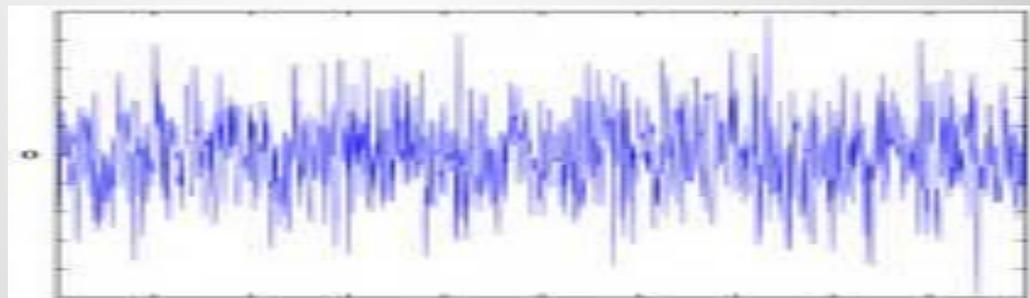


**Помехозащищенность**

- **Помехоустойчивость** технического устройства (системы), способность устройства (системы) выполнять свои функции при наличии помех

**Помехоустойчивость**

- Термин “шум” применяется ко всему, что маскирует полезный сигнал. Шум характеризуется своим частотным спектром, распределением амплитуды и источником(происхождением).



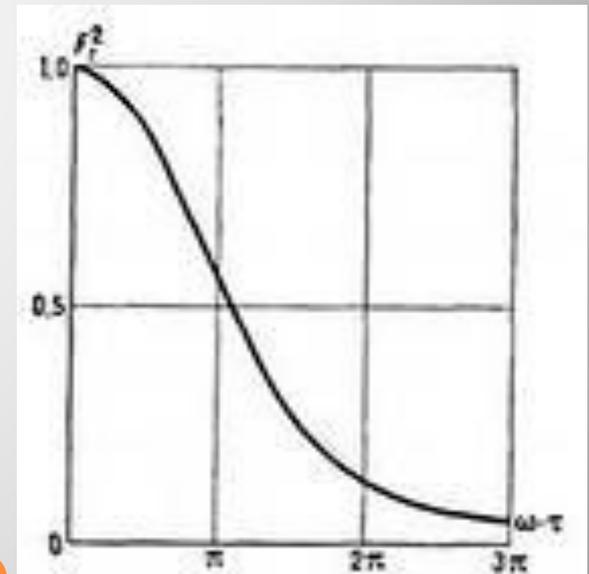
**Шум**

- **Джонсоновский шум**. Любой резистор на плате генерирует на своих выводах некоторое напряжение шума, известное как "шум Джонсона" (тепловой шум). У него горизонтальный частотный спектр, т.е. одинаковая мощность шума на всех частотах (до некоторого предела). Шум с горизонтальным спектром называют "белым шумом". Реальное напряжение шума в незамкнутой цепи, порожденное сопротивлением  $R$ , находящимся при температуре  $T$ , выражается формулой
- **Шум Джонсона** устанавливает нижнюю границу напряжения шумов любого детектора, источника сигнала или усилителя, имеющих резистивные элементы. Активная составляющая полного сопротивления источника порождает шум Джонсона; так же действуют резисторы цепей смещения и нагрузки усилителя.

## Виды шумов: Джонсоновский шум

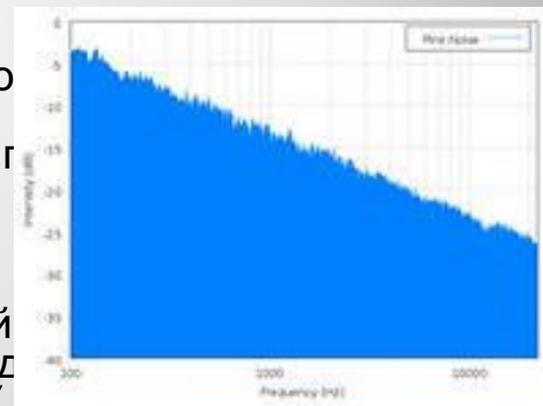
$$U = U_R = (4kTRB)^{1/2},$$

- **Дробовой шум.** Электрический ток представляет собой движение дискретных зарядов, а не плавно непрерывное течение. Конечность (квантованность) заряда приводит к статическим флуктуациям тока. Если заряды действуют независимо друг от друга, то флуктуирующий ток определяется формулой:
- $I_{ш.эфф.} = I_{ш.Р} = \sqrt{2qI_{пост}B}$ , где  $q$ -заряд электрона (Кл),  $I_{пост}$ -постоянная составляющая ("установившееся" значение тока), а  $B$ -ширина полосы частот измерения. Приведенная формула выведена в предположении, что создающие ток носители заряда действуют независимо друг от друга.



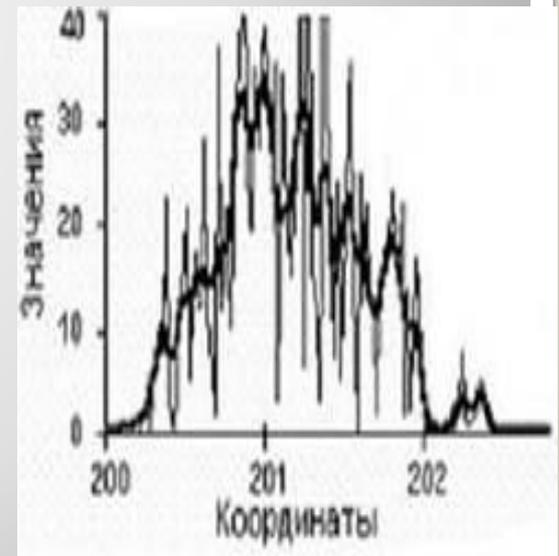
**Виды шумов: Дробо**

- **Шум  $1/f$**  (фликкер-шум). Дробовой и тепловой шумы-неуменьшаемые виды шума, возникающие в соответствии с законами физики. Самый дорогой и тщательно изготовленный резистор имеет тот же тепловой шум, что и дешевый углеродный резистор с тем же сопротивлением. Реальные устройства, кроме того, имеют различные источники "избыточных шумов". Реальные резисторы подвержены флуктуациям сопротивления, которые порождают дополнительное напряжение шума, пропорциональное протекающему через резистор постоянному току. Этот шум зависит от многих факторов, связанных с конструкцией конкретного резистора, включая резистивный материал и особенно концевые соединения.
- Этот шум имеет спектр, примерно описываемый зависимостью  $1/f$  (постоянная мощность на декад частоты) и иногда называется "розовым шумом".



**Виды шумов: Шум  $1/f$**

- Как уже говорилось, одной из форм шумов являются мешающие сигналы или паразитные наводки. Шум в виде сигналов, приходящих по связям с источником питания и путям заземления, на практике может иметь более важное значение, чем рассматриваемый ранее внутренний шум. Например, наводка от сети 50Гц имеет спектр в виде пика(или ряда пиков)и относительно постоянную амплитуду, а шум зажигания автомобиля, шум грозовых разрядов и другие шумы импульсных источников имеют широкий спектр и всплески амплитуды. Другим источником помех являются радио- и телепередающие станции, окружающее электрооборудование и т.п. Иногда от многих из этих источников шума можно отделаться путем тщательного экранирования и фильтрации.



- Помехой для вычислительного устройства является внешнее или внутреннее воздействие, приводящее к искажению дискретной информации во время ее хранения, преобразования, обработки или передачи.
- Так как информационные сигналы в ЭВМ имеют электрическую природу, то при конструировании необходимо учитывать помехи той же природы, как наиболее вероятные источники искажения информации.
- Существует большое число различного рода помех, в большей или меньшей степени оказывающих влияние на работу логических, запоминающих и других устройств ЭВМ.

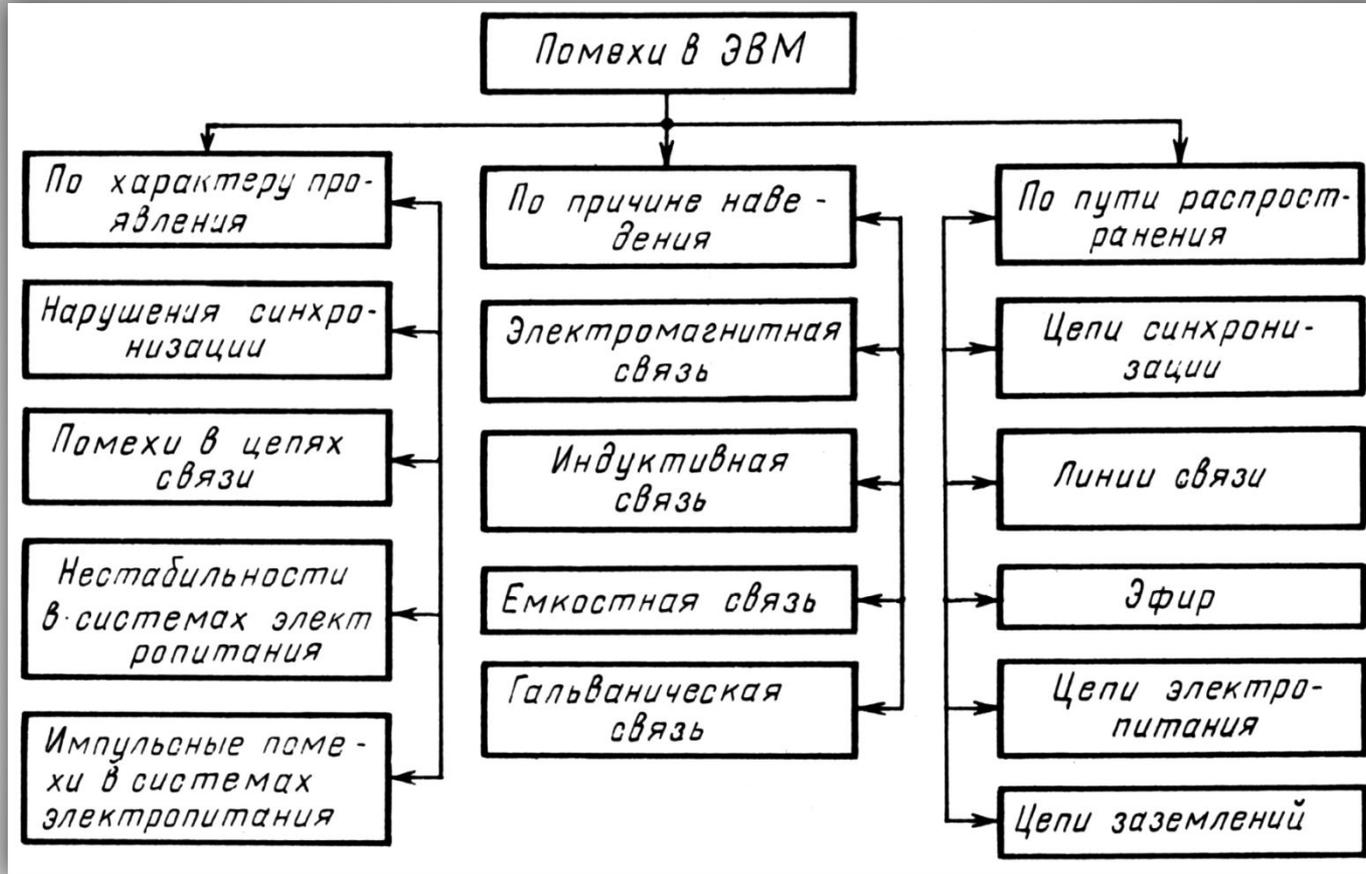
## Причины возникновения помех

- **Исключение помех.** Для решения этих часто встречающихся вопросов борьбы с помехами придумано много эффективных приемов, но все они направлены на уменьшение сигнала (или сигналов) помехи, редко когда помеха уничтожается совсем. Поэтому имеет смысл повысить уровень сигнала просто для увеличения отношения сигнал/шум. Большое значение также имеют и внешние условия: прибор, безукоризненно работающий на стенде, может работать с огромными помехами в месте, для него не предназначенном.

**Исключение помех.**

- соседство радио- и телестанций(РЧ-помехи),
- - соседство линий метро(импульсные помехи и “мусор” в линии питания),
- -близость высоковольтных линий(радиопомехи,шипение),
- -близость лифтов и электродвигателей(всплески в линии питания),
- -здания с регуляторами освещения и отопления(всплески в линии питания),
- -близость оборудования с большими трансформаторами магнитные наводки),

**Перечислим некоторые внешние условия, которых следует избегать:**

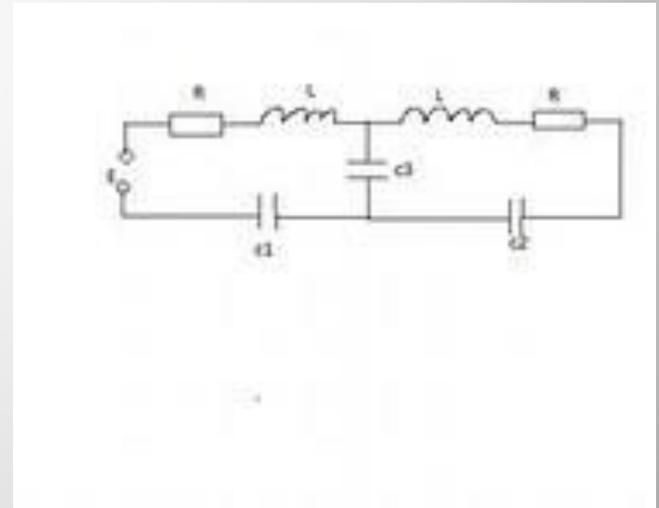


## Классификация помех

- Сигналы, связанные через входы, выходы и линии питания. В борьбе с шумами, идущими по линии питания, лучше всего комбинировать линейные РЧ-фильтры и подавители переходных процессов в линии переменного тока. Этим способом можно добиться ослабления помех на 60 дБ при частотах до нескольких сот килогерц, а также эффективного подавления повреждающих всплесков.
- С входами и выходами дело сложнее из-за уровней полного сопротивления и из-за того, что надо обеспечить прохождение полезных сигналов, которые могут иметь тот же частотный диапазон, что и помехи. В устройствах типа усилителей звуковых частот можно использовать фильтры нижних частот на входе и на выходе (многие помехи от близлежащих радиостанций попадают в схему через провода громкоговорителя, выполняющего роль антенн). В других ситуациях необходимы, как правило, экранированные провода. Провода с сигналами низкого уровня, в частности при высоком уровне полного сопротивления, всегда нужно экранировать. То же относится к внешнему корпусу прибора.

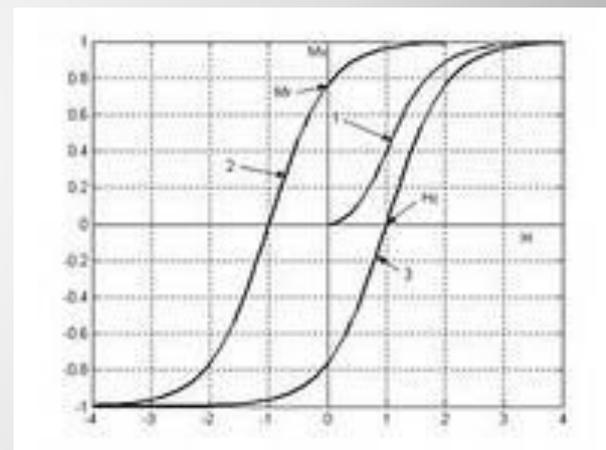
**Рассмотрим наиболее общие приемы при борьбе с помехами.**

- **Емкостная связь.** Внутри прибора сигналы могут прекрасно проходить всюду путем электростатической связи: в какой-нибудь точке в приборе происходит скачок сигнала 10В и на расположенном рядом входе с большим полным сопротивлением произойдет тот же скачок. Что тут можно сделать? Лучше всего уменьшить емкость между этими точками(разнеся их),добавить экран (цельнометаллический футляр или даже металлическая экранирующая оплетка исключает этот вид связи),придвинуть провода вплотную к плате заземления (которая "глочет" электростатические пограничные поля, очень сильно ослабляя связь)и, если возможно, снизить полное сопротивление насколько удастся.



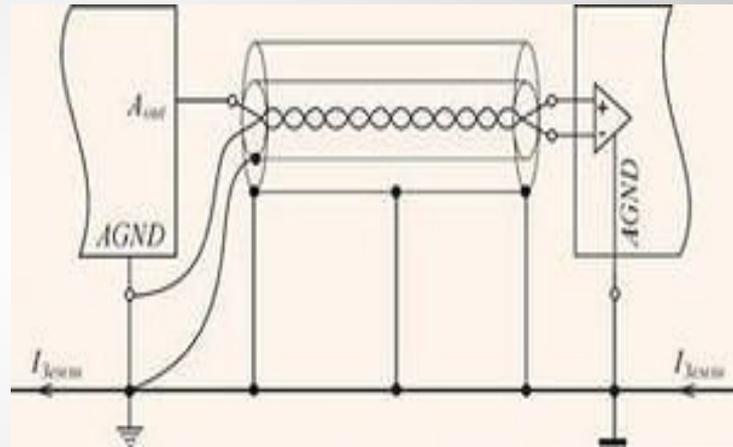
**Емкостная связь.**

- **Магнитная связь.** К сожалению, низкочастотные магнитные поля не ослабляются существенно металлической экранировкой. Лучший способ борьбы с этим явлением-следить, чтобы каждый замкнутый контур внутри схемы имел минимальную площадь, и стараться, чтобы схема не имела проводов в виде петли. Эффективны в борьбе с магнитной наводкой витые пары, т.к. площадь каждого витка мала, а сигналы, наведенные в следующих друг за другом витках, компенсируются.
- При работе с сигналами очень низкого уровня, или устройствами, очень чувствительными к магнитным наводкам(головки магнитофонов, катушки индуктивности, проволочные сопротивления), может оказаться желательным магнитное экранирование. Если внешнее магнитное поле велико, то лучше применять экран из материала с высокой магнитной проницаемостью(например, из обычного железа) для того, чтобы предотвратить магнитное насыщение внутреннего экрана. Наиболее простым решением является удаление мешающего источника магнитного поля.



## Магнитная связь.

- **сигнальное заземление.** Провода заземления и заземленные экраны могут доставить много неприятностей. Сущность проблемы такова: ток, протекая по линии заземления, может возбудить сигнал, который воспринимает другая часть схемы, сидящая на том же проводе заземления. Часто используют решение в лоб: все линии заземления сходятся в одной точке, но это не всегда самое верное решение.



## Помехи: экранирование и заземление

- Это также способ уменьшения эффектов входной емкости и утечек при малых сигналах и большом полном сопротивлении. Если мы работаем с сигналами от микроэлектродов или емкостных датчиков с внутренним полным сопротивлением в сотни мегаом, то даже входная емкость в несколько пикофарад может в этом случае совместно с этим сопротивлением образовать фильтр нижних частот со спадом, начинающимся с нескольких герц. К тому же конечное значение сопротивления изоляции в соединительном кабеле легко может на порядки ухудшить рабочие параметры усилителя со сверхнизким током входного сигнала (ток смещения меньше пикоампера) за счет утечек. Обе эти проблемы решаются путем использования защитного электрода.
- Внутренний экран соединен с повторителем; это эффективно исключает токи и резистивных, и емкостных утечек за счет нулевой разности потенциалов между сигнальным проводом и его окружением. Внешний заземленный экран предохраняет от помех защитный электрод; не доставляет хлопот работа повторителя на емкость и утечку между экранами, т.к. у повторителя малое полное выходное сопротивление.

## Защита сигнала.

- Эти меры принимаются для улучшения отношения сигнал/шум. Мы сужаем ширину полосы пропускания и сохраняем тем самым нужный сигнал, сократив одновременно общее количество принимаемых шумовых сигналов.
- -усреднение сигнала,
- -переходное усреднение,
- -метод интегрирования,
- -многоканальное уплотнение,
- -амплитудный анализ импульсов,
- -детектирование с захватом,
- -фазовое детектирование.
- Все эти методы предполагают, что сигнал является периодическим.

## Методы сужения полосы пропускания.