

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Лабунец В.Г.



Екатеринбург - 2020

Измерение

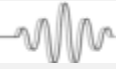


Измерение: это нахождение численного значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств и выражение полученного результата в принятых единицах

Цель измерения: получение информации об объекте измерения, необходимой для управления им. Цель измерения связывает задачи измерения с использованием результатов измерений для управления реальными объектами.

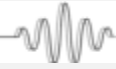
Качество процесса измерения: характеризуется степенью достижимости цели управления.

Цель изучения дисциплины



Целью освоения дисциплины является формирование систематизированных знаний, необходимых для решения научных и производственных задач, связанных с выбором методов получения, преобразования и обработки измерительной информации в системах управления качеством в производственно-технических системах, формирование у студентов умений и навыков в области проектирования и эксплуатации современных информационно-измерительных систем (ИИС).

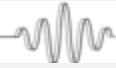
Структура дисциплины



Модуль 1. Методы преобразования и передачи измерительной информации.

Формы сигналов и их характеристики. Преобразование измерительных сигналов: дискретизация, квантование, кодирование, модуляция, масштабное преобразование. Структурные схемы и режимы работы средств измерений. Аналоговые приборы и преобразователи. Основные принципы аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования. Цифровые приборы для измерения электрических величин. Цифровые измерительные приборы.

Структура дисциплины



Модуль 2. Методы измерения физических величин

Классификация методов измерения физических величин. Методы измерения электрических и неэлектрических величин. Методы преобразования и обработки информации в ИИС. Неразрушающий контроль и бесконтактные измерения: методы, достоинства, контролируемые величины, примеры.

Модуль 3. Методы обработки измерительной информации

Виды и методы измерений. Средства измерений. Методы и методики измерений. Результаты измерений. Виды погрешностей. Условия измерений. Случайные погрешности. Обработка результатов измерений. Точечные и интервальные оценки.

Список литературы

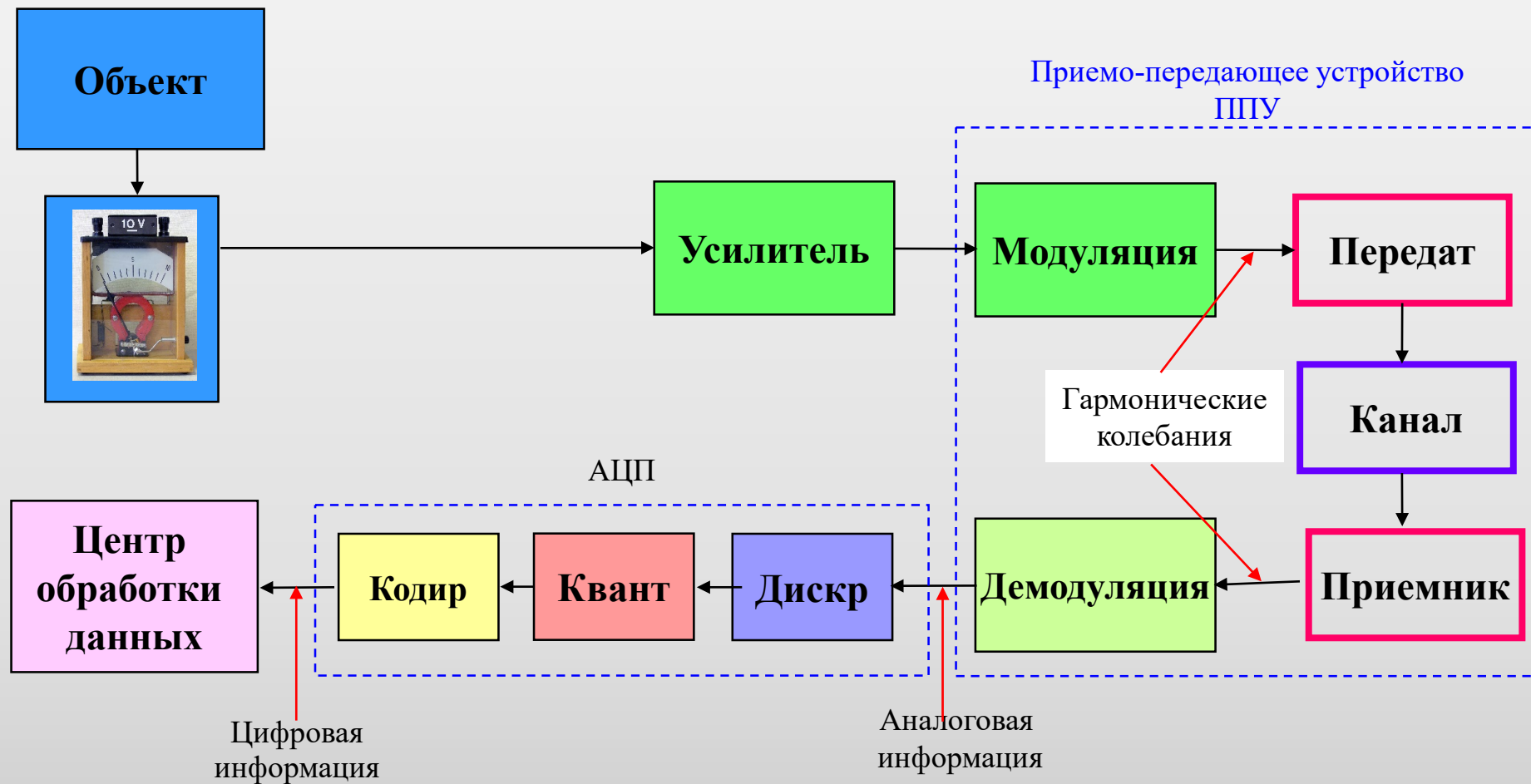


1. Контрольно-измерительные приборы и инструменты : учебное пособие / С.А. Зайцев, Д.Д. Грибанов, А.Н. Толстов, Р.В. Меркулов. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 464 с.
2. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision / Ю.В. Визильтер, С.Ю. Желтов, В.А. Князь, А.Н. Ходарев, А.В. Моржин. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 464 с.
3. Арутюнов П.А. Теория и применение алгоритмических измерений. – М.: Энергоатомиздат, 1990. 4. Большев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. – М.: Наука, 1983.
5. Бурдун Г.Д. Марков Б.Н. Основы метрологии. – М.: Изд. стандартов, 1985.
6. Новоселов О.Н., Фомин А.Ф., Основы теории и расчета информационно-измерительных систем. – М.: Машиностроение, 1980. 17. Пфанцagl И. Теория измерений. – М.: Мир, 1976.
7. Хофман Д. Измерительно-вычислительные системы обеспечения качества. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
8. Цветков Э. И. Основы теории статистических измерений. – Л.: Энергия, 1979.

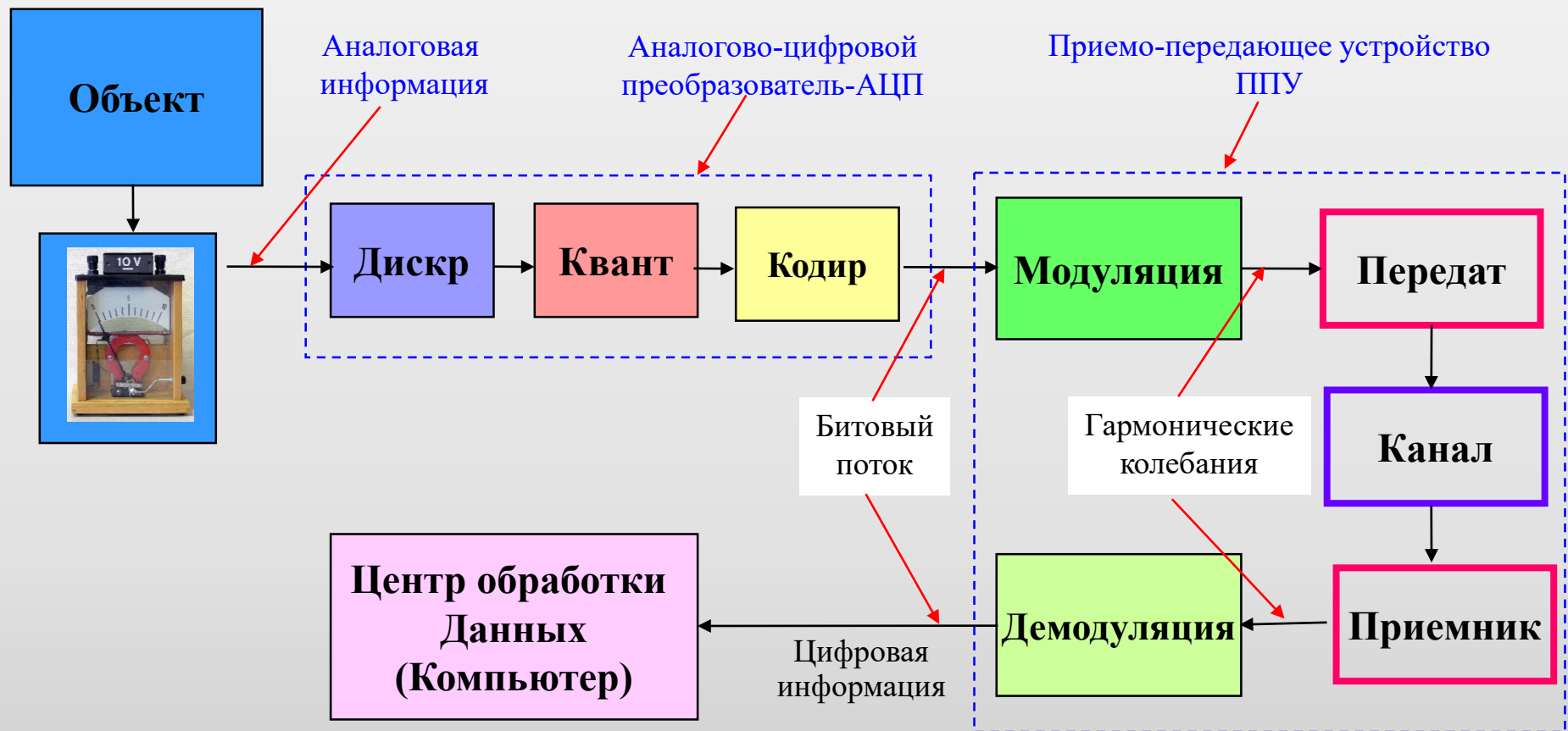


Модуль 1: Сбор, обработка и интерпретация измерительной информации с использованием современных информационных технологий

Аналого-цифровая информационно-измерительная система (АЦ ИИС)



Цифровая информационно-измерительная система (ЦИИС)

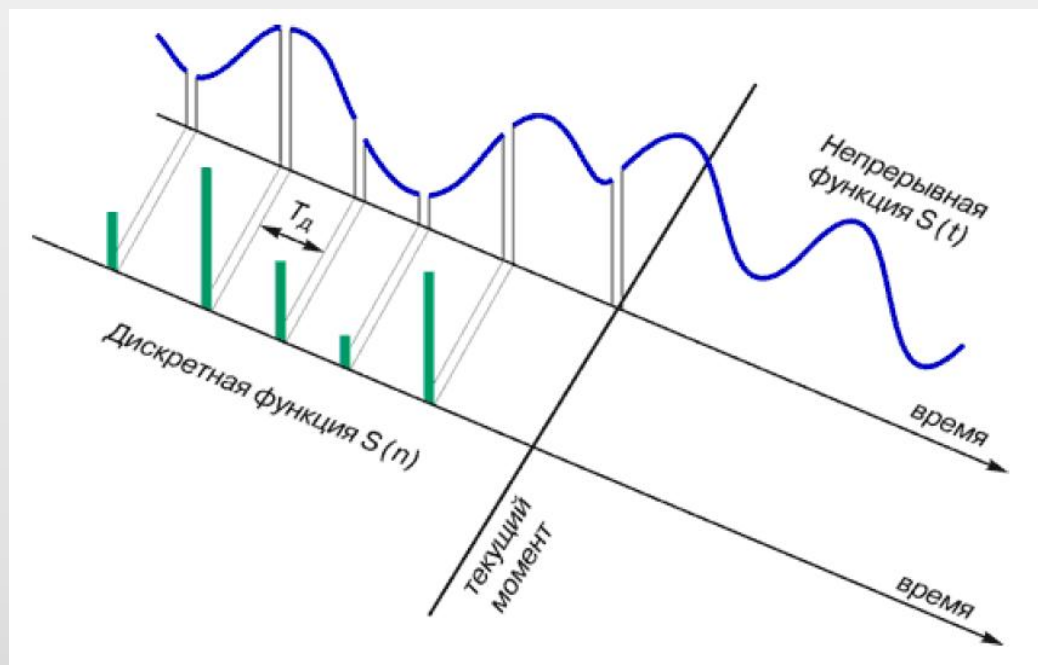




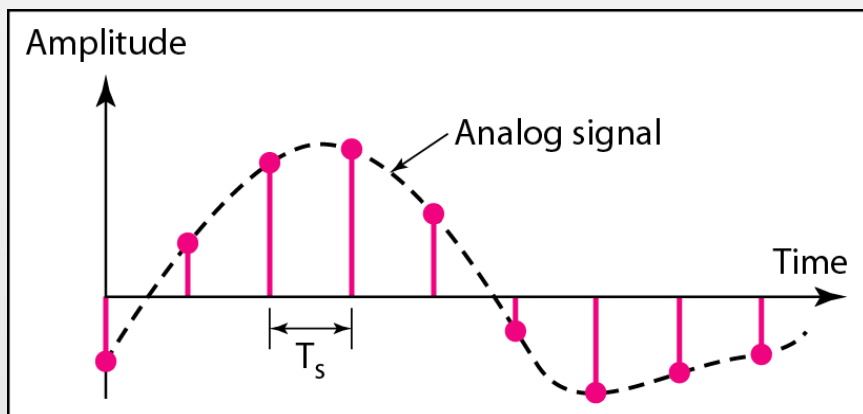
Тема 1.1: Дискретизация измерительных сигналов



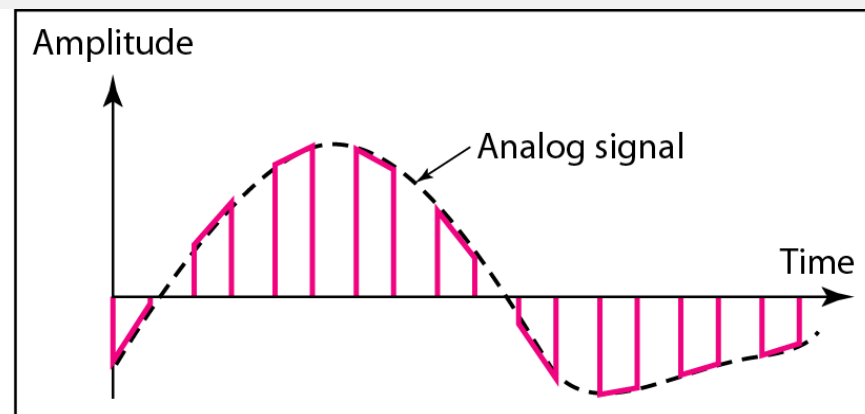
Дискретизация



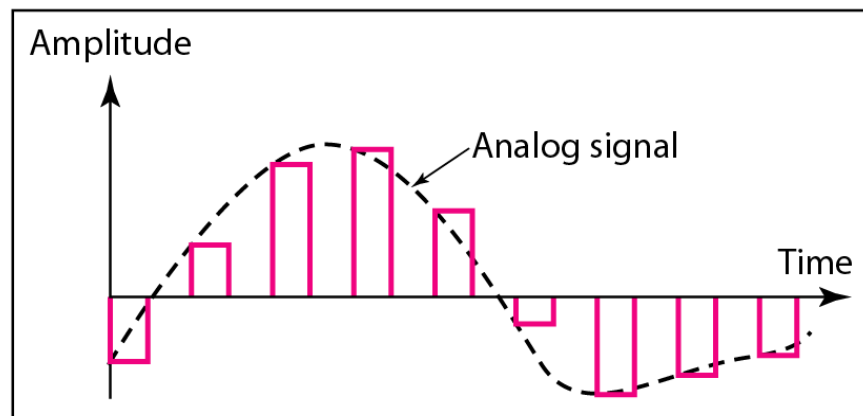
Три типа дискретизация



a. Ideal sampling

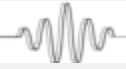


b. Natural sampling

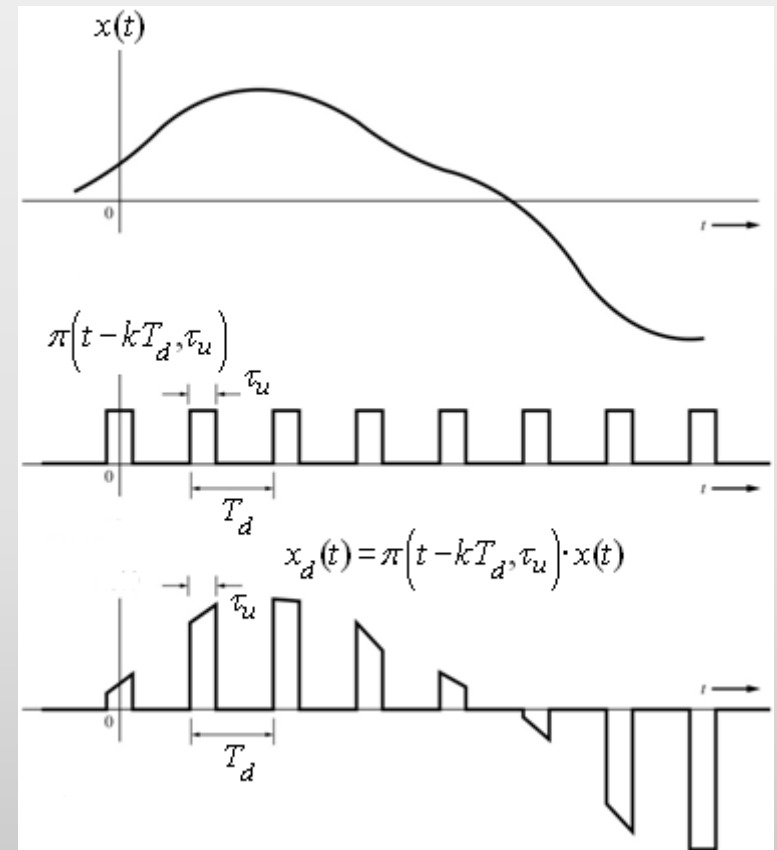
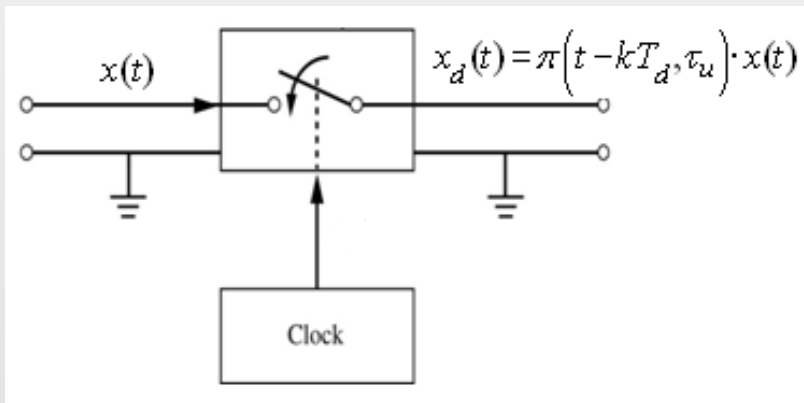


c. Flat-top sampling

Дискретизатор



$$x_d(t) = \pi\left(\frac{t - kT_d}{T_d}, \frac{\tau_u}{T_d}\right) \cdot x(t) = \pi\left(\frac{t}{T_d} - k, \frac{\tau_u}{T_d}\right) \cdot x(t) = \pi(\bar{t} - k, \bar{\tau}_u) \cdot x(t)$$



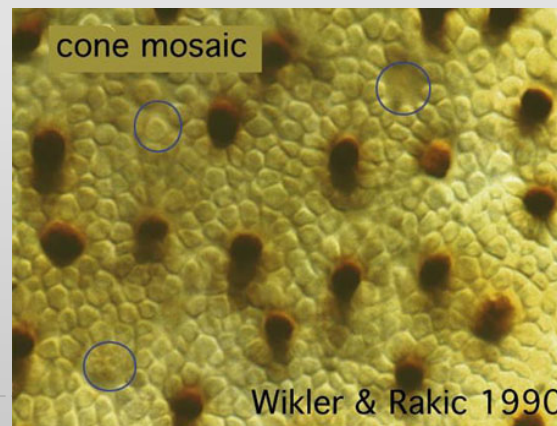
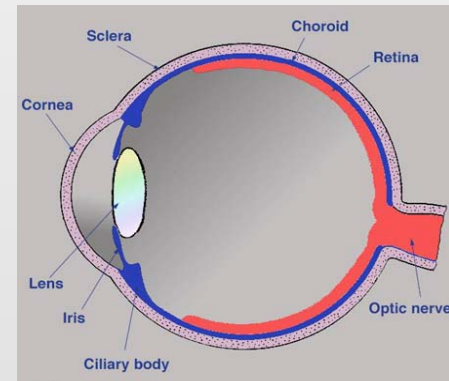
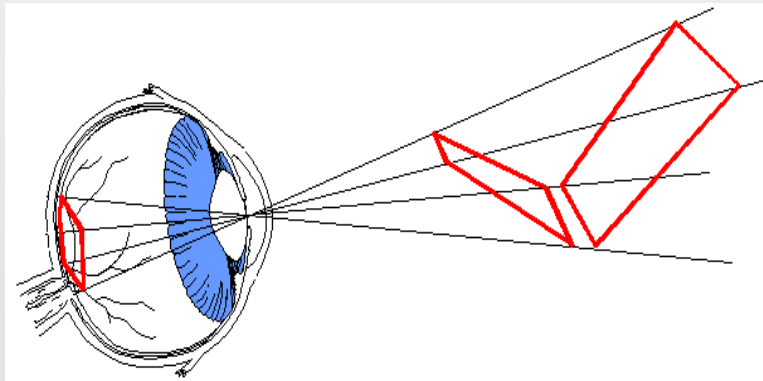


Тема 1.2: Дискретизация изображений

Дискретизация



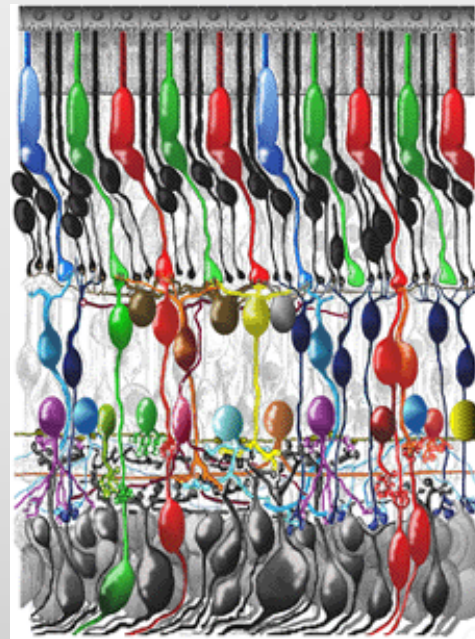
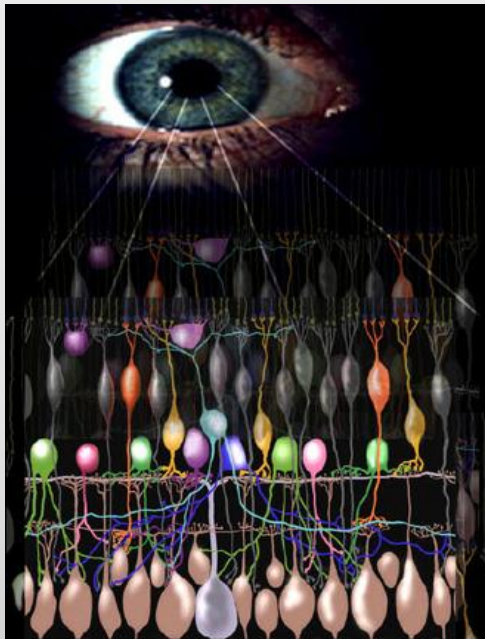
Оптический поток, падающий на сетину нашего глаза, является непрерывным во времени и пространстве сигналом $f(t,x,y)$. На сетчатке глаза происходит его дискретизация по пространственным, временным и спектральным координатам. Дискретизацию по пространству и спектру осуществляют колбочки и палочки глаза



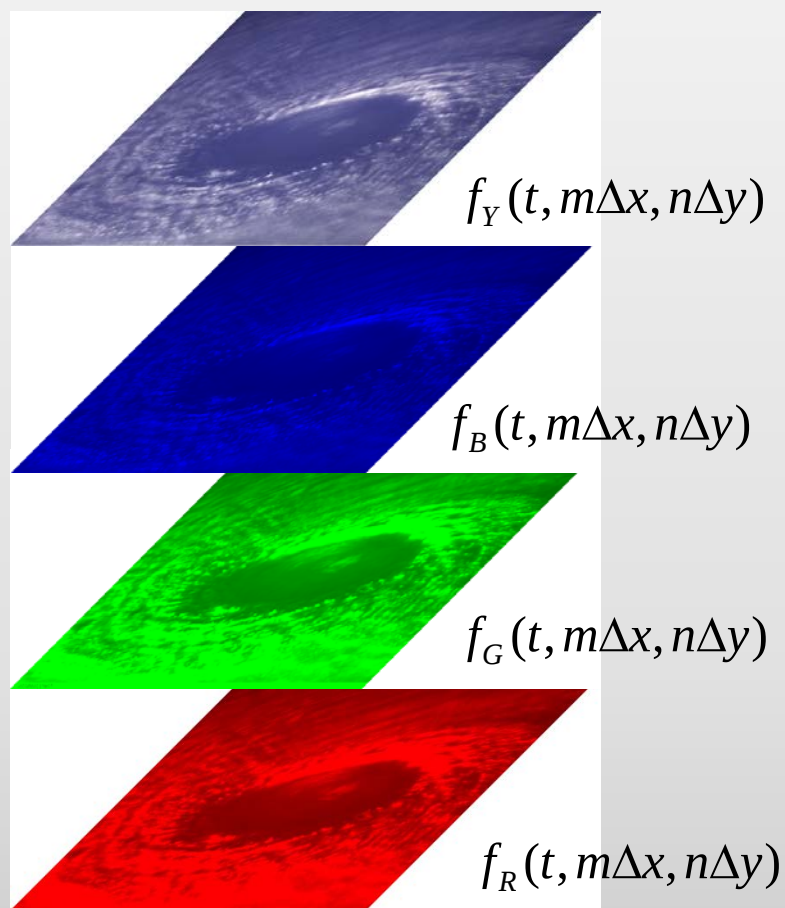
Ретина глаза



1. Площадь ретины 1032mm^2
2. Общее число палочек – 128 000 000 = 128 Мр
3. Диаметр глаза 32mm
4. Общее число колбочек - 8 000 000 = 8 Мр

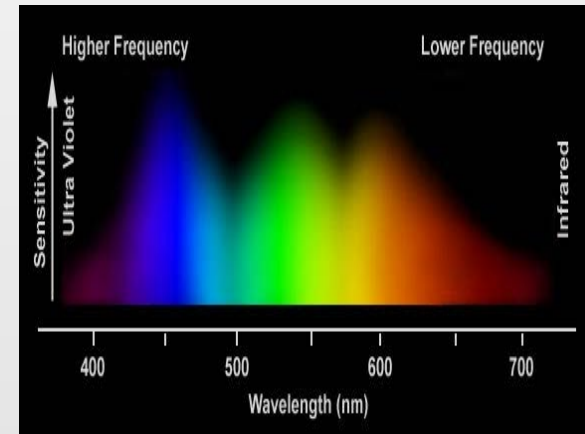
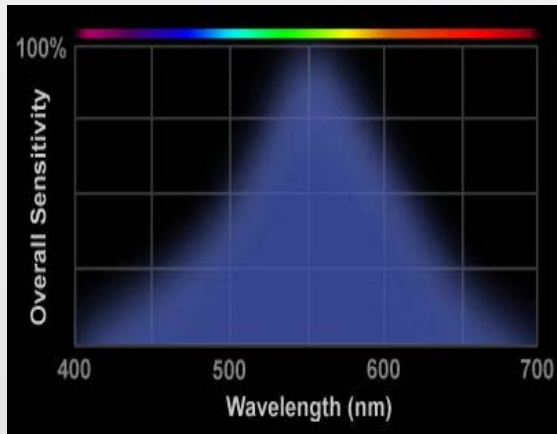


Дискретизация



$$f(t, x, y) \rightarrow \begin{bmatrix} f_Y(t, m\Delta x, n\Delta y) \\ f_R(t, m\Delta x, n\Delta y) \\ f_G(t, m\Delta x, n\Delta y) \\ f_B(t, m\Delta x, n\Delta y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_Y(t, m, n) \\ f_R(t, m, n) \\ f_G(t, m, n) \\ f_B(t, m, n) \end{bmatrix}$$

Спектральная дискретизация



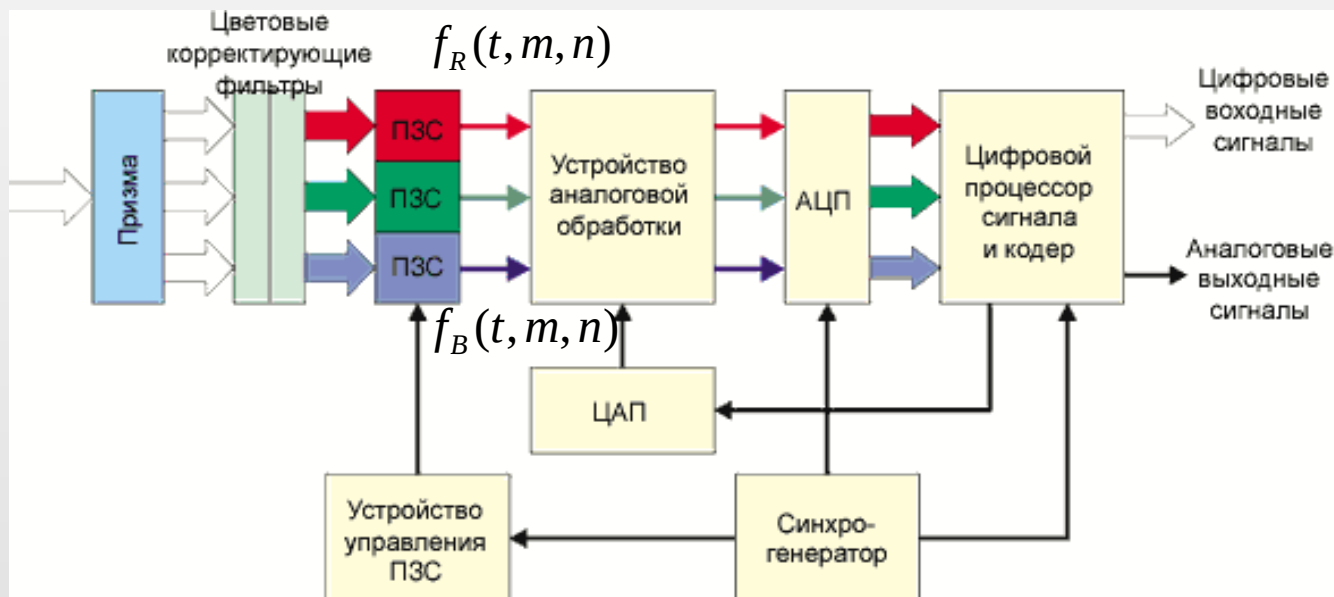
Каждый тип колбочек обладает собственной спектральной чувствительностью (sensitivity function). Первый тип колбочек воспринимает световые волны с длиной от 400 до 500 нм (условно "синюю" составляющую цвета), второй - от 500 до 600 нм (условно "зеленую" составляющую) и третий - от 600 до 700 нм (условно "красную" составляющую).

Блок-схема телекамеры



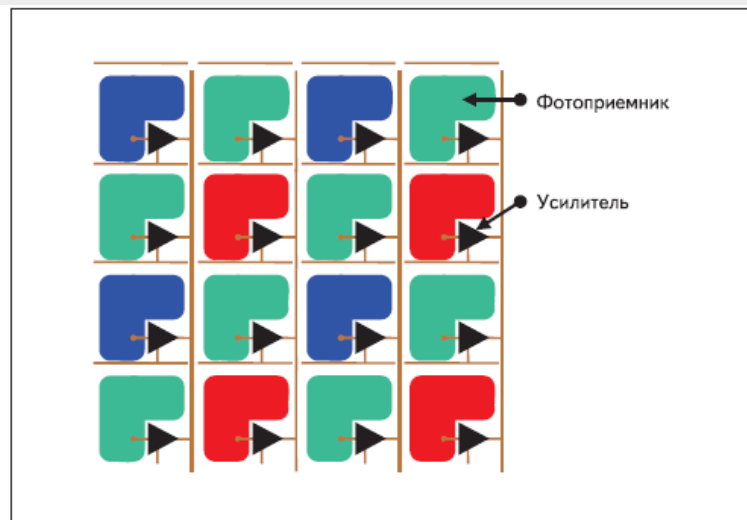
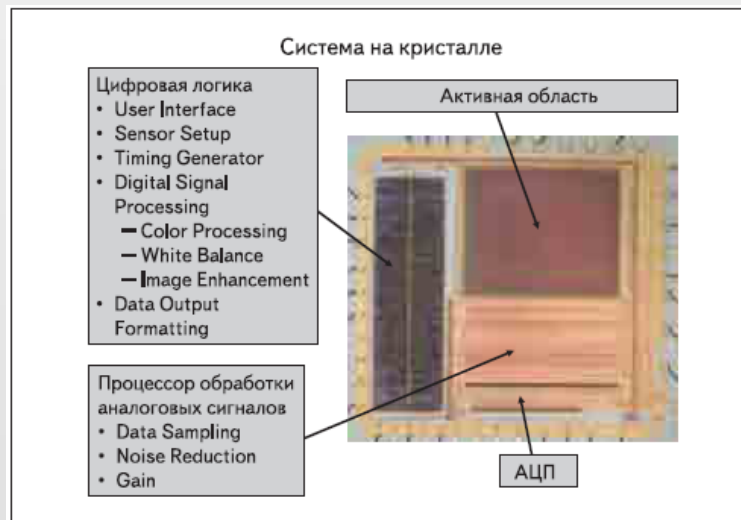
Оптическая часть видеокамеры состоит из объектива, блока преобразования "свет-сигнал" и цифрового процессора обработки сигнала изображения. Объективы имеют регулируемые диафрагму, трансфокатор и фокусировку. Они снабжаются дополнительными сменными светофильтрами. К объективу цифровой видеокамеры предъявляются требования повышенной разрешающей способности из-за малого размера элемента разложения прибора с зарядовой связью (ПЗС).

Пространственная дискретизация

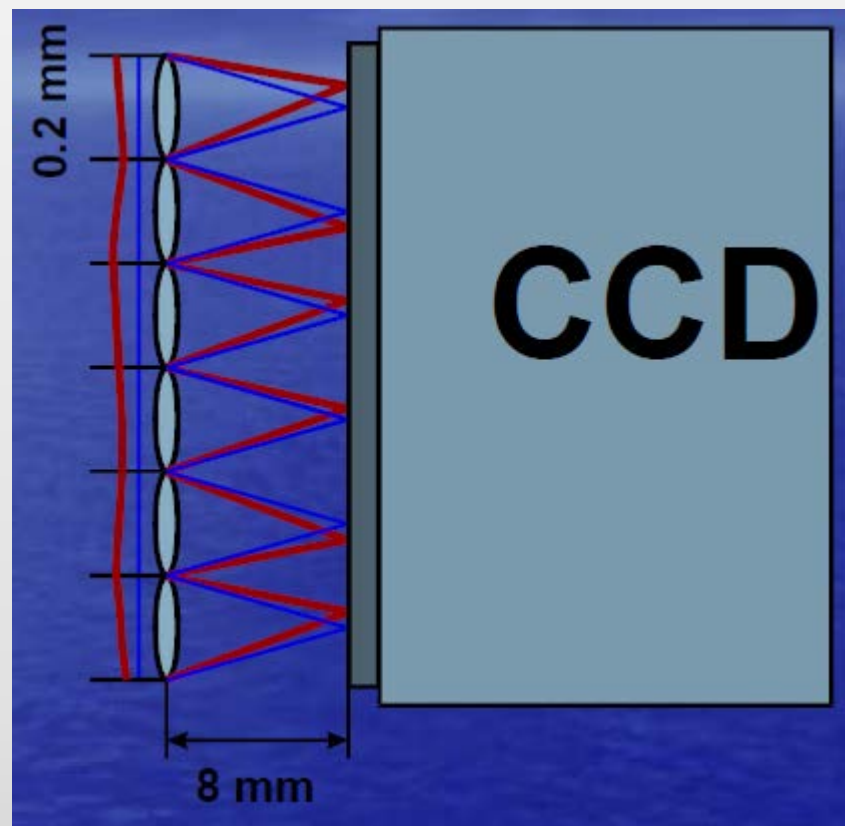
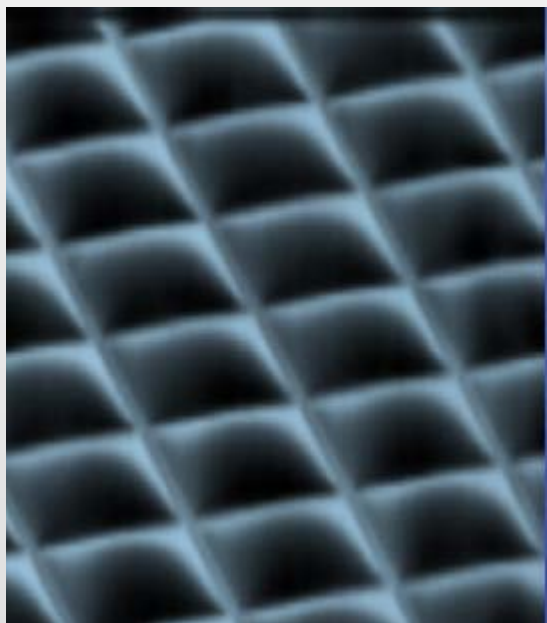


Преобразователь изображения на ПЗС - это прибор, осуществляющий пространственную дискретизацию изображения. Для исключения эффекта наложения, в соответствии с теоремой Котельникова, спектр передаваемых пространственных частот перед дискретизацией ограничивается на частоте, равной половине частоты дискретизации. Этой цели служит фильтр нижних пространственных частот (ФНПЧ), установленный перед светоделительной призмой.

КМОП-матрица

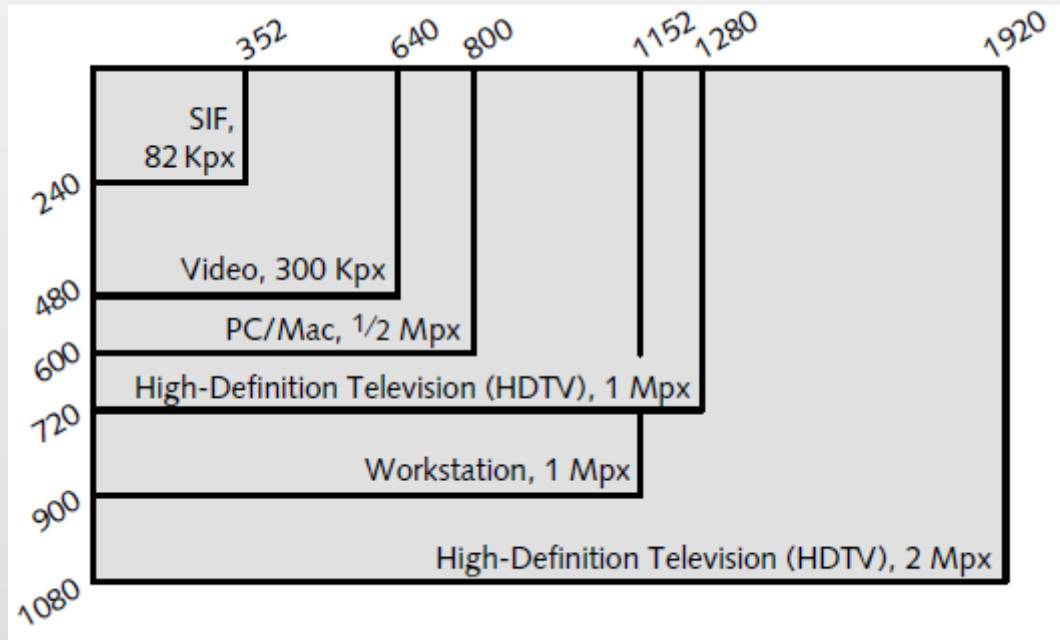


Линзовый растр

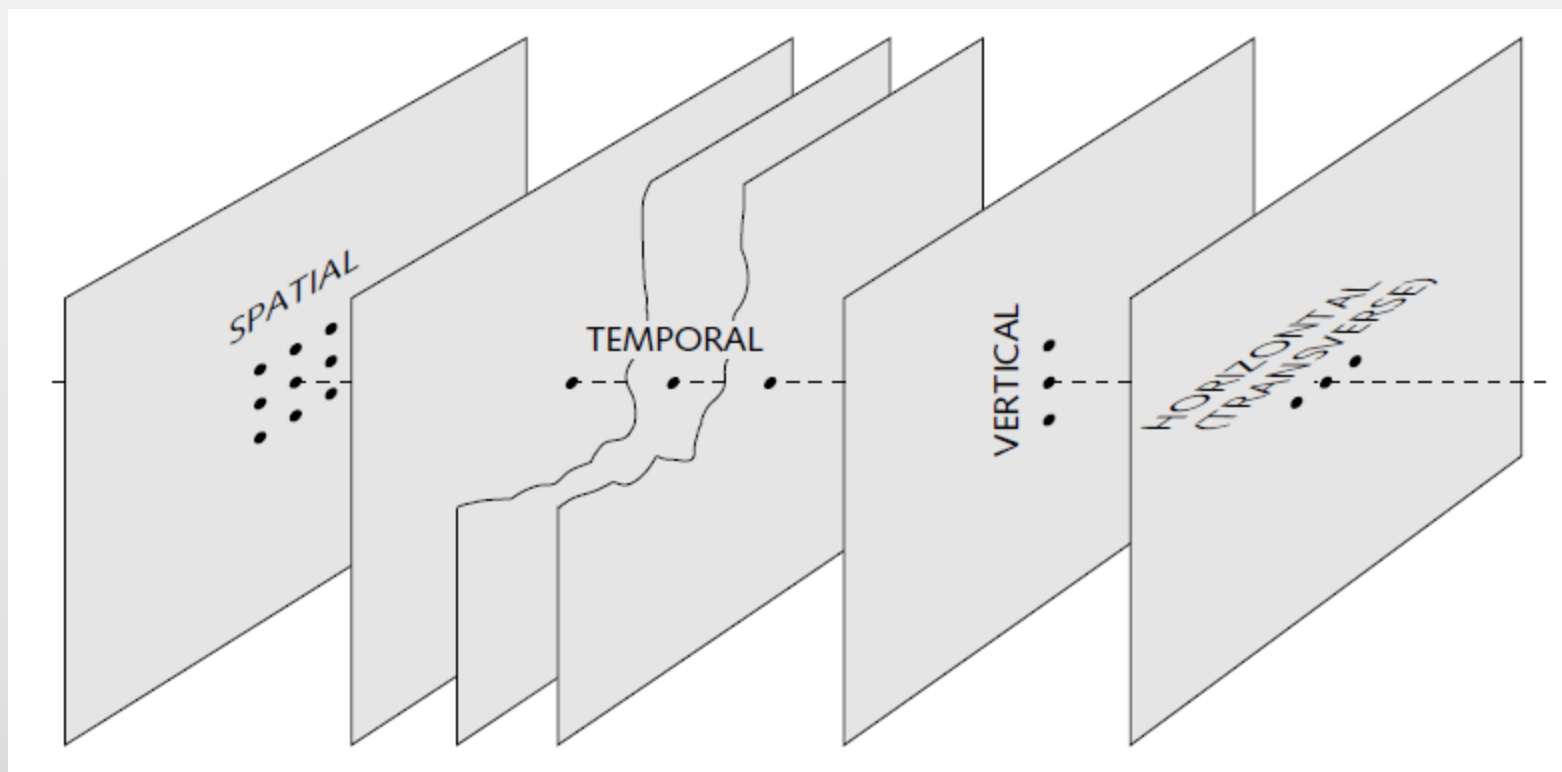


КМОП-матрица снабжена системой микролинз, каждая из которых располагается непосредственно над пикселем и фокусирует падающий свет на фотодетектор

Пиксельные массивы



Пространственно-временная дискретизация

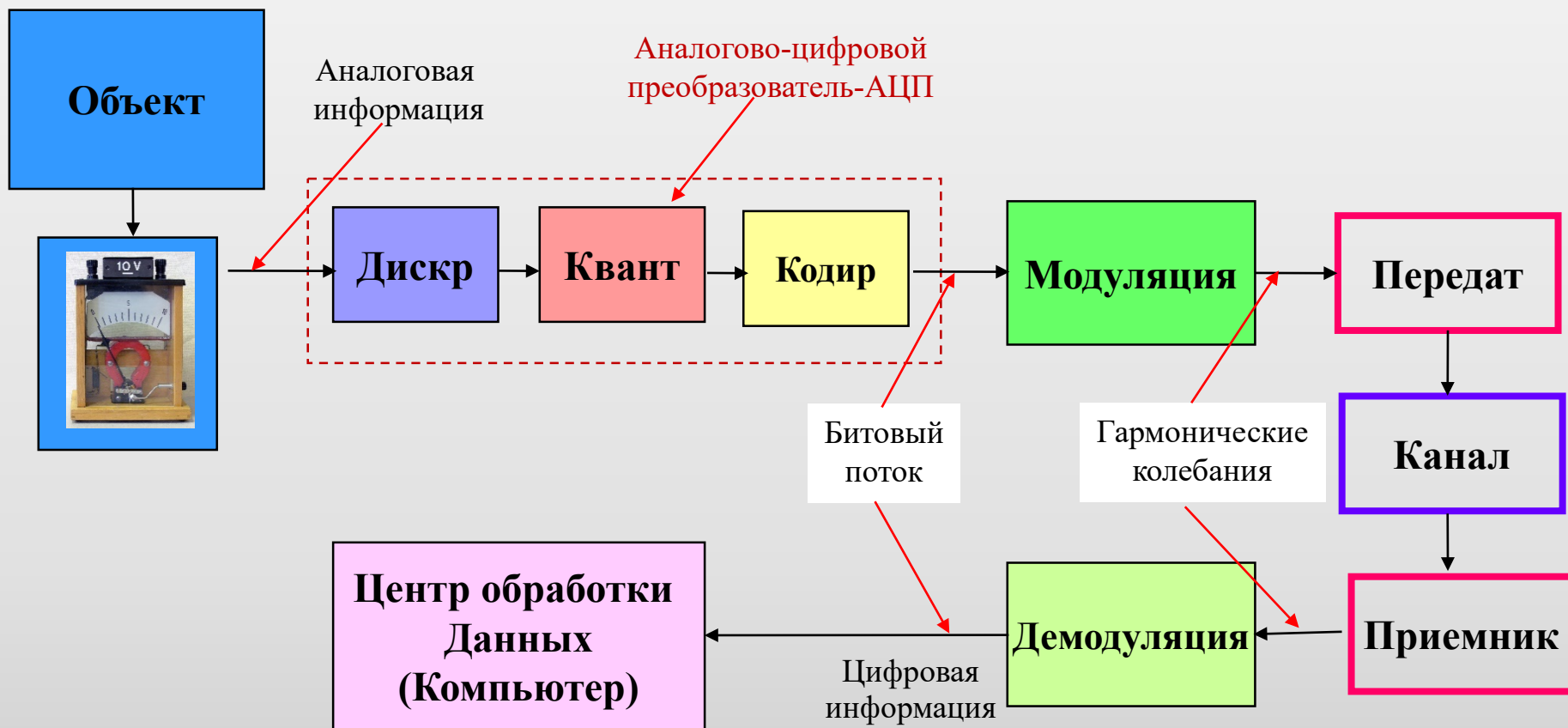
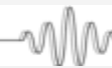




Тема 1.3: Квантование дискретных сигналов и изображений



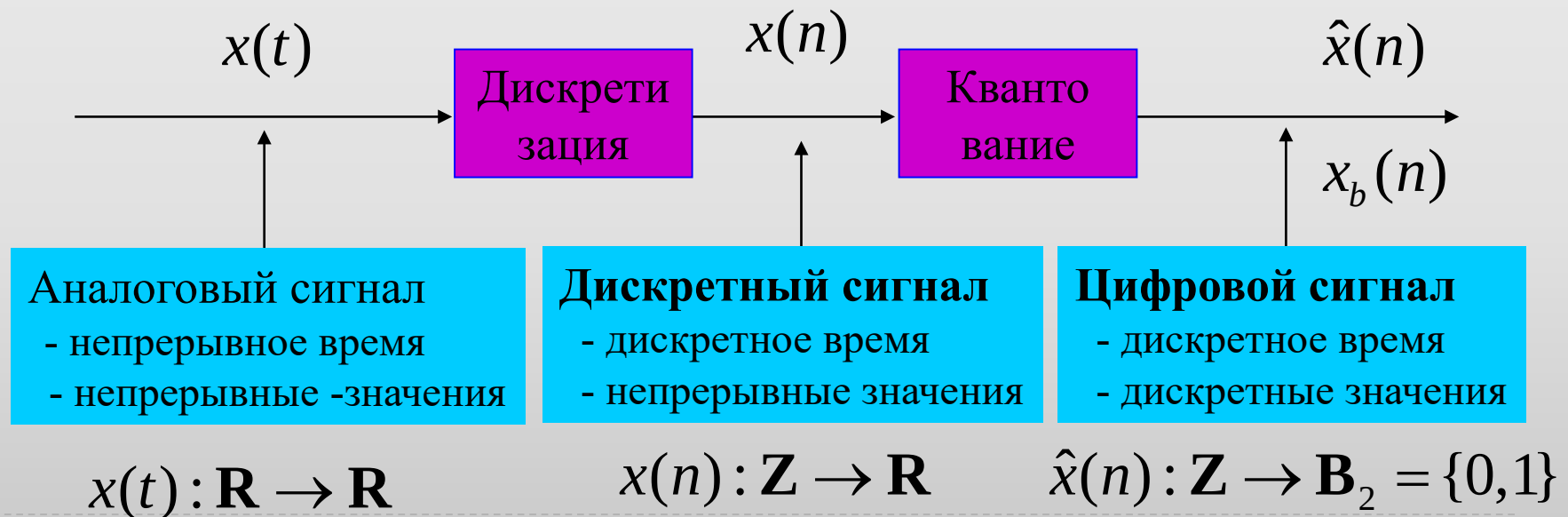
Аналого-цифровая измерительная система



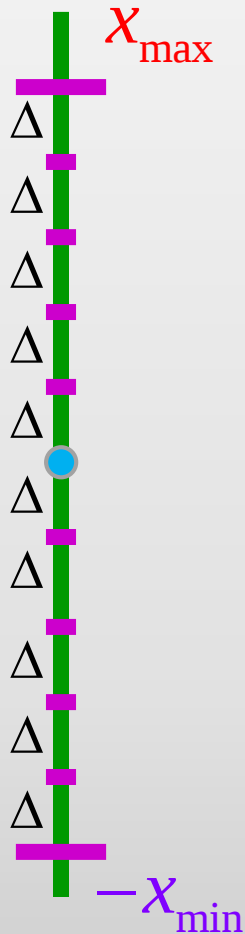
Квантование



Определение. Квантование – это нелинейное преобразование, которое отображает элементы из непрерывного множества чисел в конечное множество целых чисел. Является вторым шагом аналого-цифрового преобразования (АЦП), блок-схема которого представлена ниже



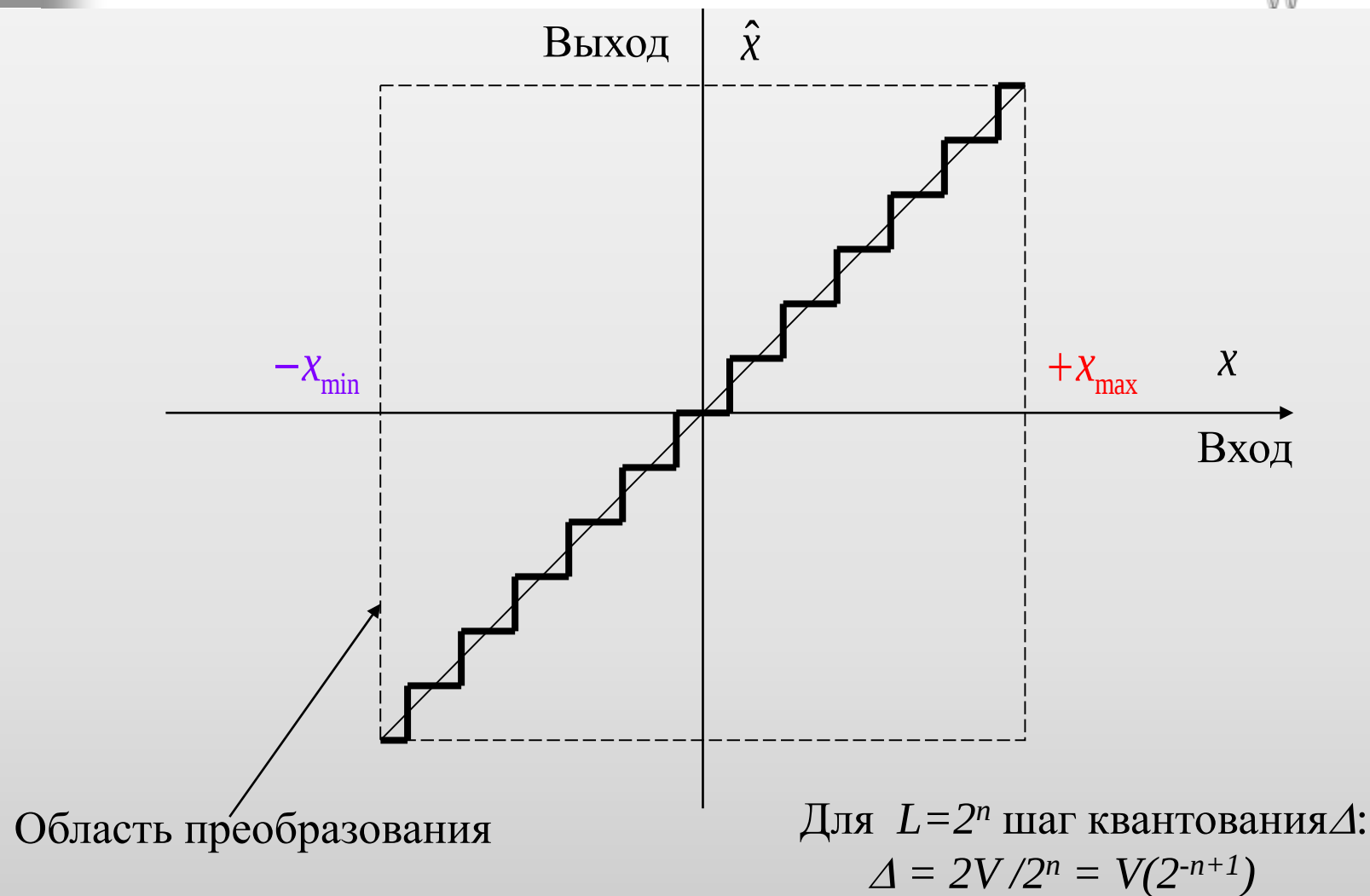
Квантование



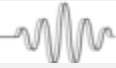
- ▶ Амплитуда дискретных отсчетов меняется в пределах динамического диапазона $[-X_{\min}, X_{\max}]$
- ▶ Амплитуда принимает бесчисленное множество значений
- ▶ Нам необходимо бесчисленное число значений заменить на конечное известных значений
- ▶ Это достигается делением динамического диапазона на L интервалов квантования, каждый из которых имеет ширину

$$\Delta = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{L}$$

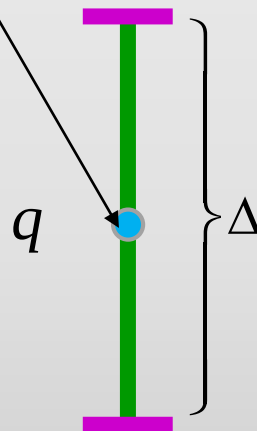
Равномерное квантование



Уровни и зоны квантование

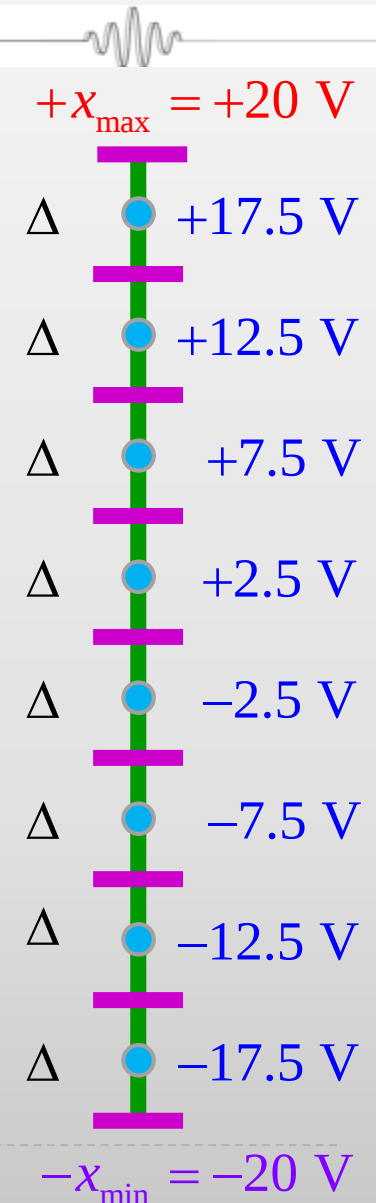


- ▶ Средняя точка каждого интервала кодируется целым числом q от 0 до $L-1$ (что дает L уровней квантования)
- ▶ Каждый отсчет, попавший внутрь интервала аппроксимируется значением, предписанным средней точки



Пример квантования

- ▶ Пусть входное напряжение меняется внутри динамического диапазона от $V_{\min} = -20\text{V}$ до $V_{\max} = +20\text{V}$
- ▶ Мы хотим использовать $L=8$ уровней квантования
- ▶ Ширина интервала $\Delta = [20 - (-20)]/8 = 5$
- ▶ Восемь интервалов суть:
[−20,−15), [−15,−10), [−10, −5), [−5,0), [0,+5), [+5,+10), [+10,+15), [+15,+20)
- ▶ Средние точки: −17.5, −12.5, −7.5, −2.5, 2.5, 7.5, 12.5, 17.5

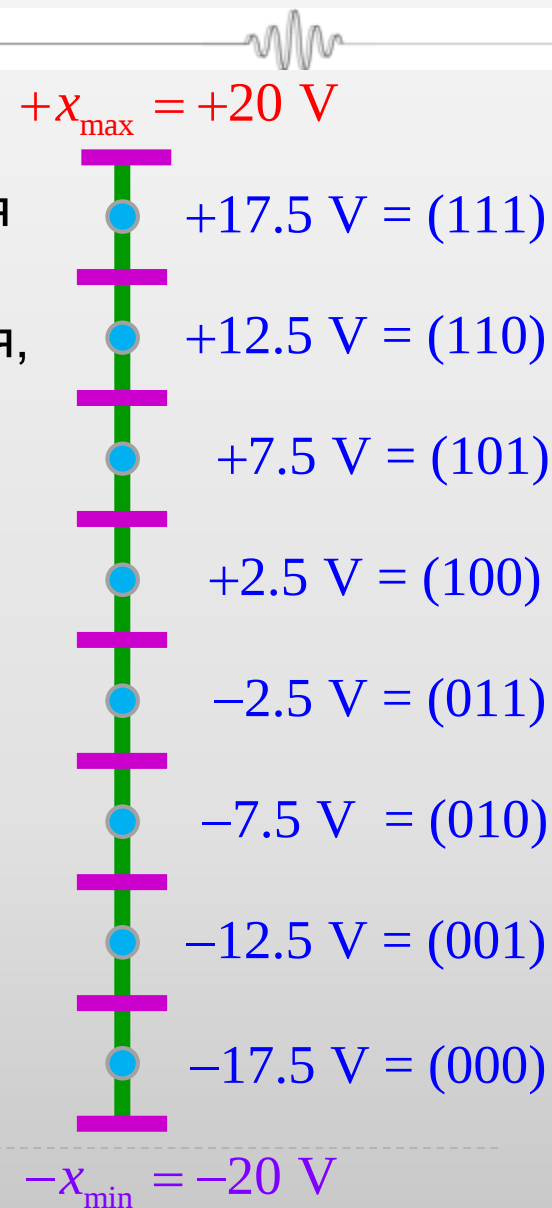


Кодирование зон (уровней)

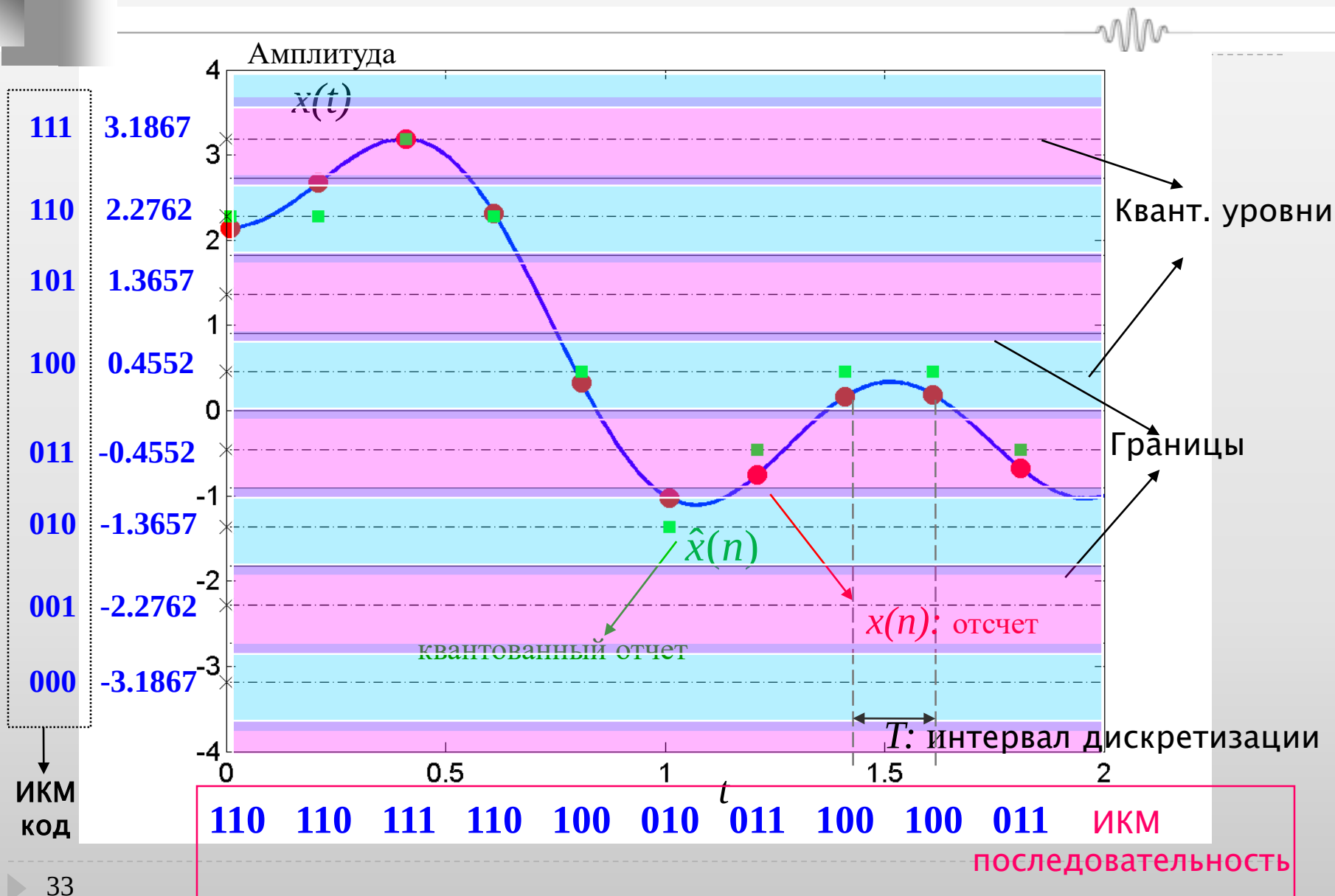
- ▶ Каждая средняя точка интервала кодируется числом в двоичном коде
- ▶ Число разрядов, требуемых для кодирования, или число бит, приходящихся на один отсчет, определяется выражением

$$n_b = \lceil \log_2 L \rceil$$

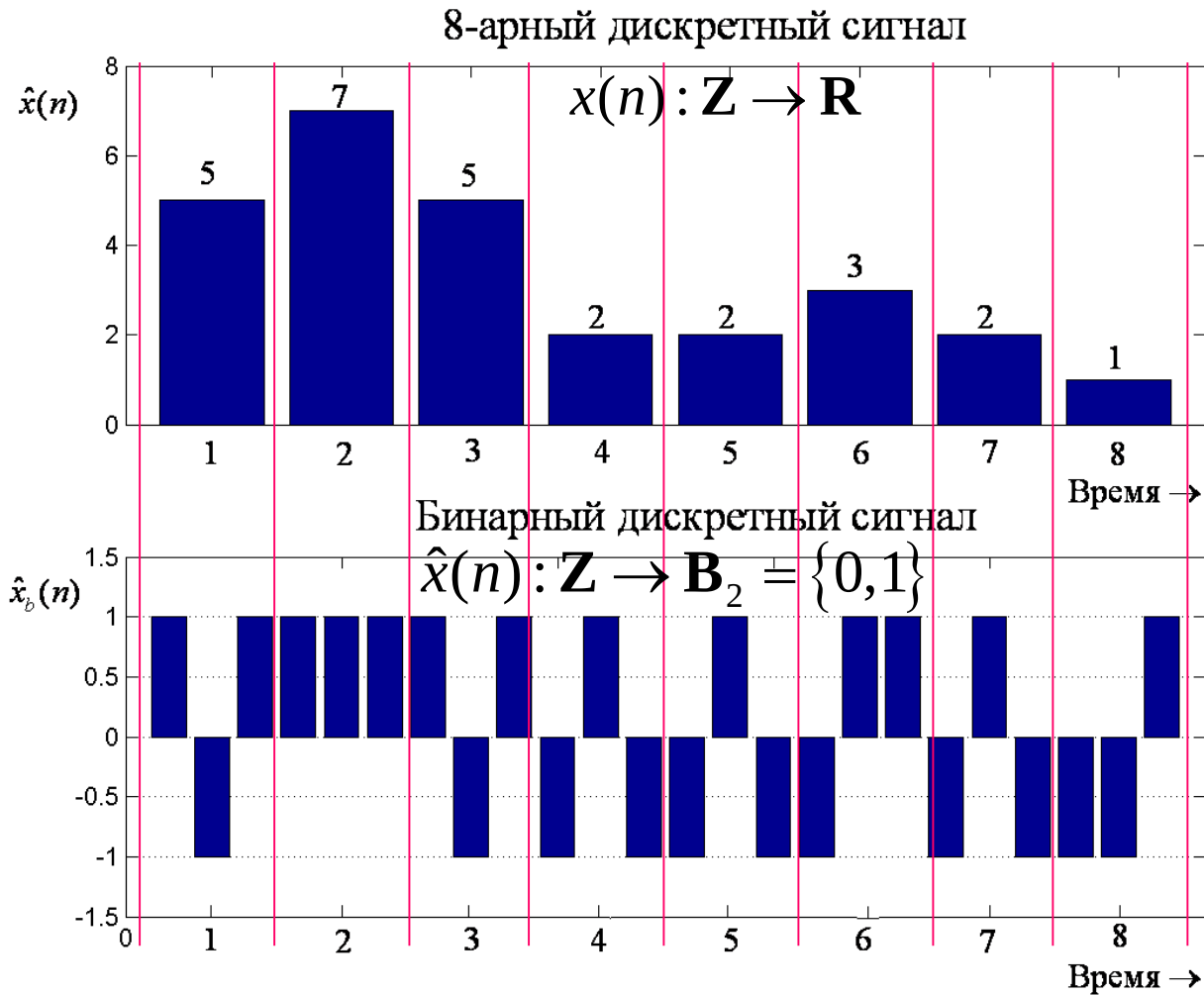
- ▶ Равномерное линейное квантование называется *импульсно кодовой модуляцией* (ИКМ) = *Pulse Code Modulation* (PCM)



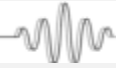
Квантование



Пример 8-разрядной ИКМ



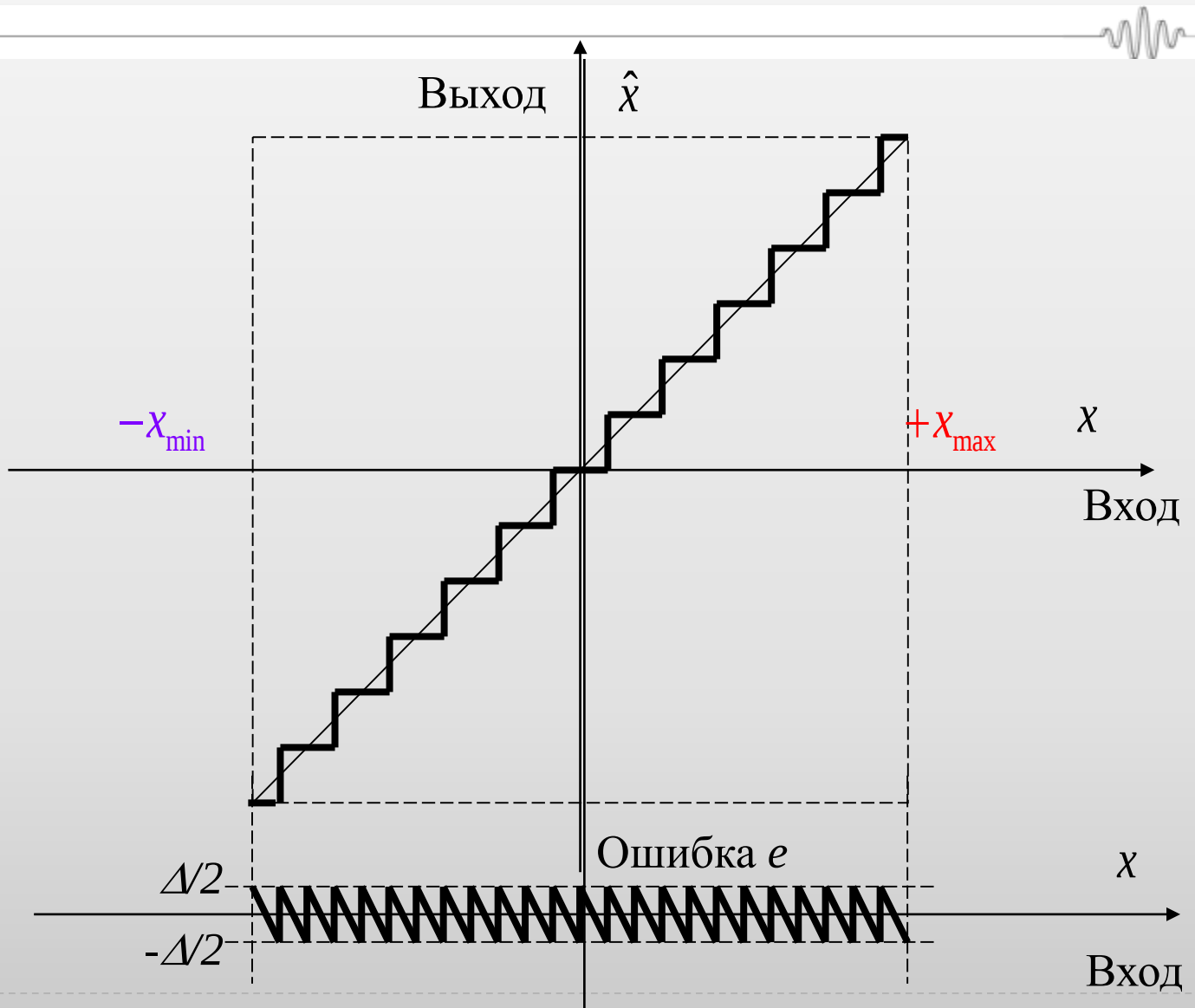
Ошибка квантования



- ▶ Квантование сигнала сопровождается искажениями в силу замены истинного значения сигнала его приближенным значением (средней точкой интервала дискретизации).
- ▶ Разница между истинными и закодированными значениями трактуется как шум квантования
- ▶ Чем больше интервалов квантования, тем меньше шаг квантования Δ и меньше ошибка аппроксимации, т.е. меньше шум квантования
- ▶ НО(!!!), чем больше уровней квантования, тем больше разрядность двоичного представления кодовых значений



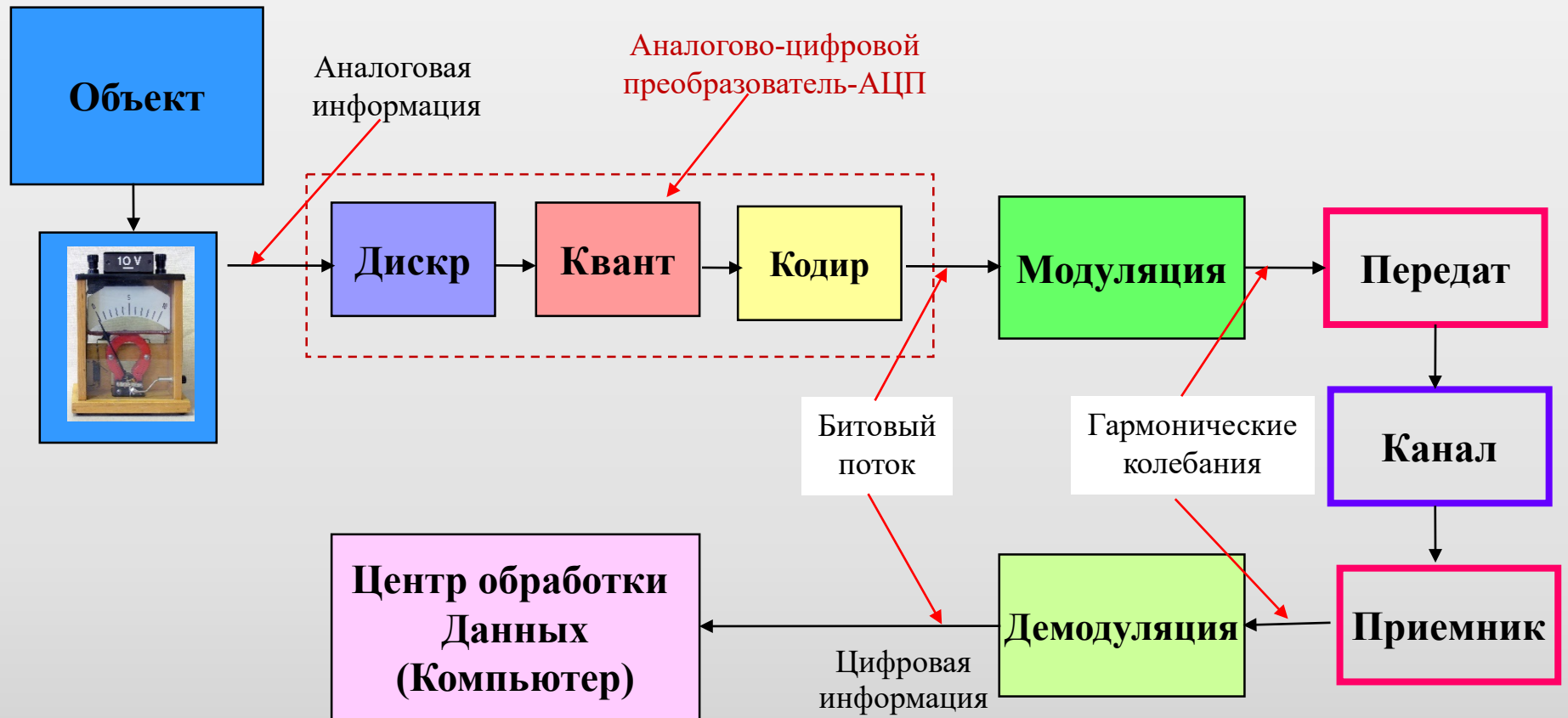
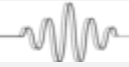
Ошибка квантования





Тема 2.1.: Цифровые методы передачи измерительной информации

Цифровая информационно-измерительная система (ЦИИС)





Цифровая модуляция

Цифровая модуляция

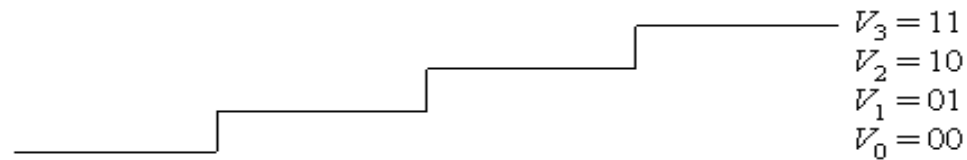


АМН(ASK)-СИГНАЛЫ

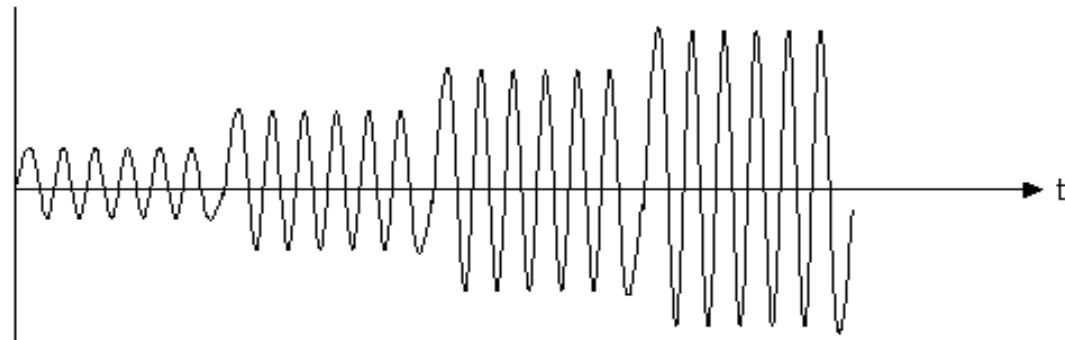
Information



m levels
 $m = 4$

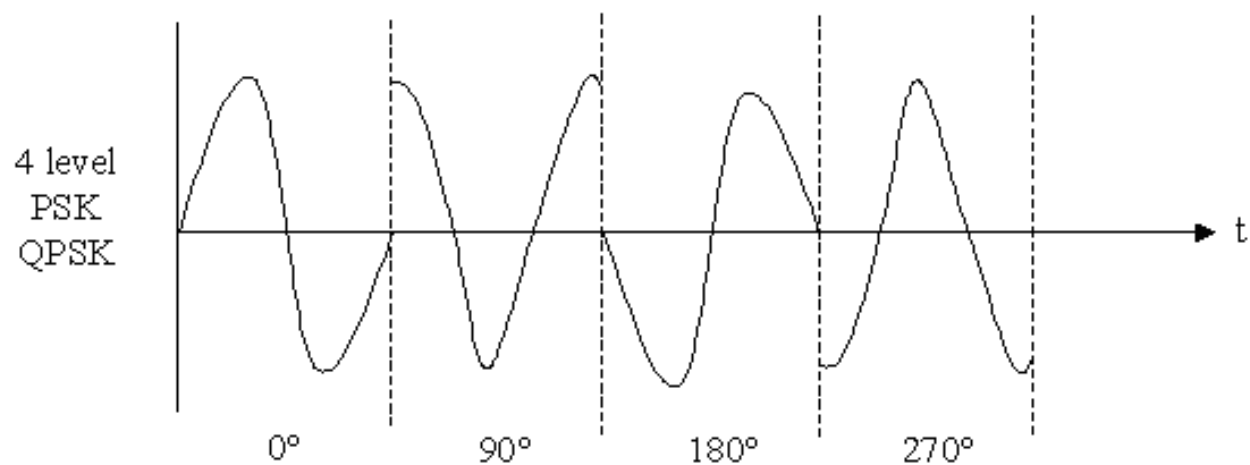
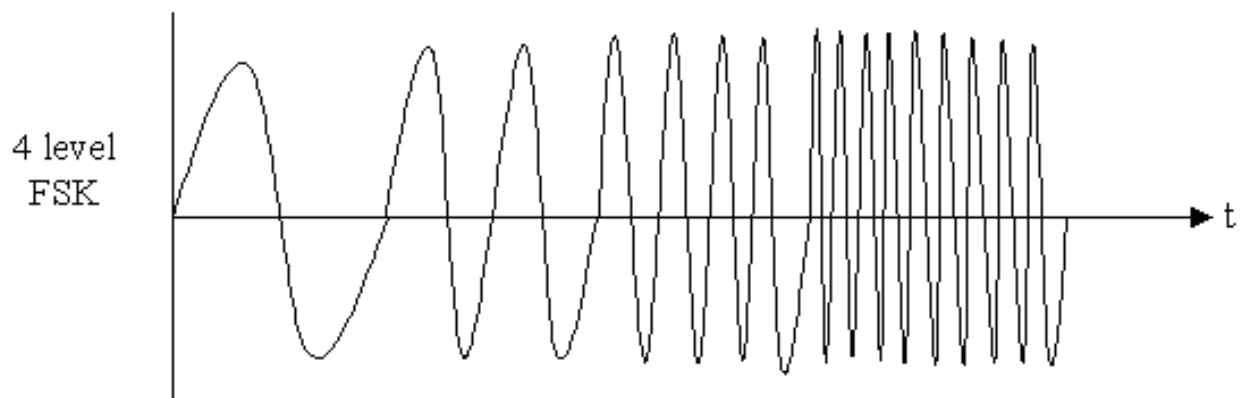


4 level
ASK



Цифровая модуляция

ЧМН(FSK)- и ФМН(PSK)-СИГНАЛЫ



ASK-модуляция

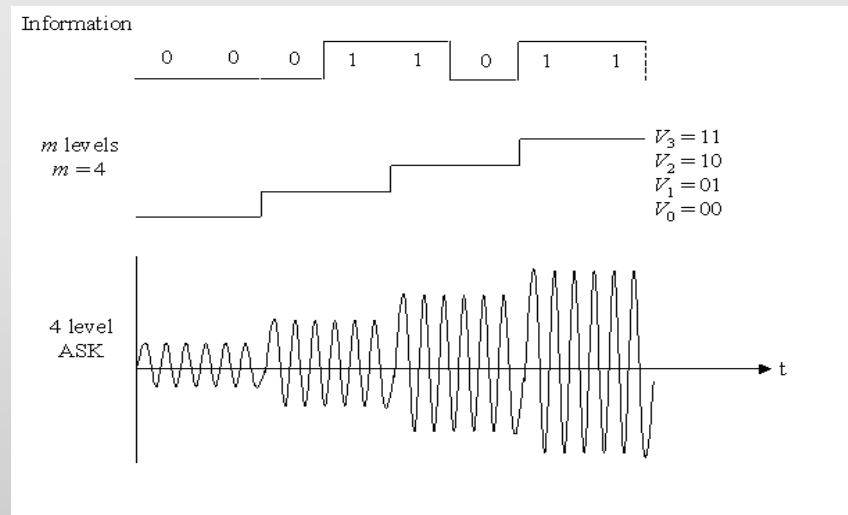


Амплитудная манипуляция (АМн) - amplitude shift keying (ASK)

$$\{s_0, s_1, \dots, s_{M-1}\}$$

$$s_{ASK}(t) = \overline{a}_{\text{mod}}(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$s_i \leftrightarrow a_i = \frac{A}{M}(i+1) \quad (\text{активная пауза при } i=0)$$



ВASK-модуляция



**Бинарная амплитудная манипуляция (БАМн) –
binary amplitude shift keying (ASK)**

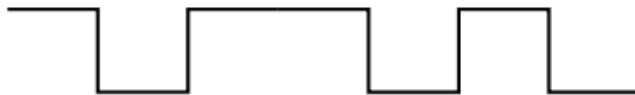
$$\{s_0, s_1\} = \{0, 1\}$$

$$s_{ASK}(t) = \bar{a}_{\text{mod}}(t) \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$s_i(t) = (-1)^{s_i} \cdot A \cos(\omega t) = A(1 - 2s_i) \cdot \cos(\omega t) = \begin{cases} -A \cos(\omega t), & s_i = 1, \\ +A \cos(\omega t), & s_i = 0. \end{cases}$$

Бинарная последовательность

1 0 1 1 0 1 0



Несущее колебание



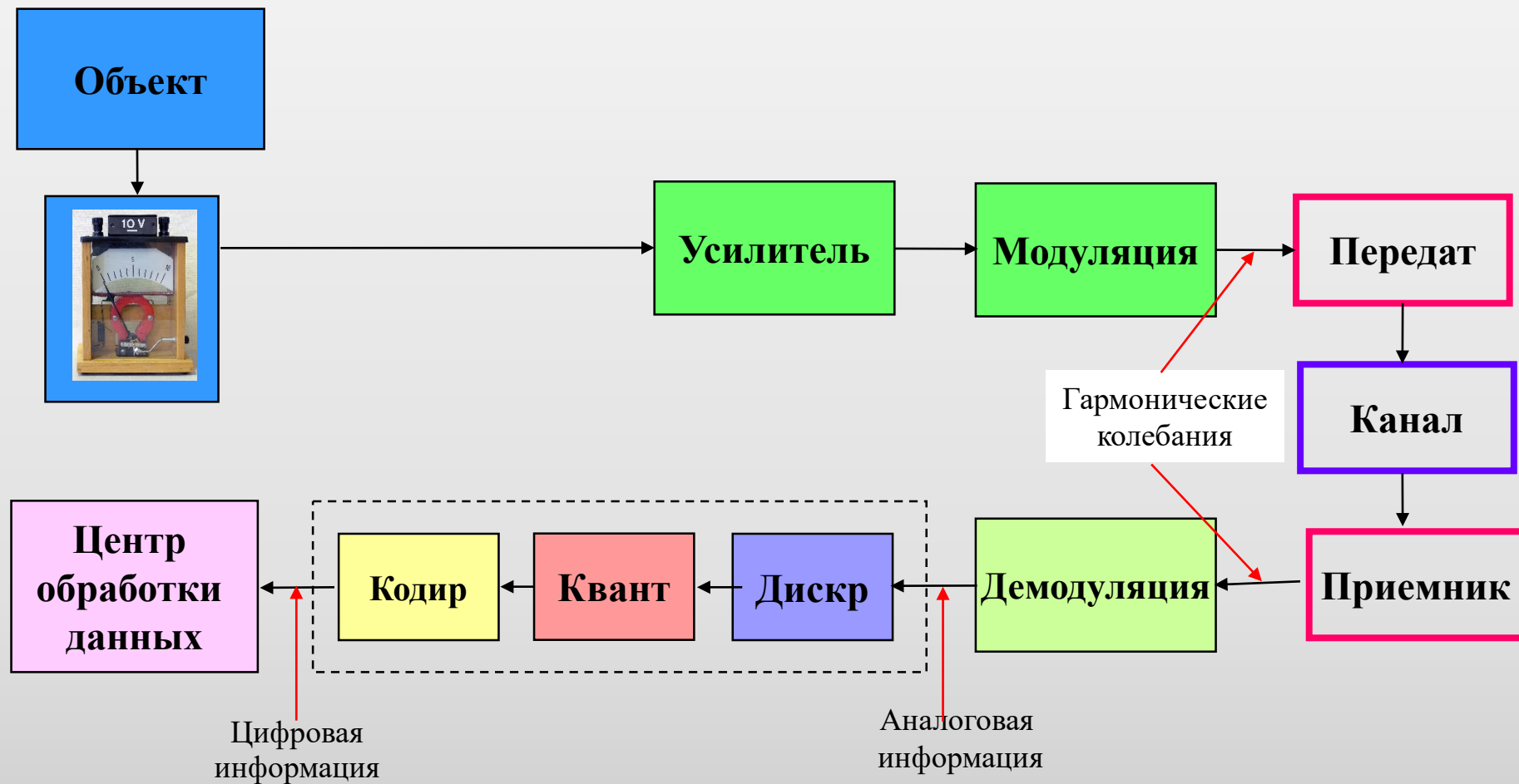
ASK - модулированный сигнал





Тема 2.2.: Аналоговые методы передачи измерительной информации

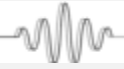
Аналого-цифровая информационно-измерительная система (АЦ ИИС)





Амплитудная модуляция

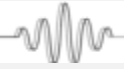
Сигнал и его носитель



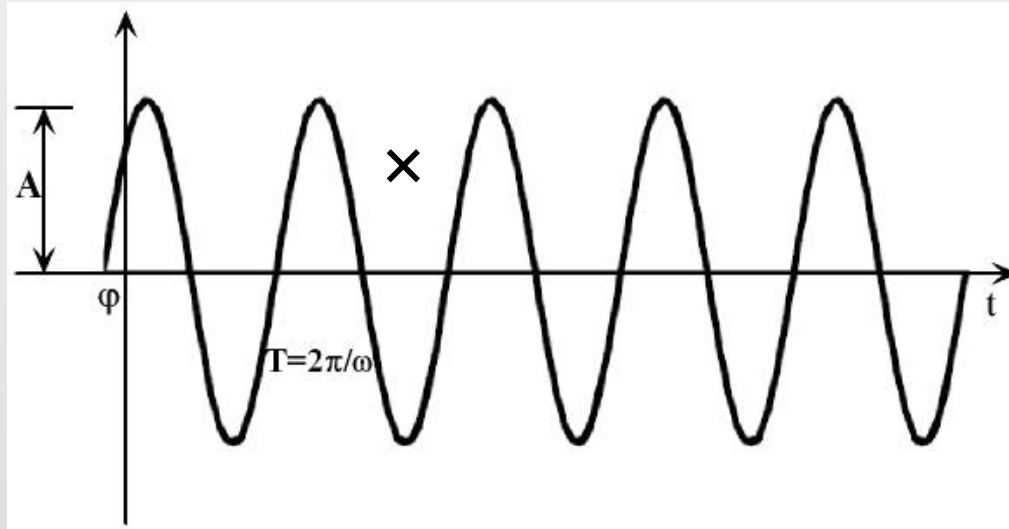
Определение 2. Сигнал - это сложный, изменяющийся во времени $t \in \mathbf{R}_t^1$ и распространяющийся в пространстве $\mathbf{R}_{sp}^3$ физический процесс, переносящий по этому пространству информацию или сообщения, математической моделью которого служит функция $f(t, x, y, z | \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p)$, зависящая от времени $t \in \mathbf{R}_t^1$, трех пространственных координат $(x, y, z) \in \mathbf{R}_{sp}^3$, и содержащая некоторое количество неизвестных параметров $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p)$, в которых ``записаны" каким-либо образом переносимые сообщения

Параметры $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p)$ называются **информационными**, так как они ``содержат" передаваемую информацию. Информация либо ``естественным" образом отображается в эти параметры в результате взаимодействия наблюдаемой системы с физическим процессом, либо она является результатом их сознательного изменения с помощью специально созданной для этой цели системы, называемой **модулятором**

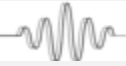
Параметры сигнала



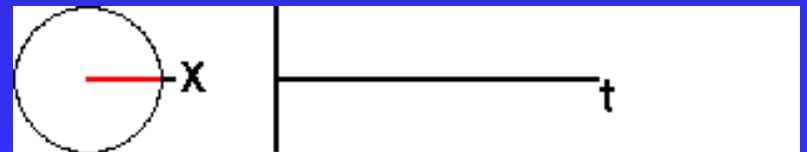
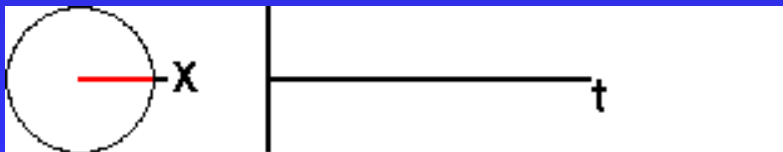
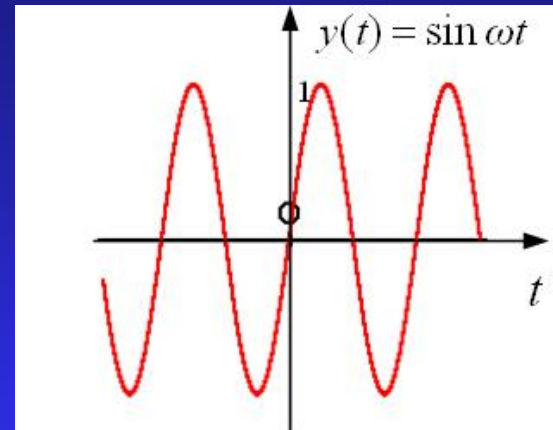
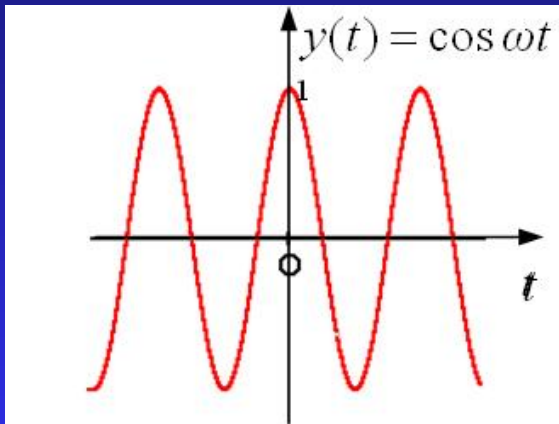
$$y = A \sin(\omega t + \varphi) = f(t | \theta_1, \theta_2, \theta_3)$$



Типовые сигналы



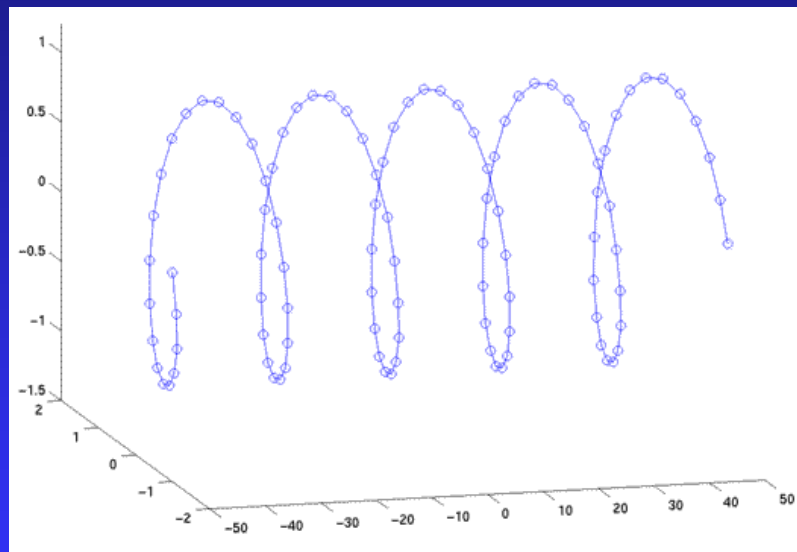
Гармонические колебания



Типовые сигналы



Гармоническое колебание $y(t) = \sin \omega t + i \sin \omega t$



Модуляция и демодуляция



Определение 3. Процесс изменения параметров сигнала во времени в такт с изменениями в передаваемых сообщениях $s_1(t), s_2(t), \dots, s_p(t)$, а именно

$$MOD: f(t, \mathbf{r} | \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p) \rightarrow f(t, \mathbf{r} | \theta_1[s_1(t)], \theta_2[s_2(t)], \dots, \theta_p[s_p(t)])$$

называется **модуляцией сигнала**

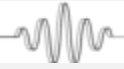
Определение 4. Процесс оценки параметров сигнала с целью вычленения сообщений $s_1(t), s_2(t), \dots, s_p(t)$, а именно

$$DEMOD: f(t, \mathbf{r} | \theta_1[s_1(t)], \theta_2[s_2(t)], \dots, \theta_p[s_p(t)]) \rightarrow (s_1(t), s_2(t), \dots, s_p(t))$$

называется **демодуляцией сигнала**.

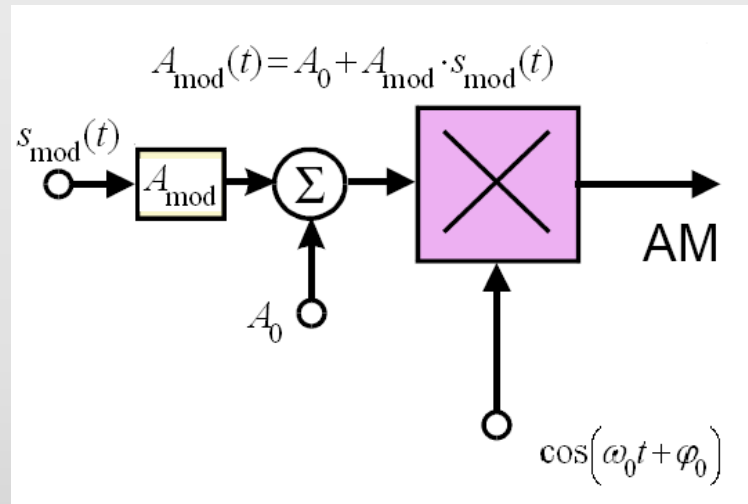


Амплитудная модуляция

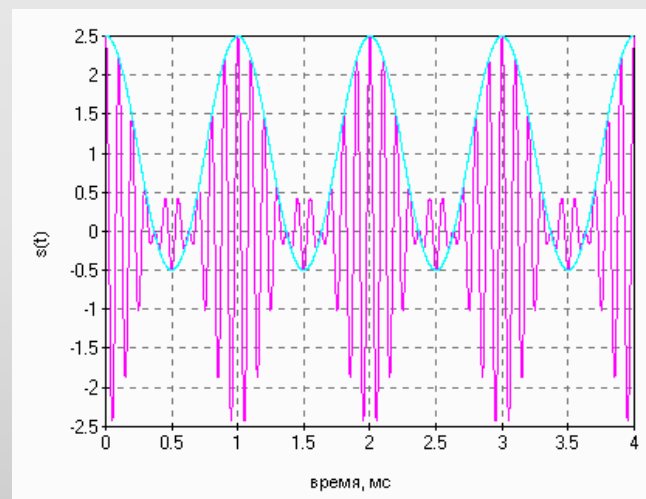
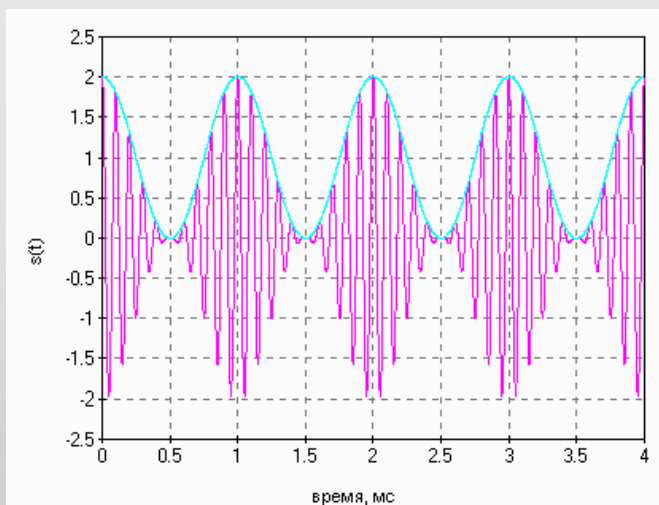
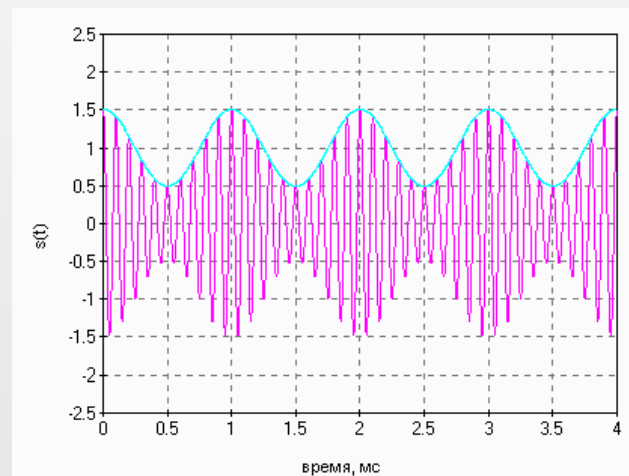
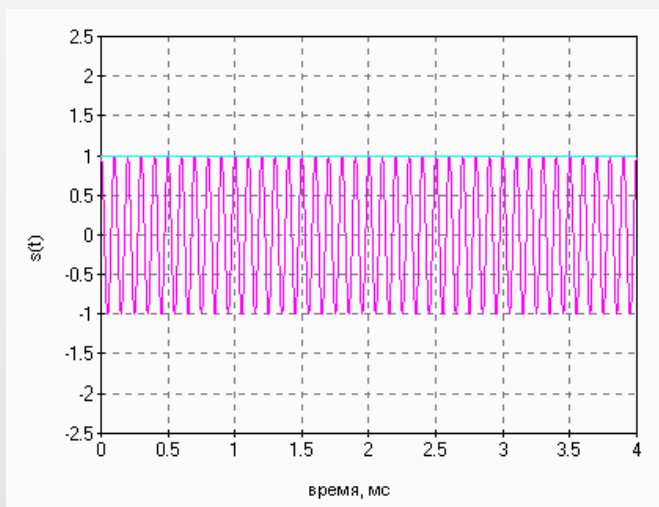


$$s_{AM}(t) = A_{\text{mod}}(t) \cdot \cos(\omega_0 t + \psi + \varphi_0)$$

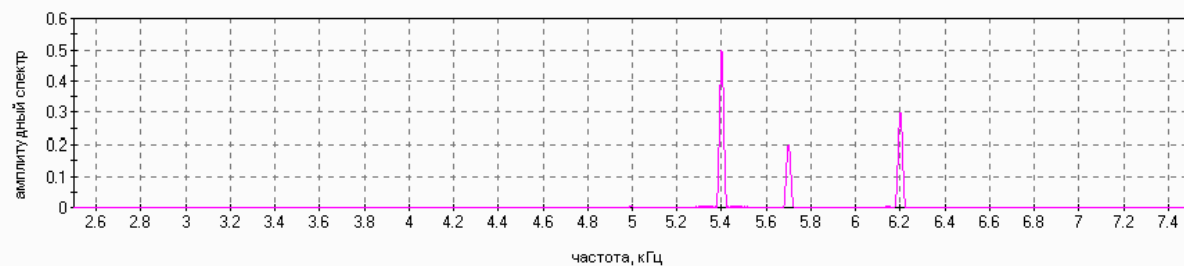
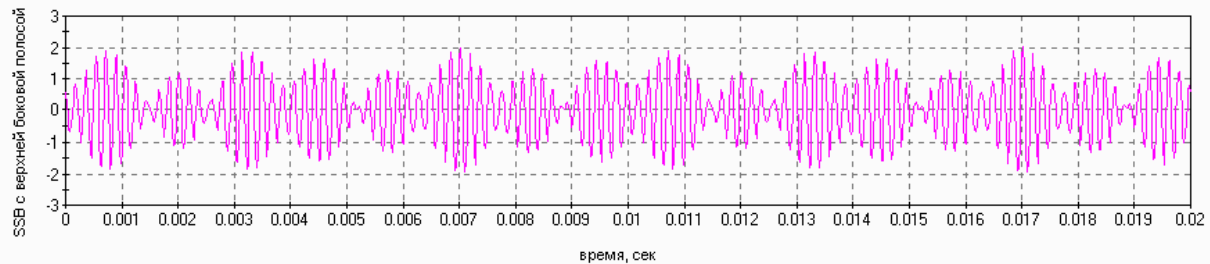
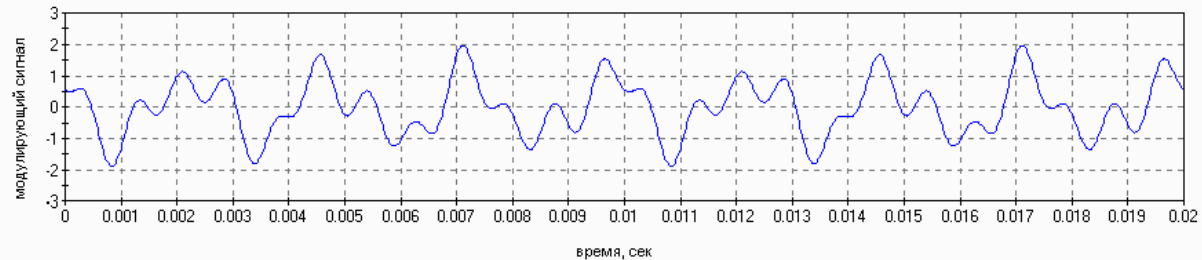
$$A_{\text{mod}}(t) = (A_0 + A_{\text{mod}} \cdot s_{\text{mod}}(t)) = A_0 \left(1 + \frac{A_{\text{mod}}}{A_0} \cdot s_{\text{mod}}(t) \right) = A_0 (1 + m \cdot s_{\text{mod}}(t))$$



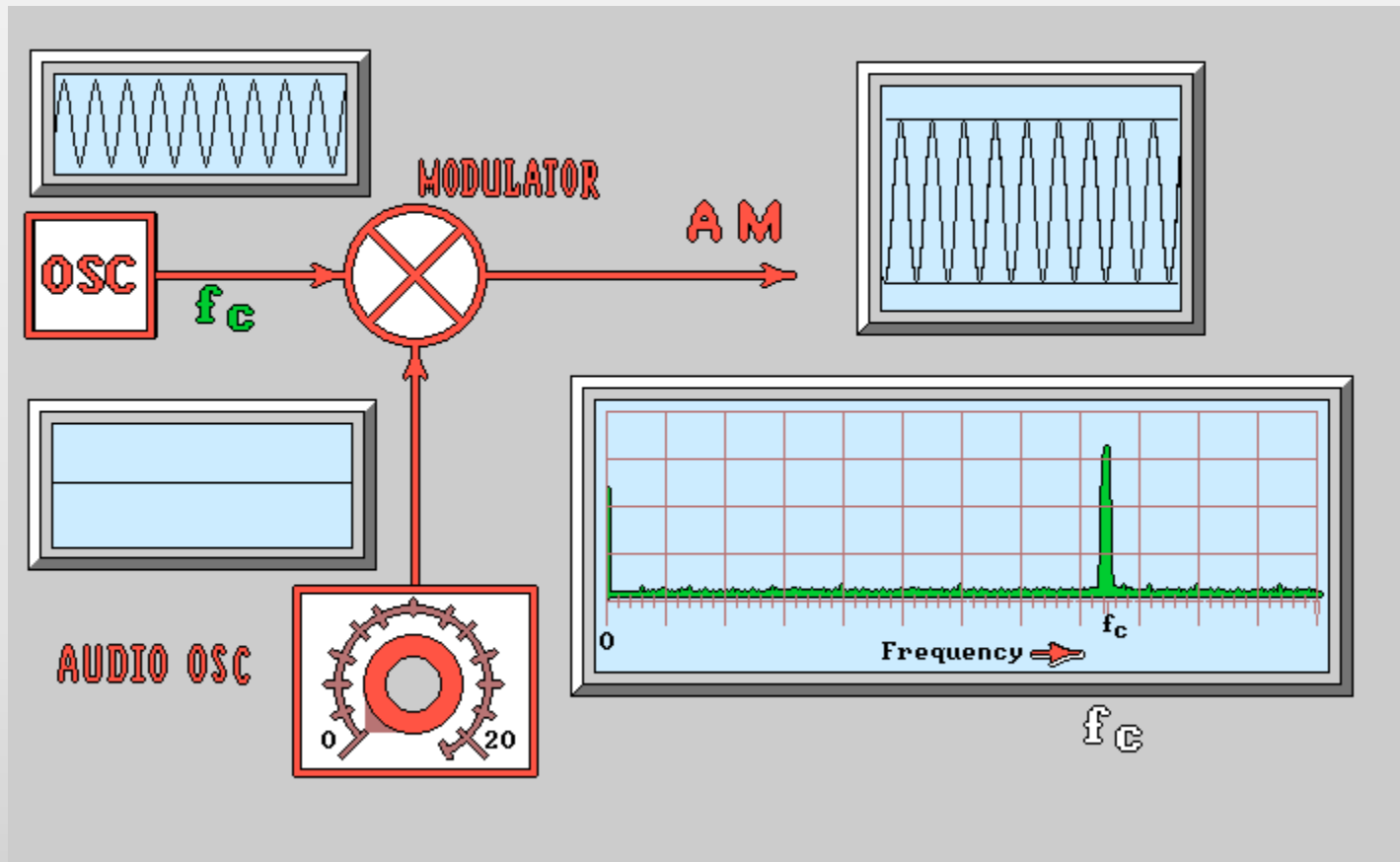
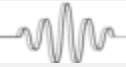
Глубина модуляции



Однополосная АМ



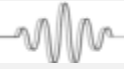
Амплитудный модулятор





Фазовая и частотная модуляции

Угловая (фазовая) модуляция - УМ



$$s(t) = A_0 \cos(\omega_0 t + \phi(t)) = A_0 \cos \Phi(t)$$

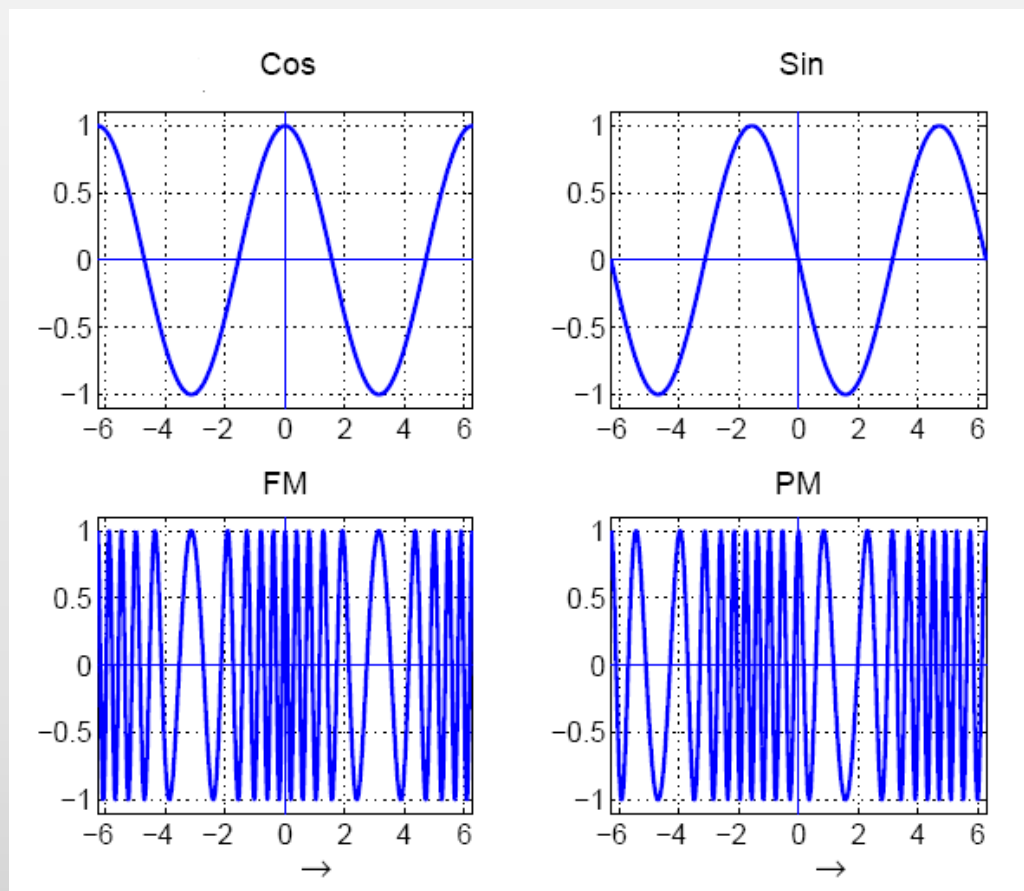
Определение. Радиосигнал, у которого полная фаза изменяется в соответствии с выражением:

$$\Phi(t) = \omega_0 t + m \cdot a_{\text{mod}}(t)$$

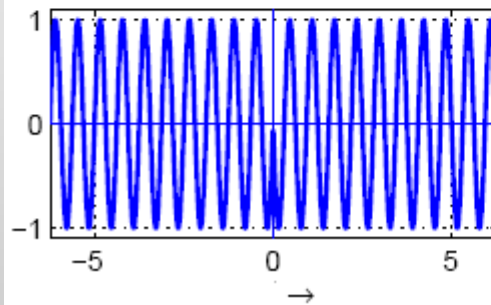
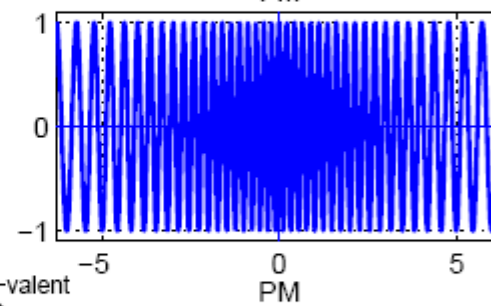
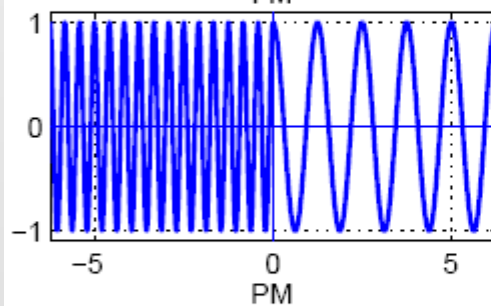
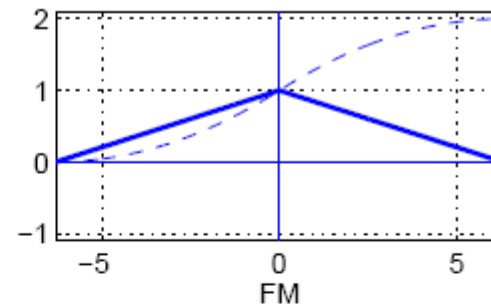
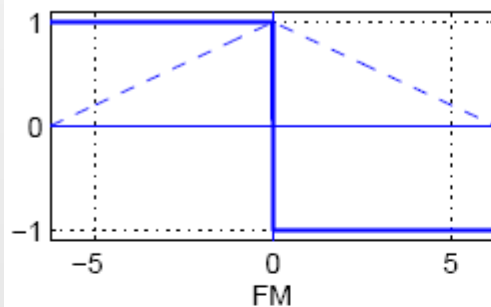
называется **модулированным по фазе**, где m - **индекс фазовой модуляции** или **девиация фазы**, а модулирующий сигнал по модулю не превосходит единицы



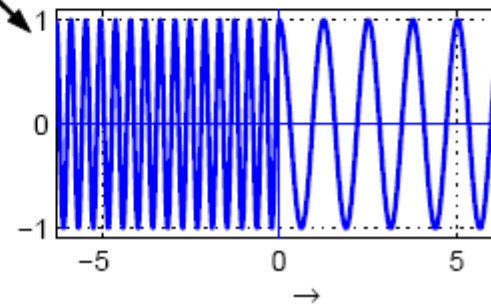
Примеры УМ



Примеры УМ



↙ aquí — valent ↘



Частотная модуляция - ЧМ



$$s(t) = A_0 \cos(\omega(t)t + \phi)$$

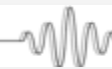
Определение. Радиосигналы, у которых мгновенная частота $\omega(t)$ изменяется в соответствии с выражением:

$$\omega(t) = \omega_0 + \Delta\omega_{\text{mod}} \cdot a_{\text{mod}}(t),$$

называются **модулированными по частоте**, где $\Delta\omega_{\text{mod}}$ - **индекс частотной модуляции** или **девиация частоты**, а модулирующий сигнал по модулю не превосходит единицы $|a_{\text{mod}}(t)| \leq 1$



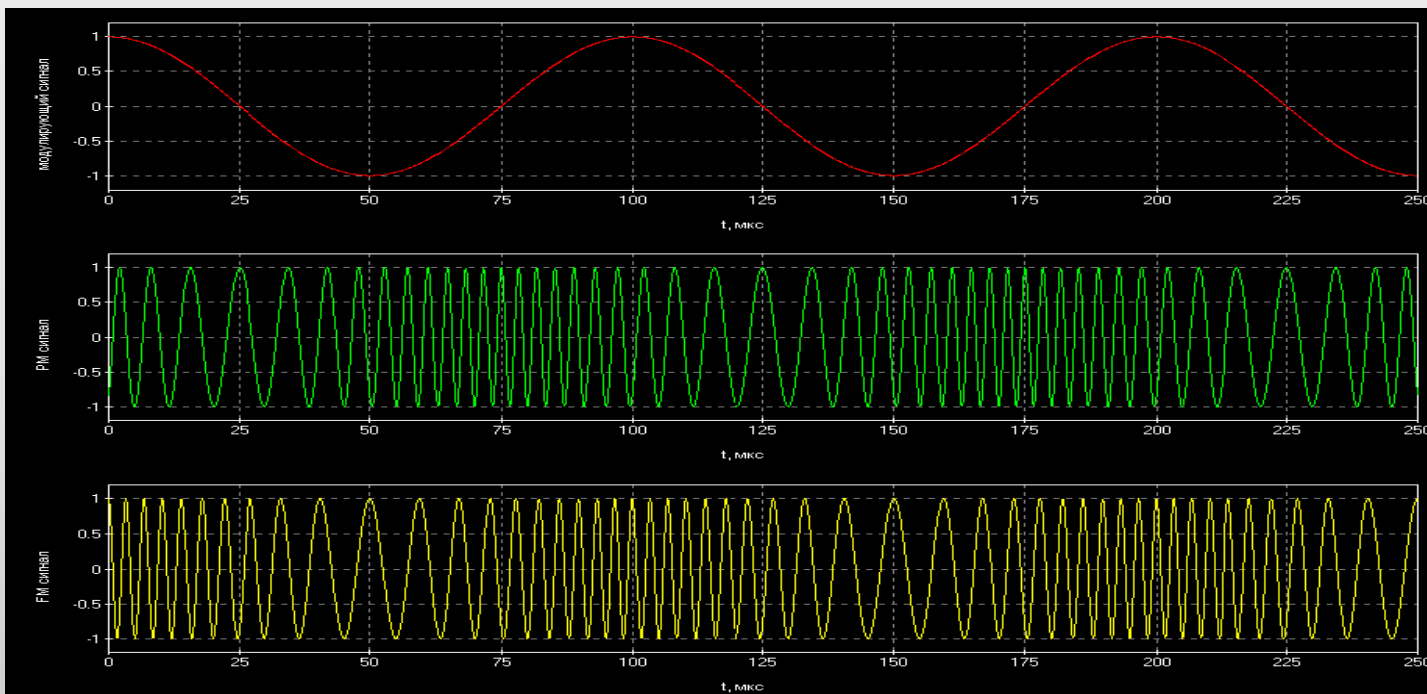
Фазовая модуляция



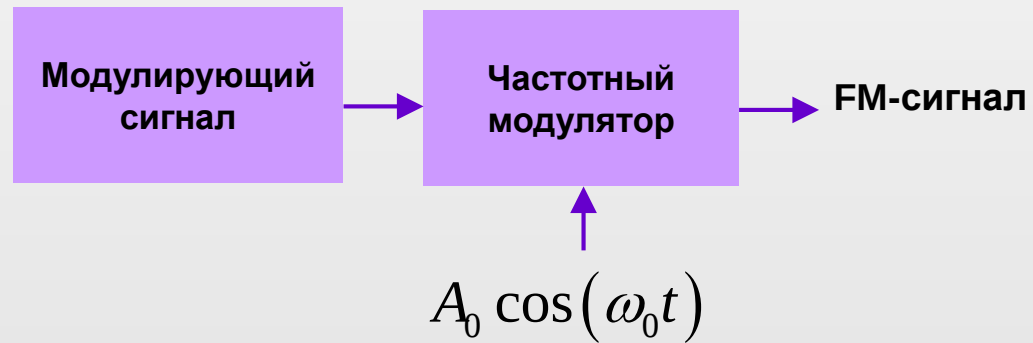
$$s_{PM}(t) = A_0 \cdot \cos(\omega_0 t + m \cdot \sin(\Omega t + \psi))$$

$$m = \frac{\Delta\omega_{\text{mod}}}{\Omega}$$

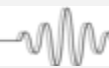
$$s_{FM}(t) = A_0 \cdot \cos\left(\omega_0 t + \frac{\Delta\omega_{\text{mod}}}{\Omega} \cos(\Omega t + \psi + \phi_0)\right)$$

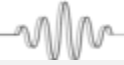


Частотный модулятор



ВОПРОСЫ





END

