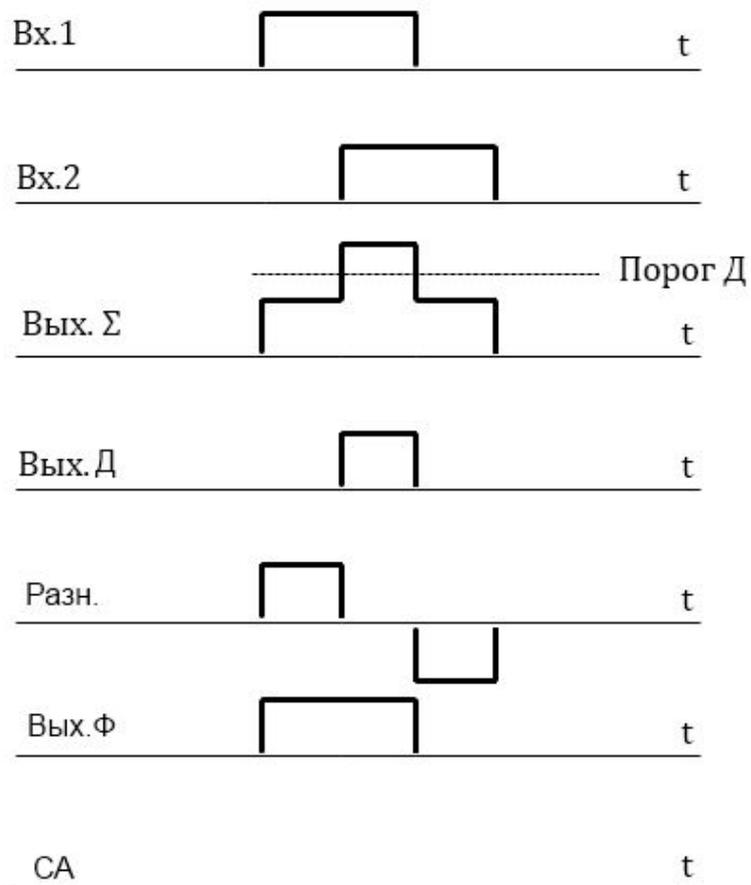
- Три перечисленные схемы работают по принципу переноса входных сигналов, поэтому разрешающее время равно длительности входных импульсов.

Классификация СС

- Дифференциальная СС



Дифференциальная СС



Кривая антисовпадений

- Кривая антисовпадений повторяет по форме кривую (задержанных) совпадений
- В отличие от СС, при использовании СА не идет речи об оптимизации разрешающего времени: оно должно быть достаточно велико для повышения эффективности СА