Управляющие сигналы и дискретизация

Мир сигналов многообразен, а в технических приложениях сигнал представляет собой функцию определённого аргумента (информационную функцию), несущую сообщение (информацию) о физических свойствах, состоянии или поведении какой-либо физической системы, исследуемом объекте или среды.

При приёме и обработке сигналов основной задачей исследователей является извлечение определенных сведений об исследуемом процессе, объекте или переданной информации, которые представлены конкретными сигналами и преобразование этих сведений в форму, удобную для восприятия и дальнейшего использования.

Сигнал характеризует взаимосвязи между определёнными величинами.

Большое развитие функциональные зависимости получили в технике связи, радиолокации и радионавигации, где, например, для теоретических расчётов и анализе различных преобразований временных функций реальные сигналы часто идеализируют и широко используют математические модели, применяя обозначения вида s(t), f(t) или u(t).

Конкретные функциональные зависимости, полученные в виде математических моделей позволяют исследовать свойства сигналов, определять его способность передавать необходимую информацию, обеспечивать возможность построения и функционирования различных быстродействующих, высокоточных и помехоустойчивых систем связи, радиолокации, радионавигации и многих других устройств.

Математическая модель может быть задана в виде аналитических выражений, графиков или таблиц. Одна и та же математическая модель позволит исследователю характеризовать как ток и напряжение, так и свойства линейных цепей или получить вероятностное описание случайного процесса. Примером обобщённой математической модели может служить широко распространенная функция Гаусса, представляемая в общем виде формулой:

$$y(x) = A\exp(-((x - x_0)/\Delta x)^2),$$

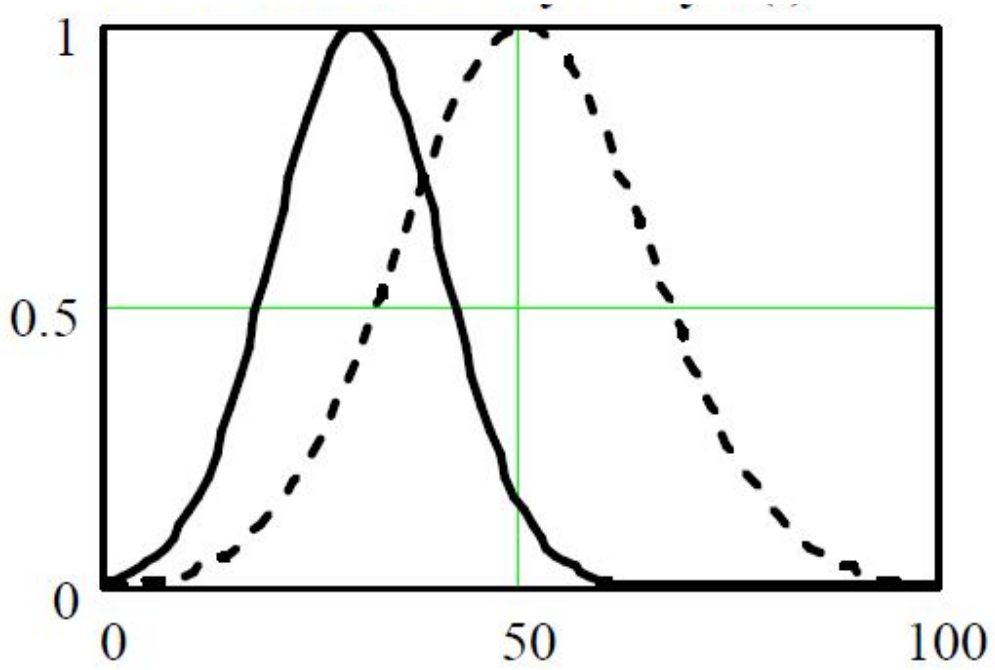
где параметр A характеризует амплитуду исследуемой функции, x – аргумент, определяющий функциональную зависимость, x0 и Δx определяют координату максимального значения и протяжённость функции. Такая обобщённая функция, например, позволит исследователю описать свойства сигнала во временной или частотной области и отметить характерные особенности в зависимости от изменения параметров.

Для этого следует записать формулу соответствующей математической модели сигнала, характеризующего изменение, например, напряжения, как функцию времени, в виде:

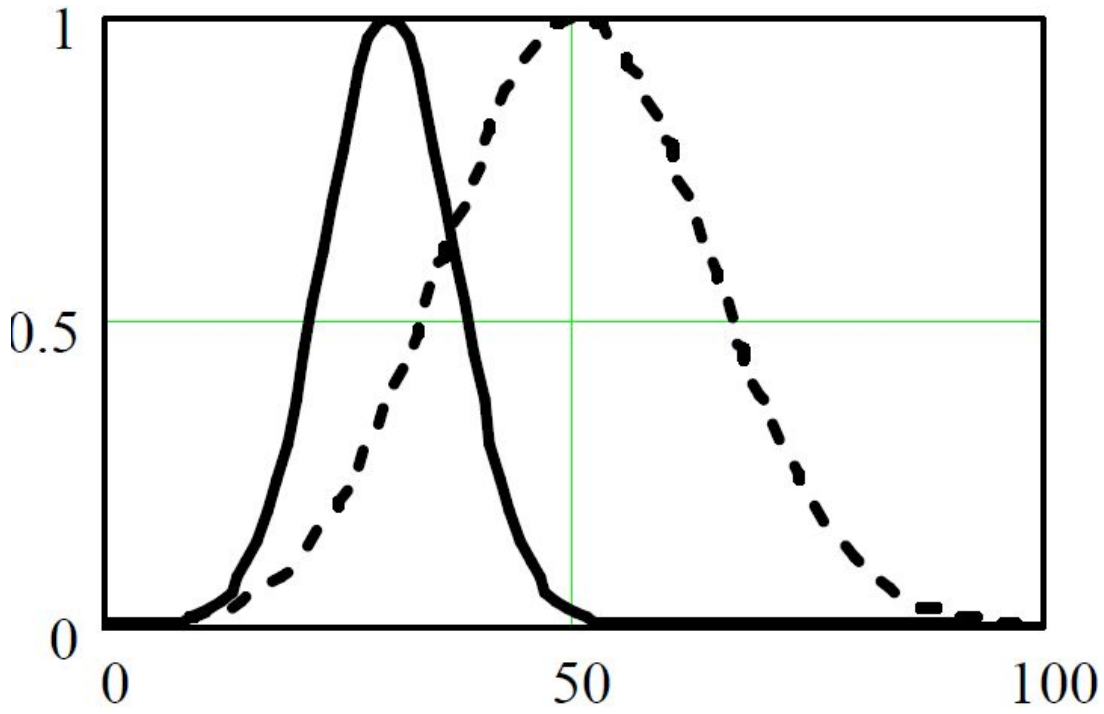
$$s(t) = u(t) = U_m \exp(-((t - t_0)/\tau_и)^2),$$

где Um – амплитуда исследуемого напряжения, t0 – координата максимального значения, а τи – длительность импульса.

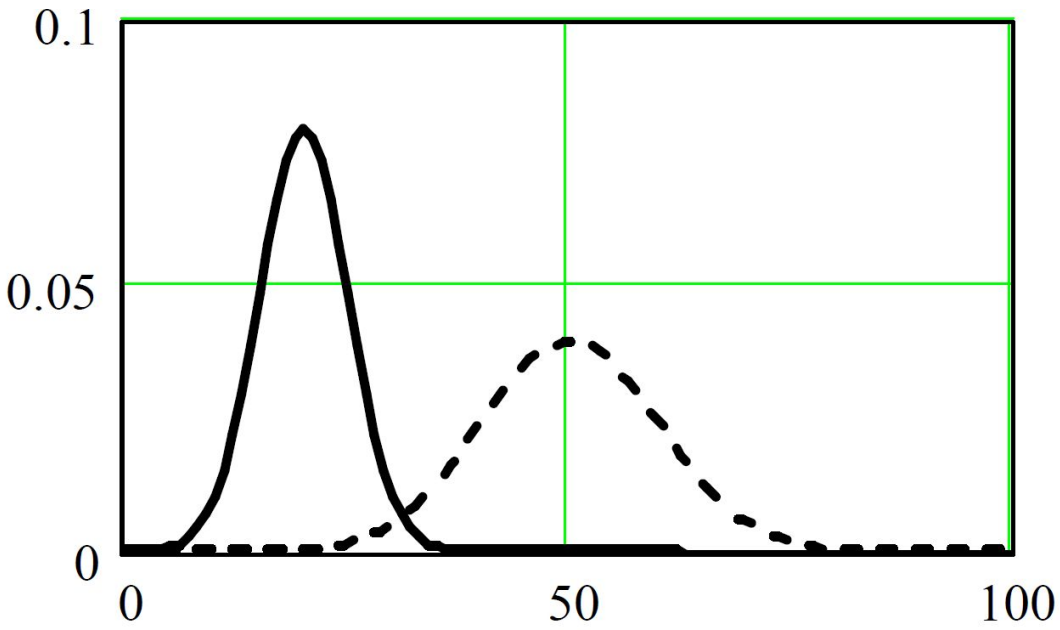
График рассмотренной модели функции напряжения для разных значений параметров t0 и τи приведён на рис. 1а.



Такой же математической зависимостью можно охарактеризовать некоторые линейные цепи, представив модуль комплексной передаточной функции цепи (амплитудно-частотной характеристики – АЧХ) в виде: $\left|\mathrm{K}(j\omega)\right| = \mathrm{K}_0 \exp(-((\omega-\omega_0)/\Delta\omega)^2)$, где K_0 – значение АЧХ при $\omega-\omega_0=0$, а $\Delta\omega$ – полоса пропускания исследуемой цепи (протяжённость функции). График рассмотренной модели функции АЧХ для разных значений параметров ω_0 и $\Delta\omega$ приведён на рис. 1*б*.



И, наконец, эта же формула может быть использована для описания других функциональных зависимостей, например, законов распределения случайных процессов. Так, одну из основных вероятностных характеристик случайного процесса – плотность распределения, часто встречающуюся при решении различных радиотехнических задач можно представить формулой: $\omega(x) = (1/\sigma\sqrt{2\pi})\exp[-((x-x_0)^2/2\sigma^2)]$, где x_0 – координата экстремального значения функции, а σ^2 – характеризует интенсивность флуктуаций. Характерные графики рассмотренной модели плотности распределения $\omega(x)$ для разных значений параметров x_0 и σ^2 приведёны на рис. 1*c*.



Информация, сообщение и сигнал.

Сигналы при разнообразных их описаниях представляют физический процесс, содержащий в себе информацию, которую необходимо передать.

Один из основателей теории информации К. Шеннон отмечал, что "Информация – послание, которое уменьшает неопределенность", т. е. неопределенность знаний об исследуемом объекте. Следовательно, в широком смысле информацию можно определить как совокупность знаний об окружающем мире.

В отличие от других характеристик окружающего нас мира (например, энергетических), информационные характеристики не уменьшаются при потреблении, а накапливаются со временем и с помощью технических средств относительно просто их можно обрабатывать, хранить и имеется возможность обмениваться информацией на значительных расстояниях.

Особенность информации состоит в том, что часто она появляется в одном месте, а может использоваться в другом.

Для передачи или хранения информации используют различные знаки (символы), позволяющие выразить или представить ее в определенной форме. Этими знаками могут быть слова и фразы человеческой речи, рисунки, различные формы колебаний, математические формулы и т. д.

Очень часто наряду с информацией используются данные. Данные могут рассматриваться как зарегистрированные результаты эксперимента, которые по различным причинам могут не использоваться, а только хранится.

Когда же появляется возможность использования этих данных для уточнения определенных событий о чем-либо, они превращаются в информацию. Поэтому информацией можно считать используемые данные.

Информация, подлежащая передаче и выраженная в определенной форме, называется сообщением.

Сообщение может быть представлено в форме текста телеграммы, некоторых сведений, передаваемых по телефону, факсу, радио, телевидению или телеграфу и т. д. Сообщения могут быть функциями времени, например речь при телефонных разговорах, температура, давление при передаче телеметрических данных, спектакль при передаче по телевидению и т. д. Сообщение может и не являться функцией времени (например, текст телеграммы, неподвижное изображение и пр.).

Сообщение (информация) может быть передано на какое-либо расстояние с помощью определенного материального носителя. В радиотехнике и теории связи в качестве носителей сообщений используют различные сигналы.

Сигнал – физический процесс (или явление), несущий информацию о состоянии какого-либо объекта наблюдения.

Сигнал позволяет переносить информацию в пространстве и времени. По своей физической природе сигналы бывают электрическими, световыми, звуковыми и др.

В радиотехнике используются электрические или магнитные сигналы. Так, электрический сигнал позволяет передавать сообщения во времени, то есть является функцией времени, даже если сообщение, представляет собой постоянные данные, например, неподвижное изображение, которое во времени не изменяется, то есть сигнал всегда является функцией времени.

Современная радиоэлектроника – это обобщенное название ряда областей науки и техники, связанных с передачей и преобразованием информации на основе использования и преобразования электромагнитных колебаний и волн радиочастотного диапазона.

Основными из этих областей являются: радиотехника, радиофизика и электроника.

Основная задача радиотехники состоит в передаче информации на расстояние с помощью электромагнитных колебаний. В более широком смысле современная радиотехника – область науки и техники, связанная с генерацией, усилением, преобразованием, обработкой, хранением, передачей и приемом электромагнитных колебаний радиочастотного диапазона, используемых для передачи информации на расстояние.

Как следует из этого, радиотехника и радиоэлектроника тесно связаны и часто эти термины заменяют друг друга. Науку, занимающуюся изучением физических основ радиотехники, называют радиофизикой.

Основные параметры сигналов

Полезный сигнал также является объектом транспортировки (передачи), а техника связи – по существу техникой транспортирования сигналов по каналам связи.

Поэтому целесообразно определить параметры сигнала, которые являются основными с точки зрения его передачи.

Такими параметрами являются – длительность сигнала Tc, его ширина спектра Fc и динамический диапазон Dc.

Спектр – распределение энергии сигнала по частотам.

Практически каждый сигнал, рассматриваемый как временной процесс, имеет начало и конец. Поэтому длительность сигнала Tc является естественным его параметром, определяющим интервал времени, в пределах которого сигнал существует.

Ширина спектра сигнала Fc дает представление о скорости изменения сигнала внутри интервала его существования.

Спектр передаваемого сигнала в принципе может быть неограниченным. Однако для любого сигнала можно указать диапазон частот, в пределах которого сосредоточена его основная (до 90%) энергия. Этим диапазоном и определяется ширина спектра полезного сигнала.

В радиотехнике и, в частности, в системах связи реальную ширину спектра передаваемого сигнала часто сознательно сужают. Это связано с тем, что аппаратура и линия связи имеют ограниченную полосу пропускаемых частот.

Сужают спектр исходя из допустимых искажений сигнала. В частности, при телефонной связи требуется, чтобы речь была разборчива и абоненты могли узнать друг друга по голосу. Для выполнения этих условий достаточно передать речевой сигнал в полосе от 0.3 до 3.4 кГц. Передача более широкого спектра речи в этом случае нецелесообразна, поскольку ведет к техническим усложнениям аппаратуры и увеличению затрат.

Точно также необходимая ширина спектра телевизионного сигнала определяется требуемой четкостью изображения. Если применяется стандарт с 625 строками, то верхняя частота спектра сигнала составляет 6 МГц. Спектр сигнала изображения много шире спектра сигнала звукового сопровождения, что существенно усложняет построение телевизионных систем по сравнению с системами звукового вещания.

Как правило, спектр модулированного сигнала шире спектра передаваемого сообщения и зависит от вида модуляции. Поэтому в теории сигналов используют такой параметр, как база сигнала

$$B_c = 2F_cT_c$$

или вводят более общую характеристику – объём сигнала:

$$V_c = T_cF_cD_c.$$

Объём сигнала дает общее представление о возможностях данного множества сигналов как переносчиков сообщений. Чем больше объём сигнала, тем больше информации можно "упаковать" в этот объём, но тем труднее передать такой сигнал по каналу связи с требуемым качеством.

И, наконец, динамический диапазон Dc – это отношение наибольшей мгновенной мощности передаваемого сигнала к той наименьшей мощности, которую необходимо отличать от нуля при заданном качестве передачи.

Он выражается обычно в децибелах (N дБ=20 lgU1/ U2) и, например, динамический диапазон речи телевизионного диктора равен 25…30 дБ, небольшого вокального ансамбля – 45…65 дБ, а симфонического оркестра – 75…100 дБ. Во избежание перегрузок канала в радиовещании динамический диапазон часто сокращают до 35…45 дБ.

Как правило, электрические сигналы, непосредственно отражающие сообщения, маломощны и низкочастотны. Известно, что электрические сигналы с низкими частотами не могут эффективно излучаться в свободное пространство. Передавать их непосредственно можно только по проводным или кабельным линиям (телефонная, телеграфная связь и т. д.).

Для передачи информации используют специальные электрические сигналы (переносчики сообщений), которыми являются хорошо излучающиеся и распространяющиеся в свободном пространстве высокочастотные гармонические электромагнитные колебания (несущие колебания).

Сами несущие колебания не содержат информации, а только ее переносят. Передаваемая по каналам связи информация закладывается в один или несколько параметров несущего колебания.

Длина волны электромагнитного колебания связана с ее циклической частотой и скоростью распространения света следующей формулой:

$$\lambda = c/f,$$

где $c=3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света; f – частота, Гц.

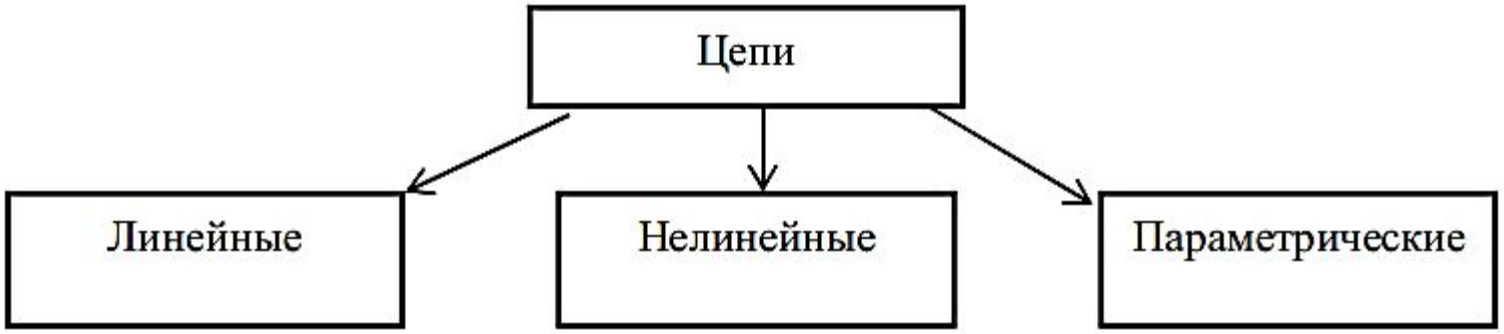
В современной радиотехнике и теории связи используют электромагнитные колебания, расположенные в диапазоне частот от 10 до 10^{13} Гц. Электромагнитные колебания с такими частотами принято называть радиоволнами или просто волнами.

Классификация диапазонов радиоволн и частот

Наименования волн	Диапазон волн	Диапазон частот	Устаревшие (нерегламентные) термины
Декамегаметровые	10^5 …10^4 км	3…30 Гц	
Мегаметровые	10^4 …10^3 км	30.. .300 Гц	
Гектокилометровые	10^3 …10^2км	300.. .3000 Гц	
Мириаметровые	100…10 км	3…30 кГц	Сверхдлинные
Километровые	10…1 км	30...300 кГц	Длинные (ДВ)
Гектометровые	1000…100 м	300...3000 кГц	Средние (СВ)
Декаметровые	100…10 м	3…30 МГц	Короткие (КВ)
Метровые	10…1 м	30...300 МГц	
Дециметровые	100…10 см	300...3000 МГц	Ультра-
Сантиметровые	10…1 см	3…30 ГГц	короткие
Миллиметровые	10…1 мм	30...300 ГГц	(УКВ)
Децимиллиметровые	1…0.1 мм	300...3000 ГГц	

Общая характеристика радиотехнических цепей

Общая классификация цепей может быть проведена по виду аналитического описания взаимосвязи между выходными и входными сигналами. Обычно это дифференциальные уравнения *n*-го порядка учитывающие такие взаимосвязи и по характеру коэффициентов уравнения радиотехнические цепи подразделяются:

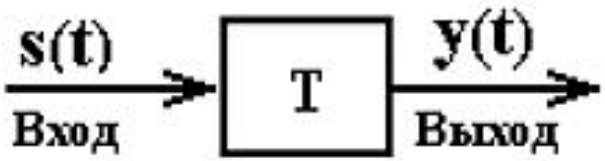


Линейные цепи преобразования сигналов описываются дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами, причем для них верен принцип суперпозиции, согласно которому реакция систем на сложный сигнал, состоящий из суммы простых сигналов, равна сумме реакций от каждого составляющего сигнала в отдельности.

Это позволяет при известной реакции системы на гармоническое колебание с определенной частотой определить реакцию системы на любой сложный сигнал, разложив его в ряд гармоник по частотному спектру сигнала.

Широкое использование гармонических функций при анализе сигналов объясняется тем, что они являются достаточно простыми ортогональными функциями и определены при всех значениях t.

Структура обобщенного функционального преобразования сигнала в произвольной цепи:



Данная формализованная цепь представляет собой *системный оператор* (алгоритм) преобразования входного сигнала s(t) – *воздействия* или *возбуждения*, в сигнал на выходе системы y(t) – *отклик* или *выходную реакцию* системы.

Символическое обозначение операции преобразования (трансформации сигнала – transformation) обозначается: y(t)=T[s(t)].

Классификация радиосистем и решаемых ими задач

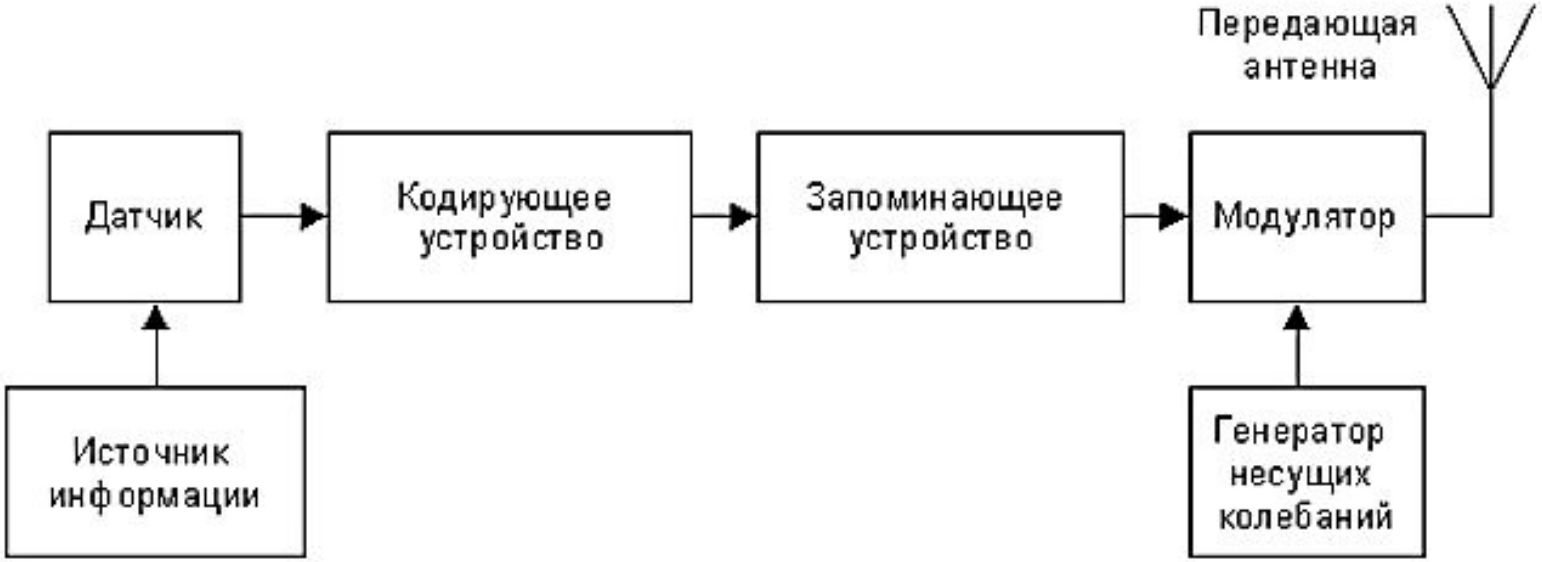
В каждой радиотехнической системе используемые сигналы подвергаются различным преобразованиям. Некоторые из них являются обязательными для всех систем, независимо от назначения и характера передаваемой информации.

Обобщенная структурная схема произвольной системы передачи информации

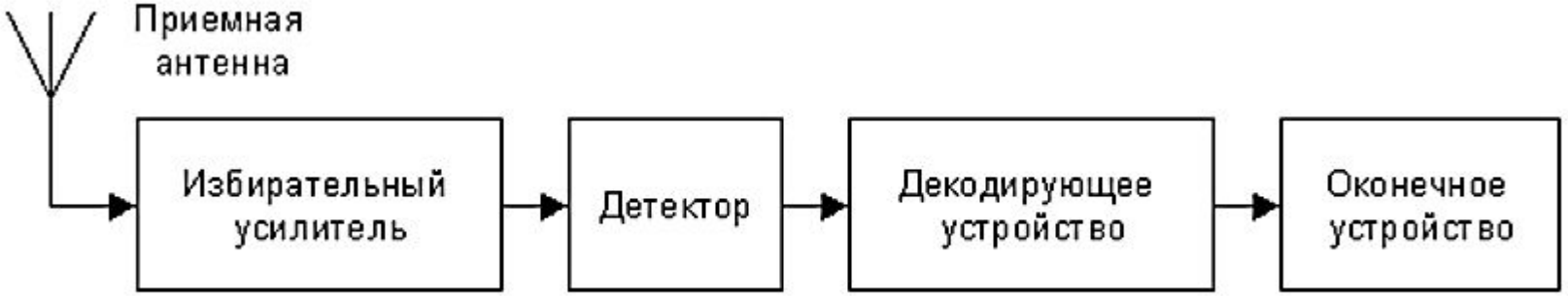
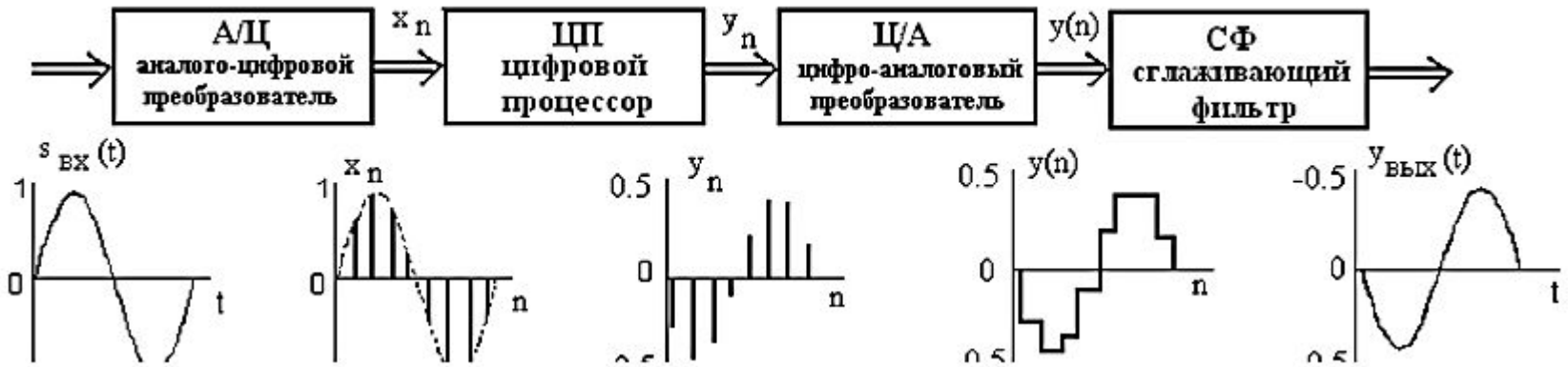
Под действием помех сигнал, проходя через канал связи, искажается. Поэтому одной из задач при организации канала связи является повышение помехоустойчивости канала. К основным задачам, обычно решаемым радиосистемами, относятся:

- обнаружение сигналов с учетом воздействия помех;
- различение сигналов с учетом воздействия помех;
- декодирование и оценка параметров;
- воспроизведение сообщений.

Структурная схема передающей части канала связи



Типовое радиоприемное устройство произвольной радиосистемы



Структура построения основных блоков цифрового приемника