

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# Модуль военно-технической (военно-специальной) подготовки

## Раздел №2. «Основы радиоэлектроники.

### Радиосвязное оборудование воздушных судов»

#### Тема № 4. Основы радиоэлектроники

Лекция № 21. Аналогово-цифровое преобразование сигналов. Дискретизация, квантование, кодирование. Цифровая модуляция. Импульсная модуляция. Цифровые (дискретные) сигналы

лектор - кандидат физико-математических наук,  
подполковник запаса  
**Межетов Муслим Амирович**

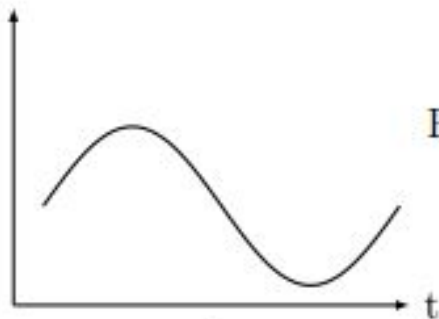
**Аналогово-цифровое преобразование сигналов.  
Дискретизация, квантование, кодирование.**

**Правило выбора частоты дискретизации  $f_d$   
(Найквиста-Котельникова)**

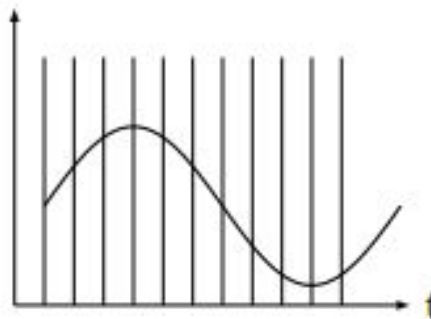
$$f_d = 2 f_{\max}$$

где  $f_{\max}$  — максимальная присутствующая частота

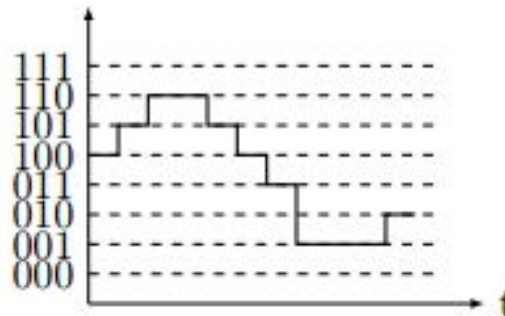
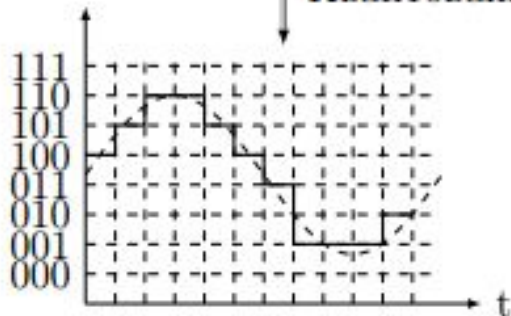
# Аналогово-цифровое преобразование сигналов



Выборка

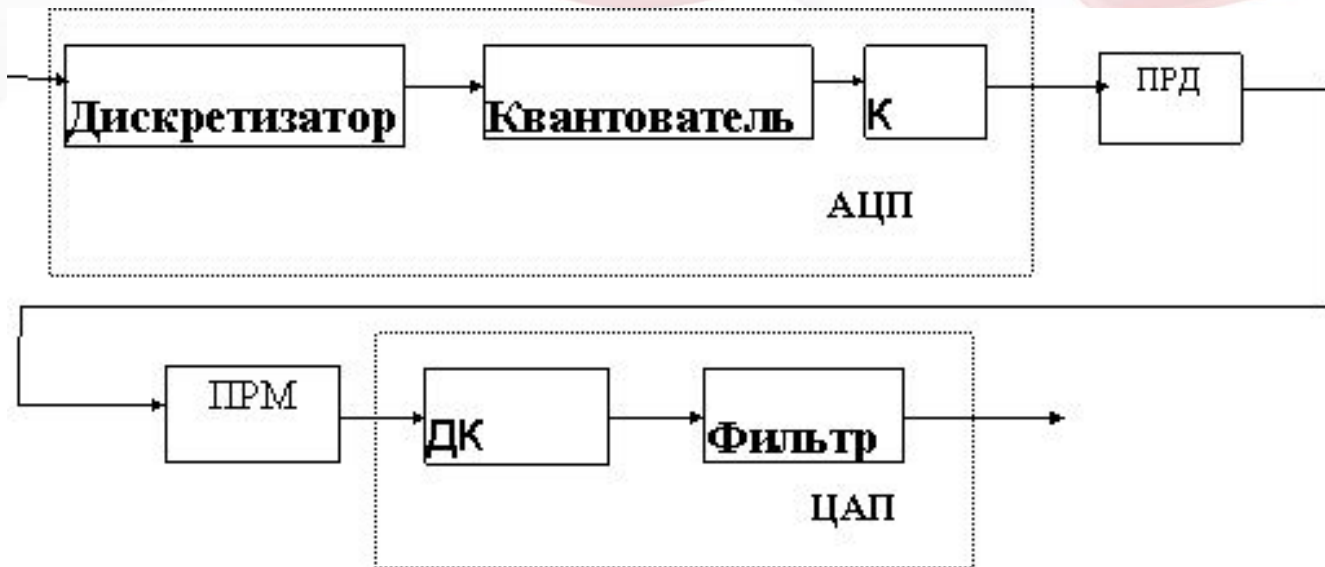


Квантование

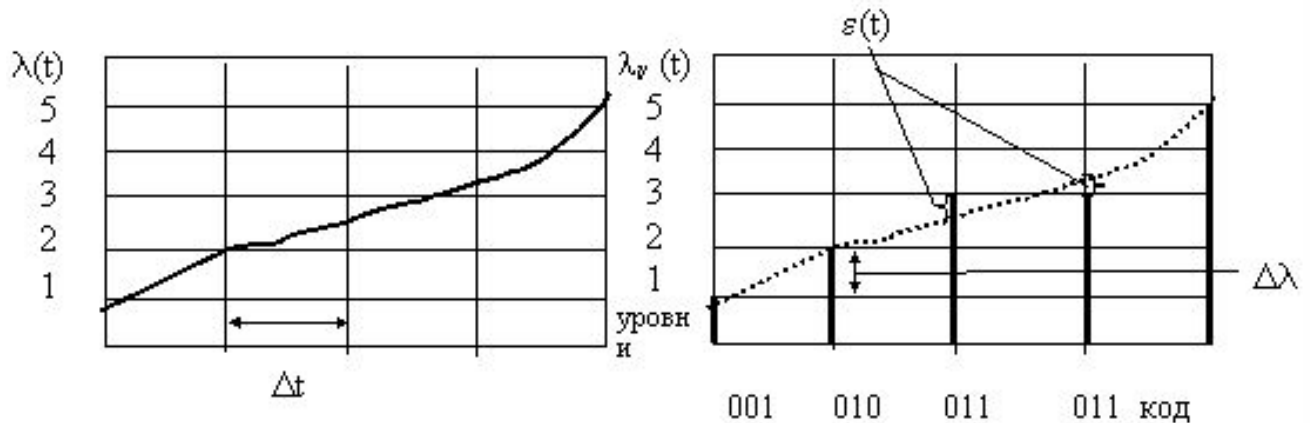


# Цифровая модуляция

Схема системы связи с ИКМ (импульсно кодовая модуляция)

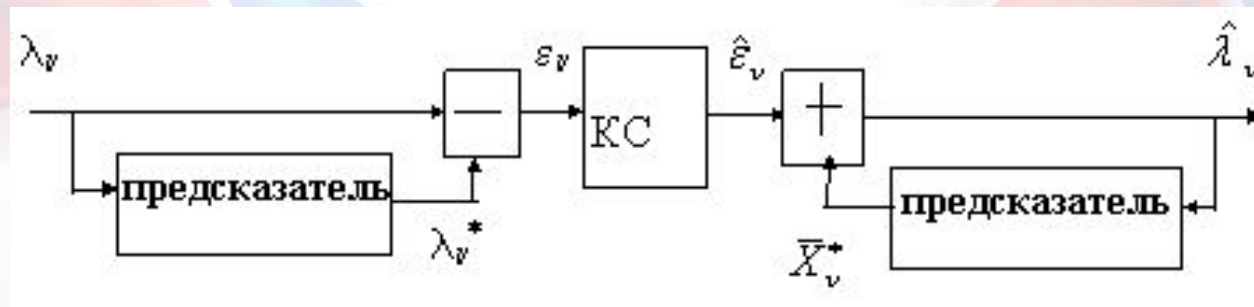


На практике процедуры, как дискретизация, квантование и кодирование осуществляется совместно в одном устройстве, называемом аналого-цифровым преобразователем (АЦП). Квантование по уровням заключается в том, что измеряется мгновенное значение непрерывного сообщения (отсчета) и ему присваивается один уровень из общего числа возможных. Число уровней квантования зависит от характера передаваемого сообщения.



Преобразование сигналов при ИКМ

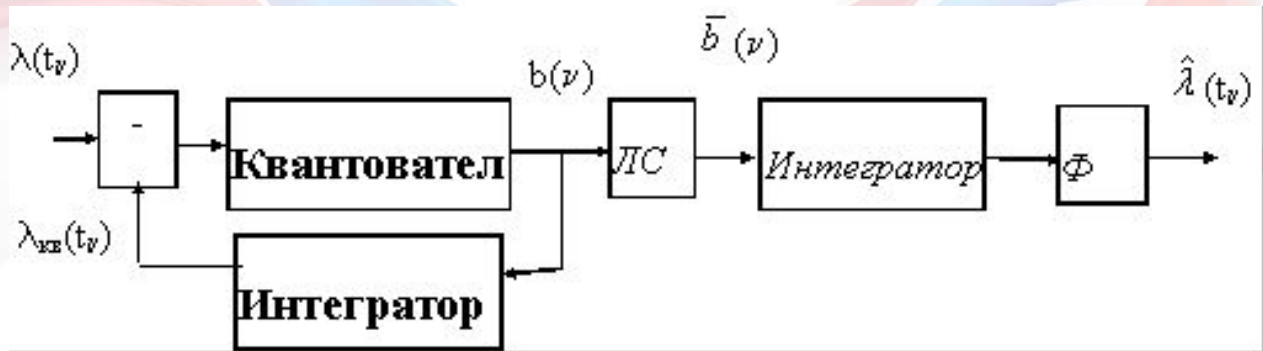
# Дифференциальная импульсно-кодовая модуляция



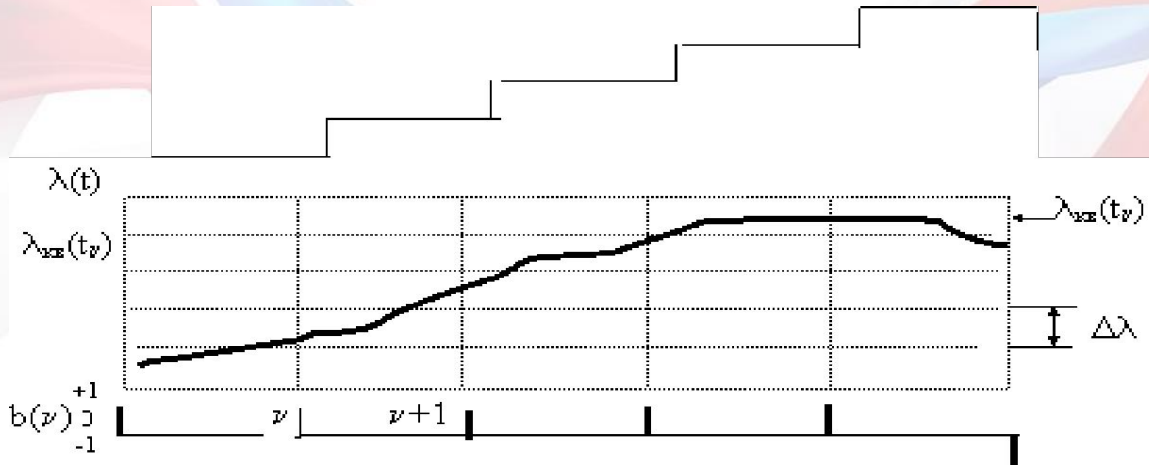
Структурная схема системы с ДИКМ

При передаче речи, телевизионных изображений, данных телеметрии между отсчетами передаваемых сообщений имеются корреляционные связи. Наличие таких взаимосвязей позволяет прогнозировать значения отсчетов, исходя из значений предыдущих отсчетов. При ДИКМ квантуется не отсчет, а разность между предсказанным и истинным значениями отсчета

## Дельта-модуляция (ДМ)



Величина разностного сигнала  $\varepsilon_{\nu}$  зависит от степени корреляции между соседними значениями сигнала, сдвинутыми на тактовый интервал  $D$ . По мере уменьшения  $D$  корреляция возрастает и  $\varepsilon_{\nu}$  уменьшается. Если выбрать значение  $D$  настолько малым, что не будет превышать одного шага квантования  $\Delta \lambda$ , то передачу  $\varepsilon_{\nu}$  можно осуществлять двухуровневым сигналом, используя при этом одноразрядный код. Такой способ кодирования называют дельта-модуляцией.



## Графики, поясняющие принцип формирования сигналов ДМ

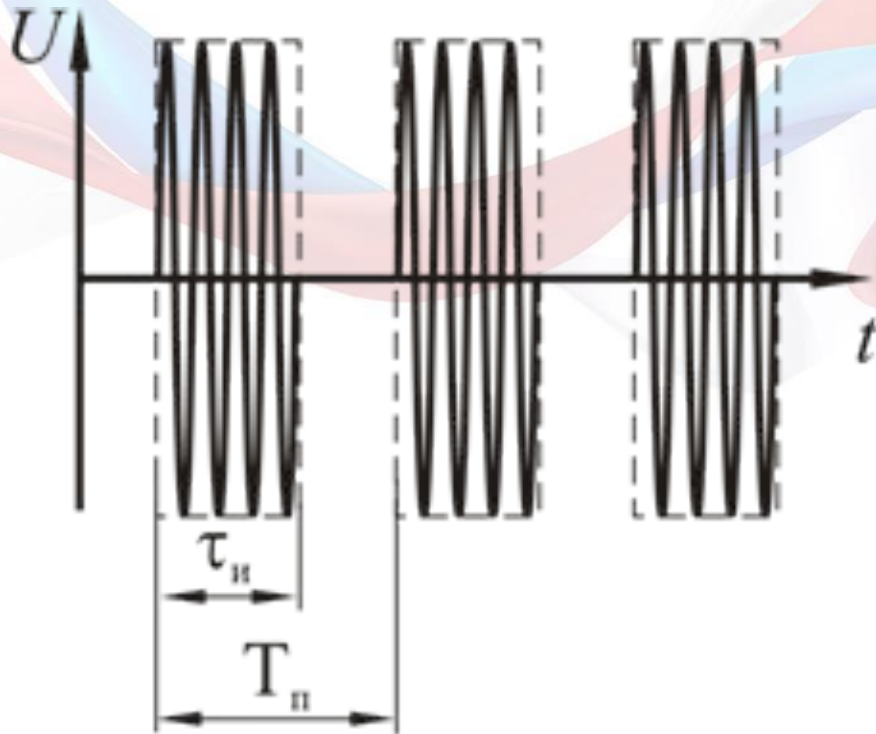
Каждый импульс +1 увеличивает, а каждый импульс -1 уменьшает ступенчатую функцию на один шаг квантования, т.е. при ДМ соседние значения ступенчатой функции различаются обязательно на один шаг квантования.



## Импульсная модуляция

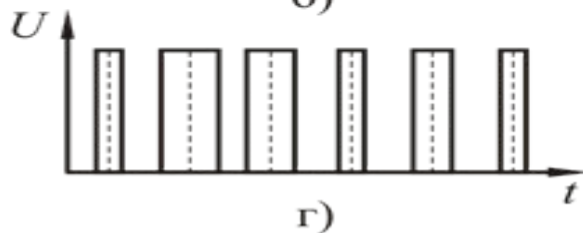
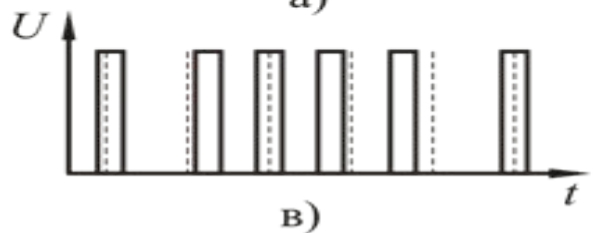
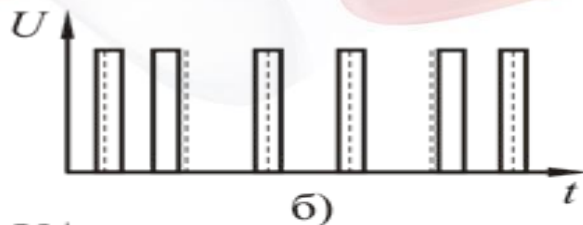
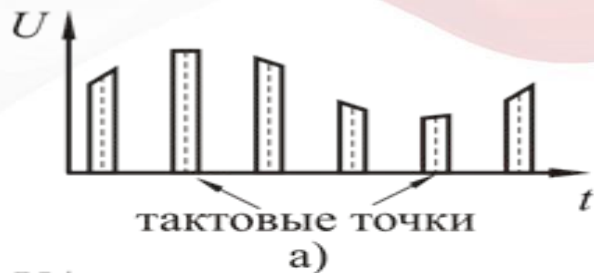
В радиоустройствах устанавливаемых на борту воздушного судна в импульсном режиме работают радиопередающие устройства радиолокационных, радионавигационных и радиосвязных систем.

Импульсной модуляцией называется модуляция, при которой высокочастотные колебания генератора модулируются по амплитуде периодической последовательностью прямоугольных видеоимпульсов. Радиоимпульсы, излучаемые импульсными передающими устройствами, по форме должны быть близкими к прямоугольным. Форма огибающей радиоимпульса определяется главным образом формой модулирующего видеоимпульса.



Прямоугольные радиоимпульсы

В радиопередатчиках может использоваться несколько видов импульсной модуляции. На рисунке представлены последовательности модулирующих импульсов, используемые при импульсной модуляции.



Последовательности модулирующих импульсов:

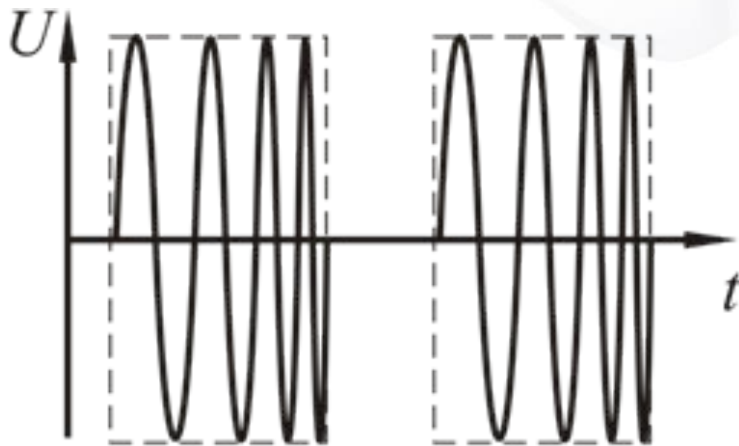
- а) амплитудно-импульсная модуляция; б) частотно-импульсная модуляция; в) фазоимпульсная модуляция; г) широтно-импульсная модуляция (ШИМ)

Импульсную модуляцию широко используют в многоканальной радиосвязи с временным уплотнением. Она организуется следующим образом. Каждый передаваемый сигнал модулирует свою последовательность импульсов. Затем последовательности в определенной очередности вводятся в общий тракт передатчика, так что между импульсами одного канала размещаются импульсы других каналов, не перекрываясь. На выходе приемника импульсы разделяются по своим каналам, где и выделяется переданная информация.

В передатчиках авиационных радиотехнических систем находит применение и считается перспективной комбинированная модуляция.

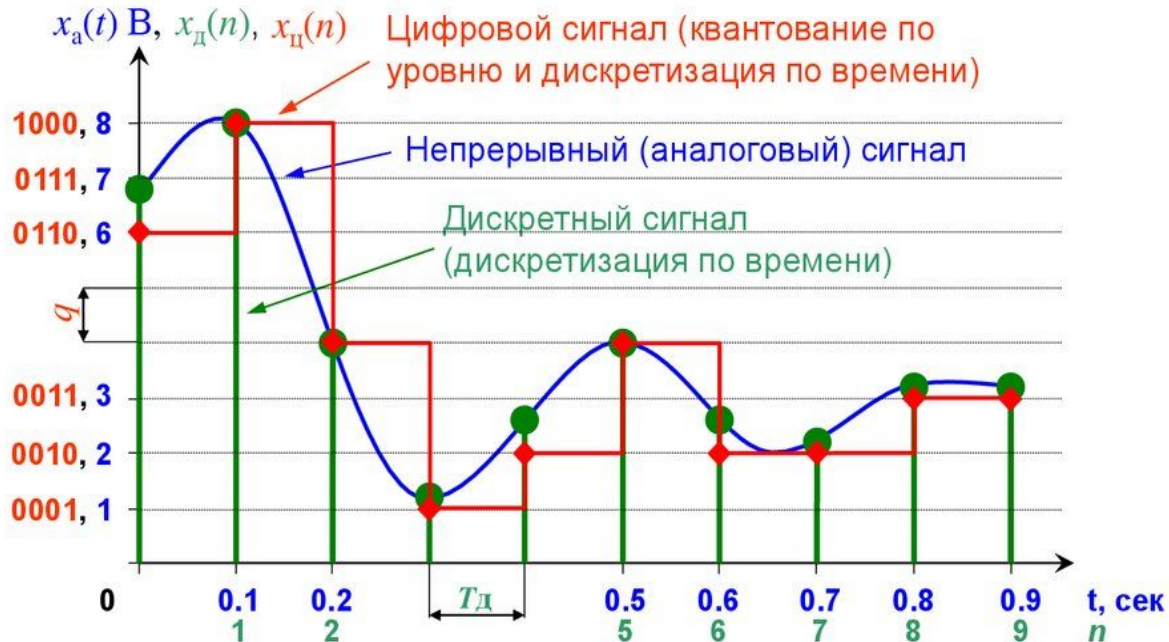
Комбинированной модуляцией принято называть такую, при которой по закону модулирующих сигналов изменяется не менее двух параметров несущей.

В связных самолетных радиостанциях метровых и дециметровых волн, например, возможна комбинированная модуляция в варианте АМ-ЧТ (амплитудная модуляция – частотная телеграфия), в радиолокационных станциях применяется внутриимпульсная частотная и фазовая модуляции



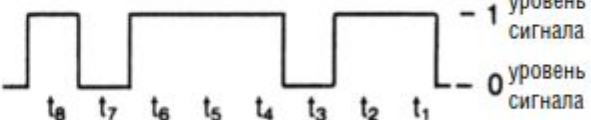


Комбинированная модуляция

# Аналоговый, дискретный и цифровой сигналы



$T_d = 1/f_d$  – шаг дискретизации,  $f_d$  – частота дискретизации,  $q$  – шаг квантования

	биты								последовательность сигналов, передаваемых по линии связи
	$d_7$	$d_6$	$d_5$	$d_4$	$d_3$	$d_2$	$d_1$	$d_0$	
двухзначный код числа 234	1	1	1	0	1	0	1	0	
код буквы T в кодировке ASCII	0	1	0	1	0	1	0	0	
двухзначные коды трех команд		0							

Использование последовательного цифрового двоичного кода для передачи сигналов

# ВЫВОДЫ

---



- Таким образом, на сегодняшнем занятии рассмотрены вопросы: Аналогово-цифровое преобразование сигналов. Дискретизация, квантование, кодирование. Цифровая модуляция. Импульсная модуляция. Цифровые (дискретные) сигналы.



# **Задание на самостоятельную работу**

*Прочитав конспект лекций ответить на следующие вопросы:*

- 1. Из каких условий выбирается частота дискретизации сигнала?**
- 2. Изобразить этапы аналого-цифрового преобразования?**
- 3. В чем заключается особенность импульсно кодовой модуляции?**
- 4. В чем заключается особенность ДИКМ модуляции?**
- 5. В чем заключается особенность дельта модуляции?**
- 6. Какие существуют виды импульсной модуляции, в чем особенность каждой из них?**
- 7. Какие виды комбинированной модуляции Вы знаете?**
- 8. Чем отличаются аналоговые, дискретные и цифровые сигналы?**
- 9. Изобразить вид сигнала для кодовой комбинации 110010101100 при последовательной передаче данных?**