



# 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

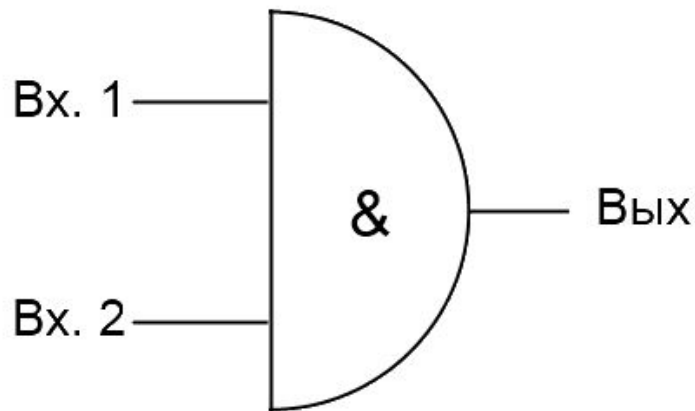
2012/2013

# 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

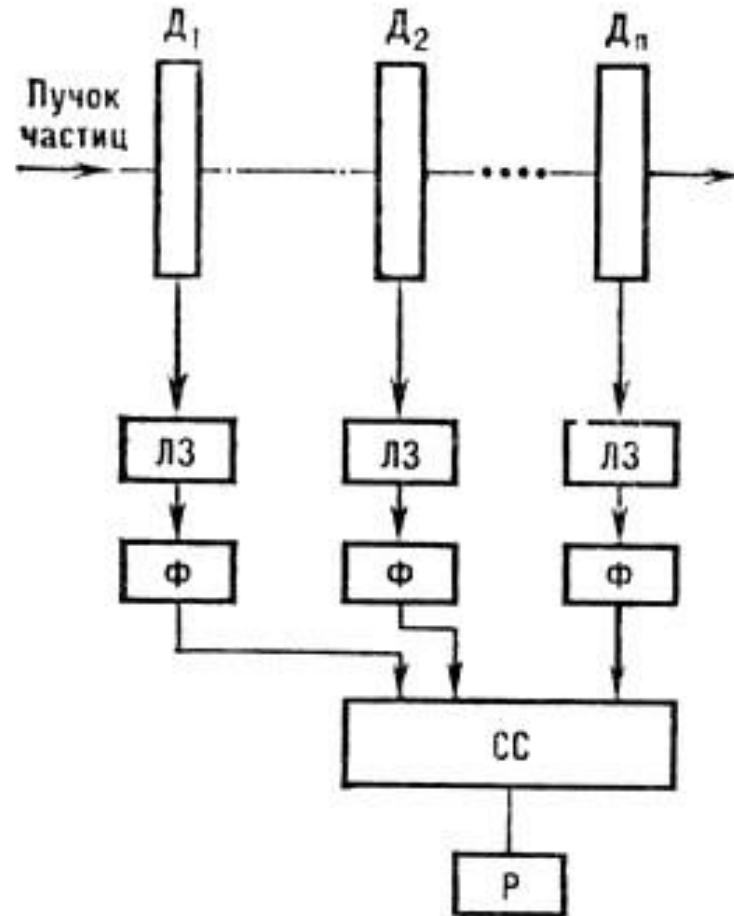
# Кратность СС

- 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

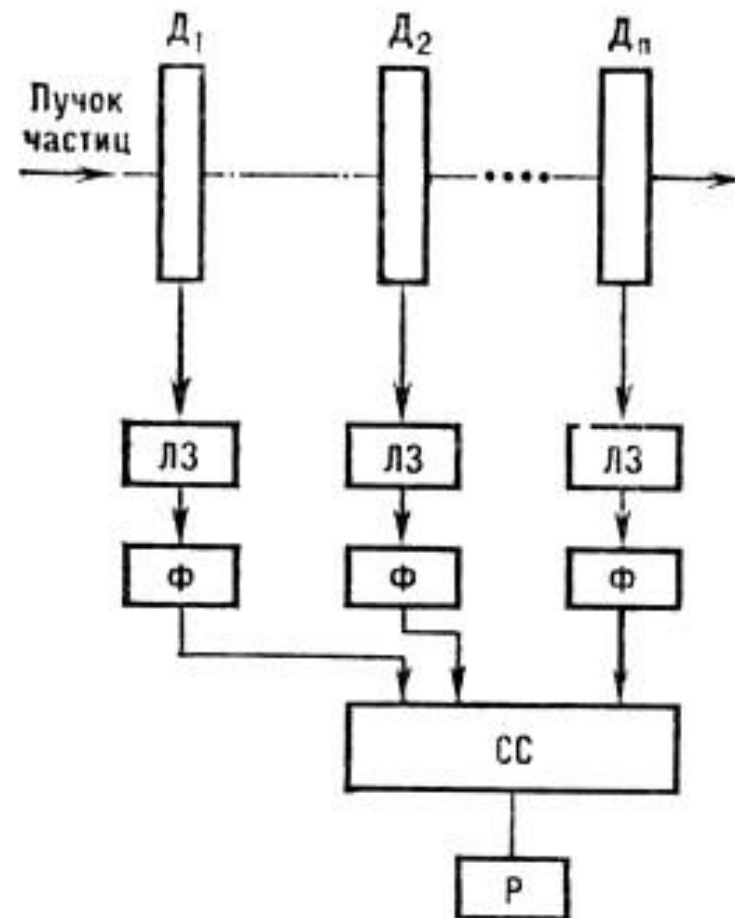
- Линия задержки (ЛЗ) – устройство для задержки электрических сигналов на определенное время.

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



# Линии задержки в СС

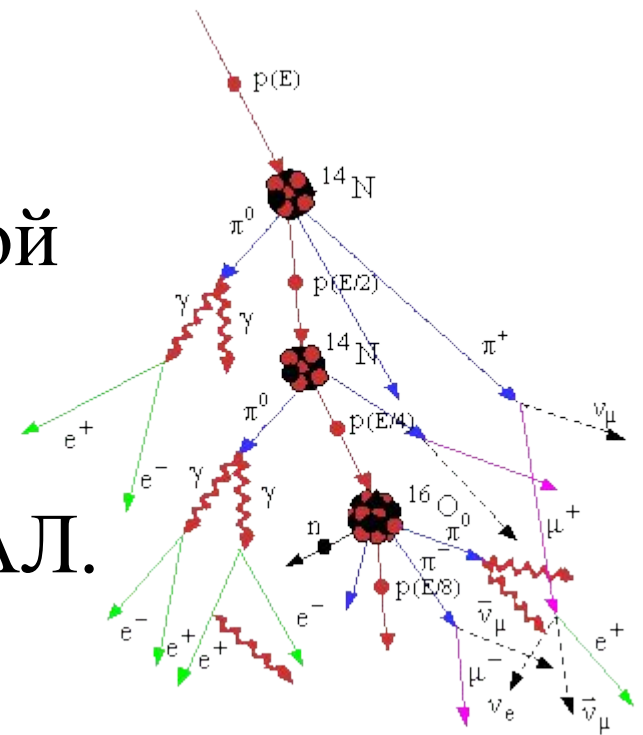
- Различные длины проводов от детекторов до СС
- Различные типы детекторов «в одной связке»





# 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

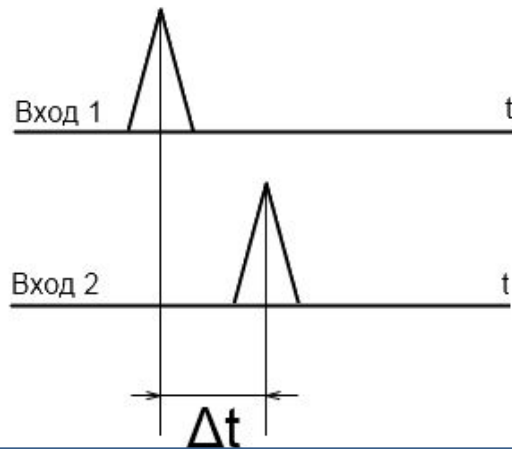
- Если схема совпадений позволяет выделить сигналы от коррелированных в пространстве и/или времени частиц, то схема антисовпадений (СА) позволяет отбросить случайные (некоррелированные) события.

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  $\Delta t < \tau$

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

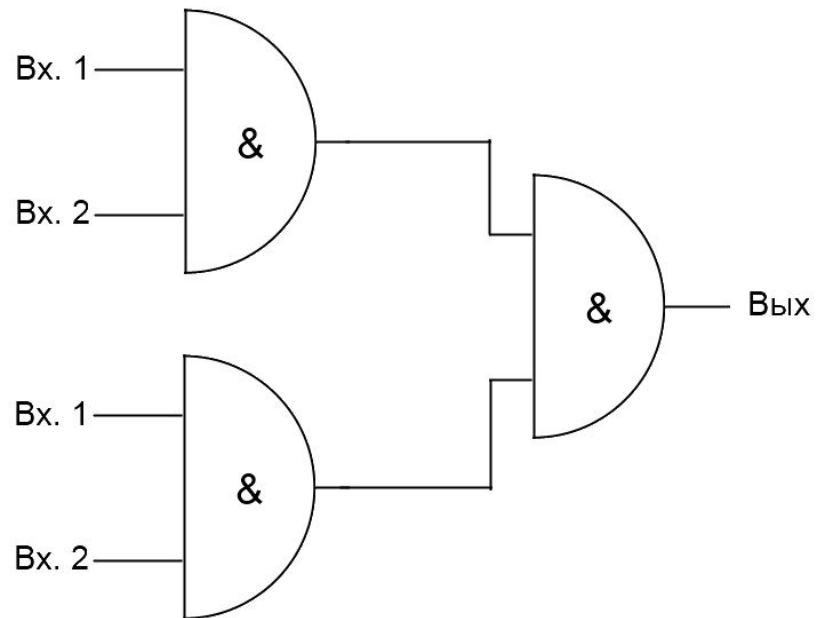
$$\tau_{\text{реал}} \sim 10^{-8} \text{ с}$$

# 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  $M$   $\rho$  падает, что ограничивает  $M$ .

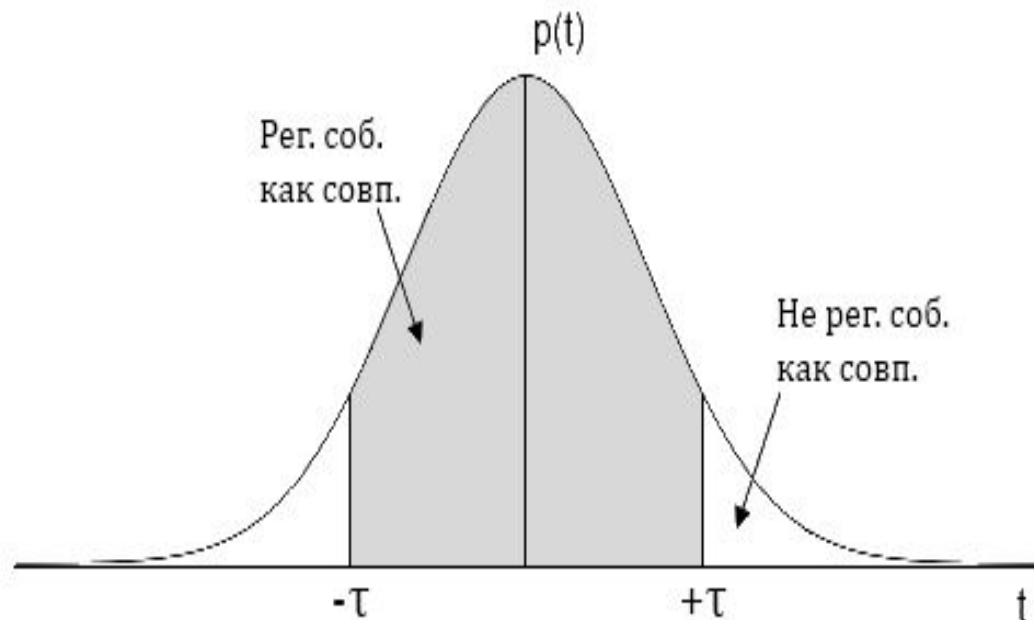


# Разрешающее время СС

- 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  $\tau$  или обгонять его на  $\tau$



# Эффективность регистрации

- Эффективность регистрации  $\eta$  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  $\eta$  зависит от  $\tau$ , зависящего от  $\sigma$



# Случайные совпадения

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

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

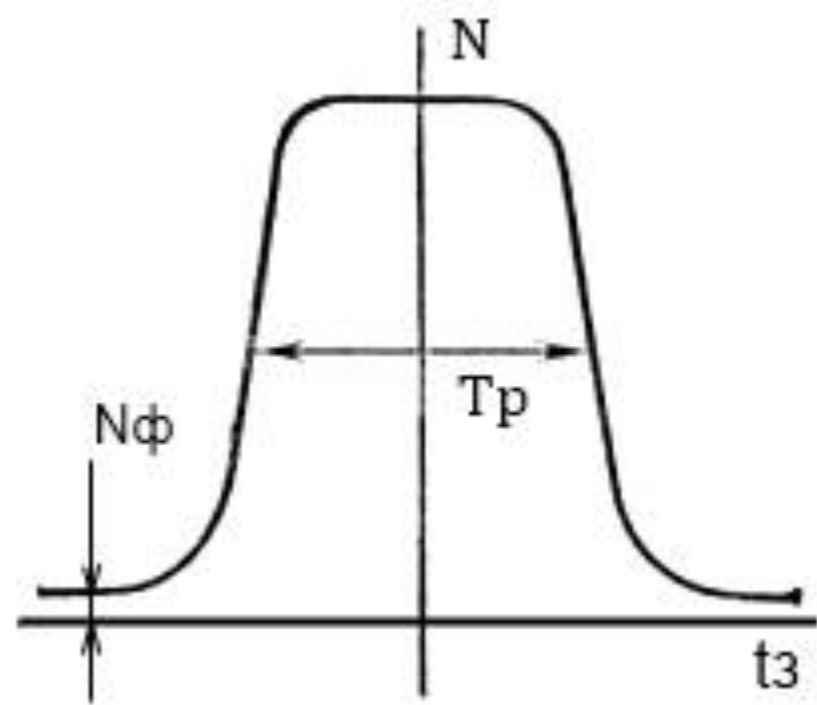
$$n_{\text{случ}} (M \text{ входов}, \Gamma \text{ц}) = M\tau^{M-1} n_1 \dots n_M$$

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

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

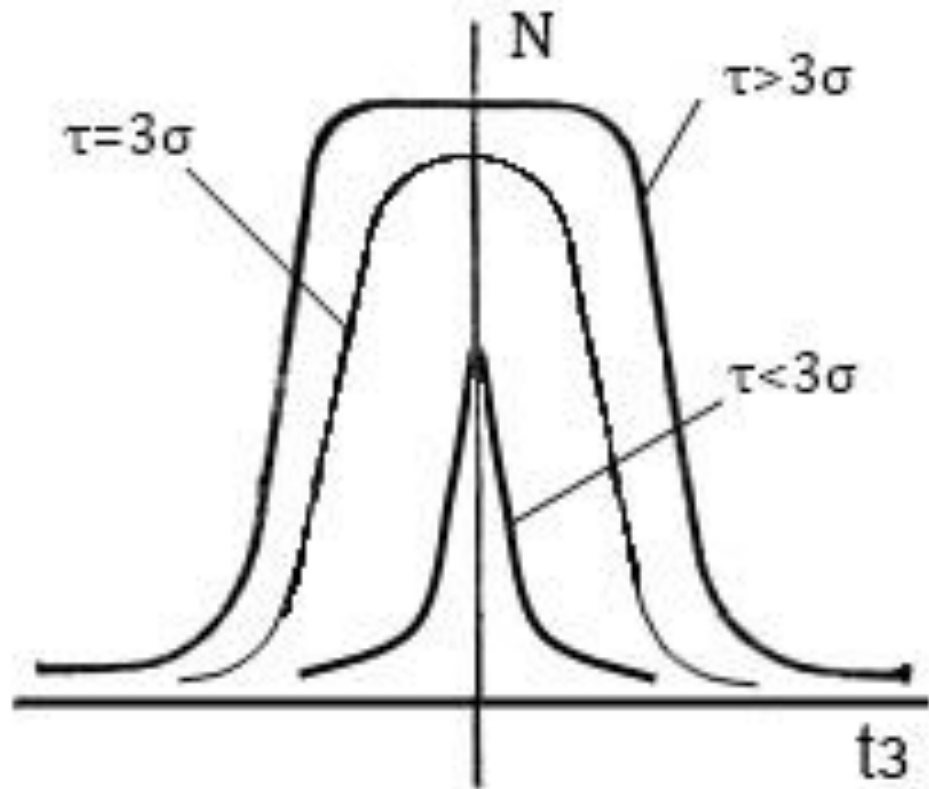
# Кривая задержанных совпадений

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



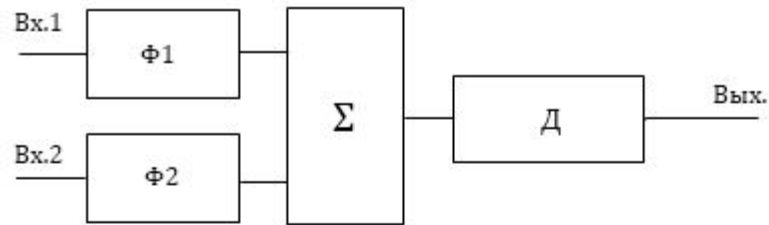
# Оптимизация параметров

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

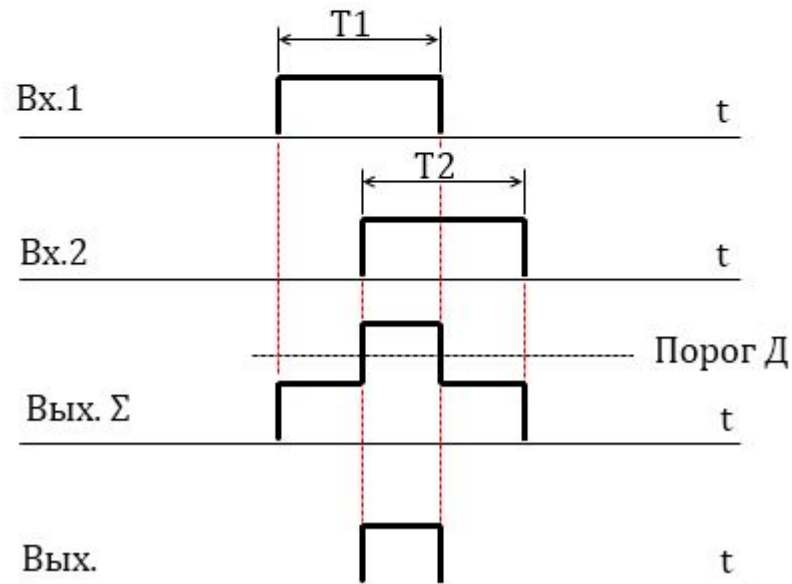


# Классификация СС

- Схема линейного сложения.

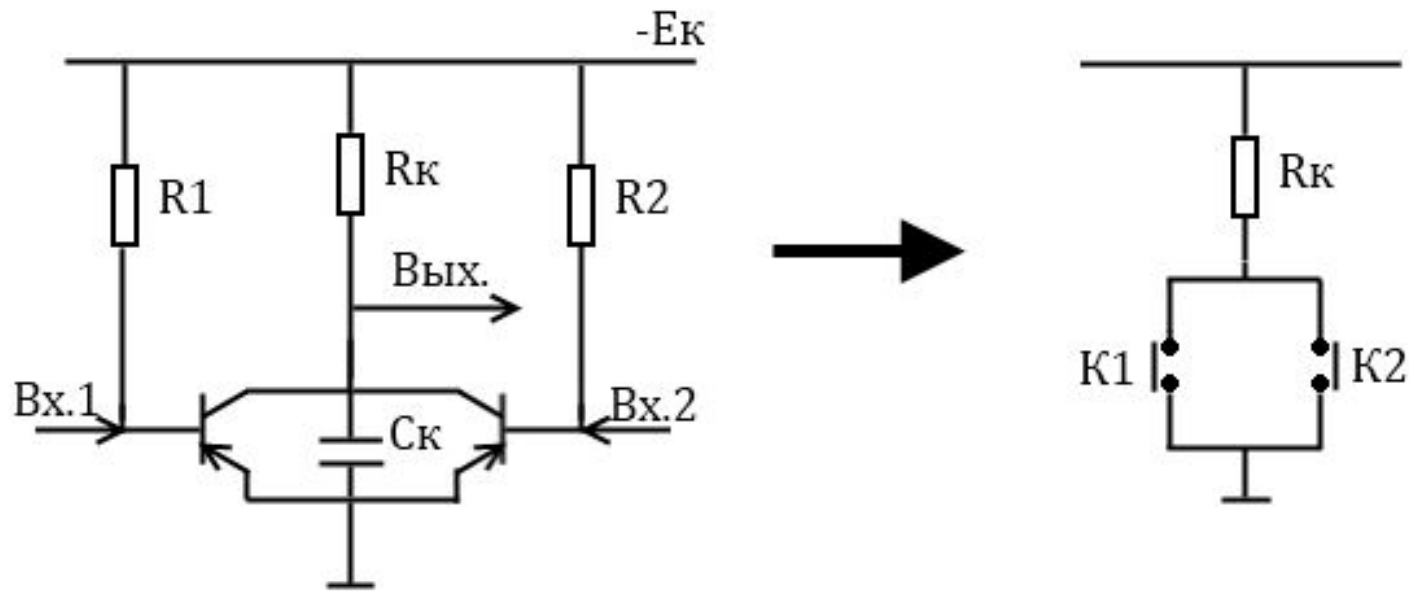


При  $T1 \neq T2$   
кривая  
зад. совп.  
несимметрична



# Классификация СС

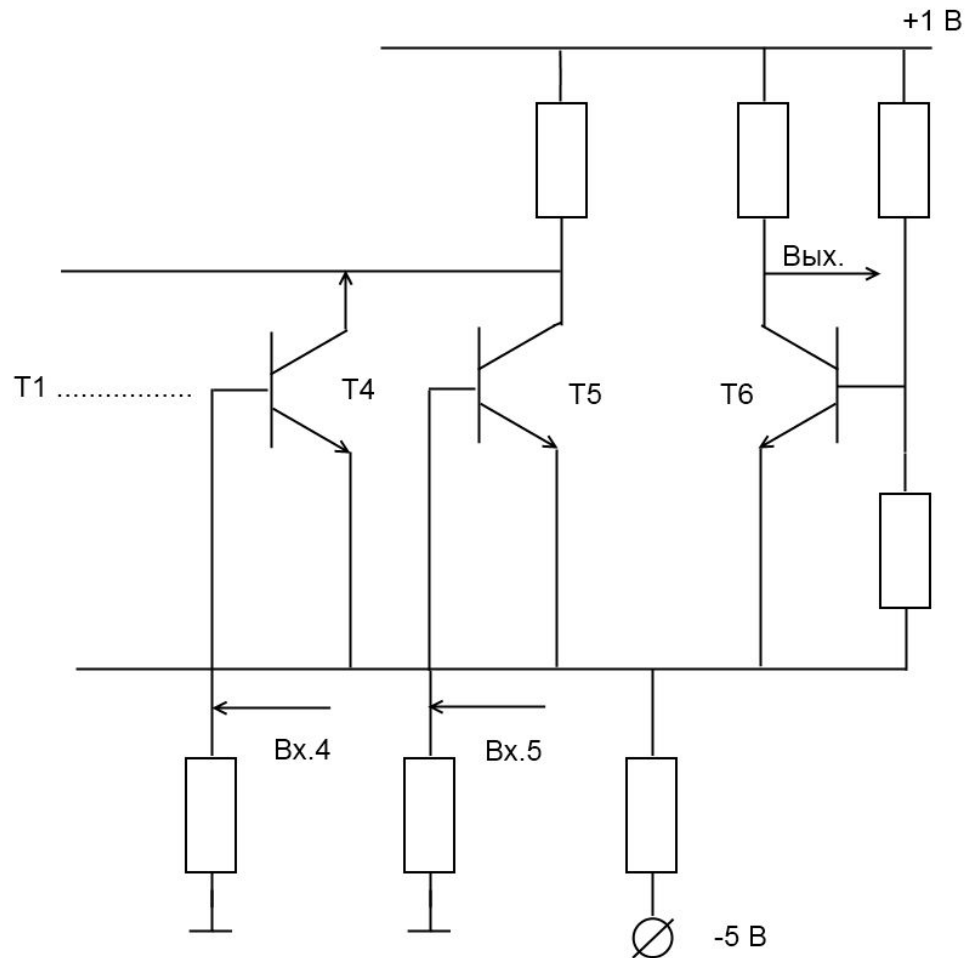
- Схема нелинейного сложения (Росси)  
Выходной сигнал нарастает с  $\tau \sim R_k C_k$



# Классификация СС

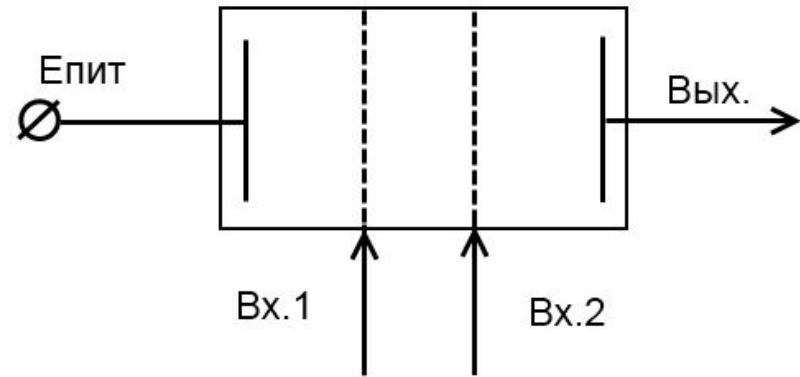
- Интегральная схема

T1..T5 и T6 –  
дифф. каскад.



# Классификация СС

- Схема умножения

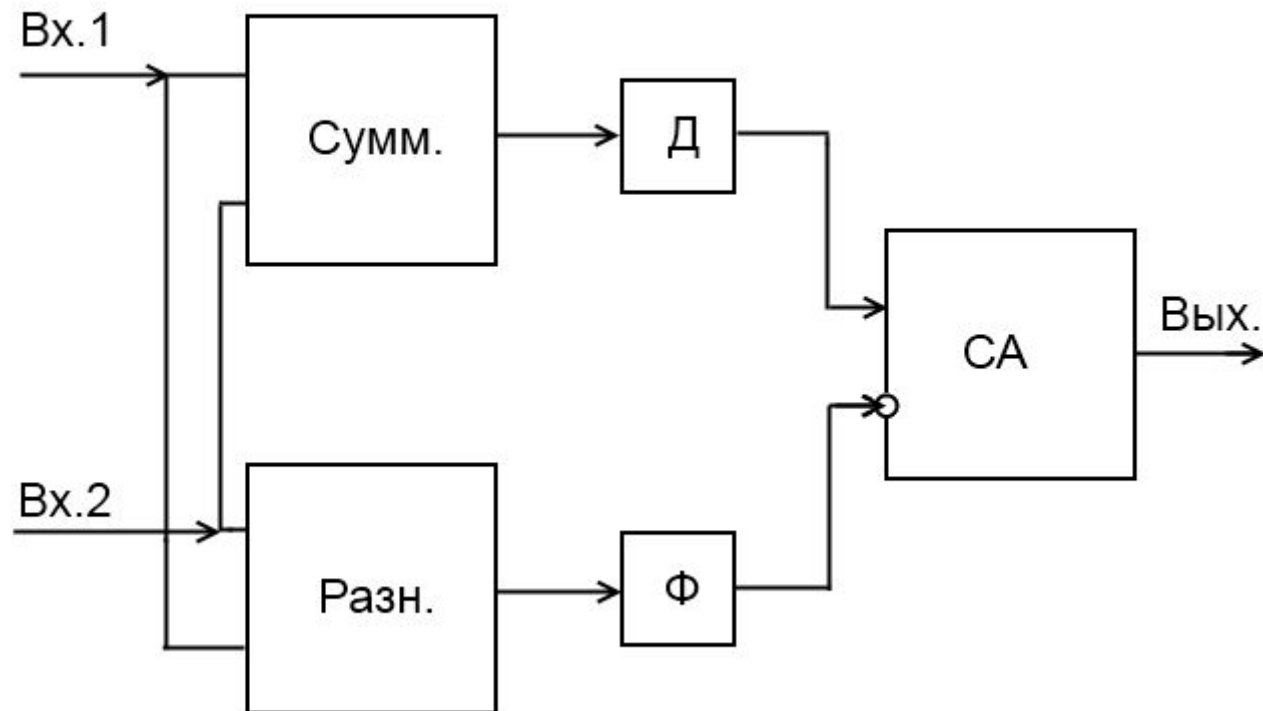


- Три перечисленные схемы работают по принципу переноса входных сигналов, поэтому разрешающее время равно длительности входных импульсов.

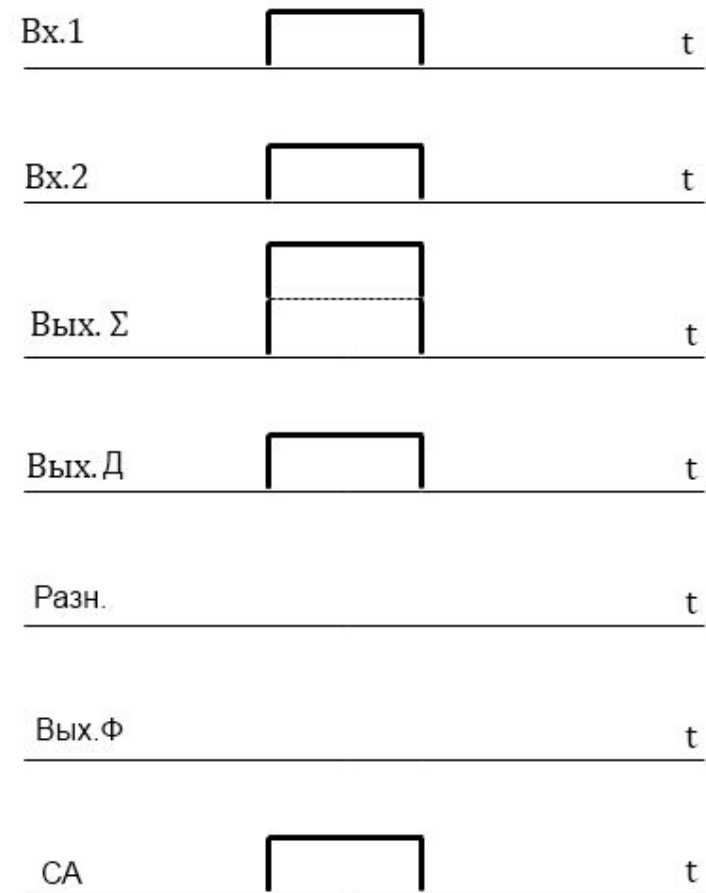
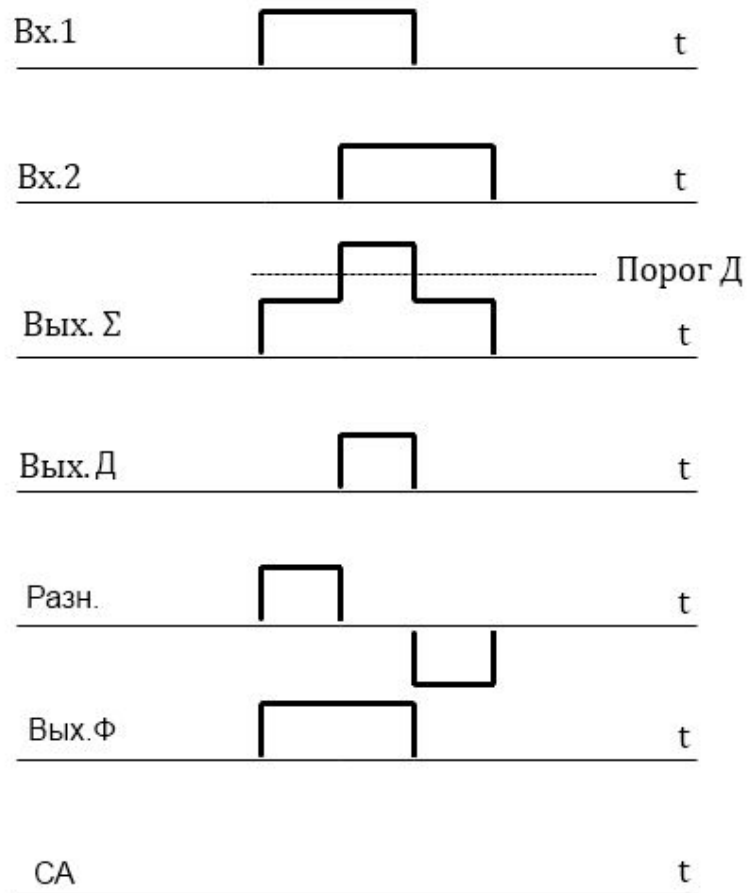


# Классификация СС

- 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