

## **Факультет Фундаментальной подготовки**

### **Кафедра Теории электрических цепей и связи (ТЭЦ и С)**

располагается на 3,5 и 6-м этажах

В аудиториях №607, №609, №611, 510,512, 516.

Дисциплина

## **Общая теория связи**

*Лектор:*

Заведующий кафедрой  
**Шумаков Павел Петрович**

# **Лекция № 1**

## **Общие сведения о системах электросвязи**

### **Учебные вопросы:**

#### **Введение**

- 1. Понятие информации, сообщения, сигнала.**
- 2. Модель системы передачи информации.**
- 3. Классификация сигналов в каналах связи.**

#### **Заключение**

# Трудоёмкость учебной дисциплины ОТС 7 ЗЕ (1 ЗЕ=36

Вид учебной работы	Часов) Всего часов	Семестры	
		3	4
Общая трудоемкость 7 ЗЕТ	252	108	144
<b>Контактная работа с обучающимися</b>	104.6	50.25	54.35
<b>в том числе:</b>			
Лекции	40	20	20
Практические занятия (ПЗ)	32	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	28	14	14
Защита контрольной работы	-	-	-
Защита курсовой работы	2	-	2
Защита курсового проекта	-	-	-
Промежуточная аттестация	2.6	0.25	2.35
<b>Самостоятельная работа обучающихся (СРС)</b>	113.75	57.75	56
<b>в том числе:</b>			
Курсовая работа	20	-	20
Курсовой проект	-	-	-
И / или другие виды самостоятельной работы:			
подготовка к лабораторным работам, практическим занятиям, контрольным работам, изучение теоретического материала.	85.75	49.75	36
Подготовка к промежуточной аттестации	41.65	8	33.65
<b>Вид промежуточной аттестации</b>		<b>Зачет</b>	<b>Экзамен</b>

**Роль и место дисциплины «Общая теория связи» в подготовке бакалавров по направлению подготовки бакалавров 11.03.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»**

**по направлению подготовки бакалавров 11.03.01 – «Радиотехника»**

**по направлению подготовки специалистов 11.05.04 - «Инфокоммуникационные технологии и системы специальной связи»**

В подготовке **бакалавров**, и магистров по направлению подготовки 11.03.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и 11.03.01 – «Радиотехника» фундаментальную роль играют дисциплины **«Общая теория связи»** и **«Радиотехнические цепи и сигналы»**, включенные в ФГОС-3+ в **Блок 1** в качестве обязательной части образовательной программы (Базовая часть).

**Общая теория связи** представляет собой теоретический фундамент, на котором основывается последующее изучение профессиональных и специальных дисциплин.

**Общая теория связи** представляет собой систему научно обоснованных взаимосвязанных положений, взглядов, концепций, составляющих основу мировоззрения специалиста в области телекоммуникаций. Изучение этой теории, в частности, должно дать человеку твердое, основанное на научном подходе представление о том, что в области техники связи можно сделать, а чего нельзя ни при каком уровне развития технологии.

## Литература:

1. **Теория электрической связи** :учебное пособие для студентоввысших учебных заведений /Биккенин Р. Р., Чесноков М. Н. –М.:Издательский центр «Академия», 2010. -336 с.
2. Сальников А.П. **Теория электрической связи**: конспект лекций. – СПб.: Изд-во «Линк», 2007. – 272 с.
- 3.Аджемов А.С., Санников В.Г. **Общая теория связи**. Учебник для вузов. –М.: Горячая линия –Телеком, 2018 .-624 с.
- 3.**Теория электрической связи**. Учебник для вузов / А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский, В. И. Коржик, М. В. Назаров; Под Ред. Д. Д. Кловского. — М.: Радио и связь, 1998. — 432 с.

## Основная литература:



В учебном пособии приведены основы теории сигналов. Рассмотрены методы формирования сигналов, синтеза и анализа помехоустойчивости оптимальных устройств обработки и фильтрации в условиях случайных помех. Представлены модели различных каналов телекоммуникаций. Дан анализ основных проблем передачи информации. Для студентов учреждений высшего профессионального образования, обучающихся по направлениям 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и 11.03.01 «Радиотехника».



## Дополнительная литература:

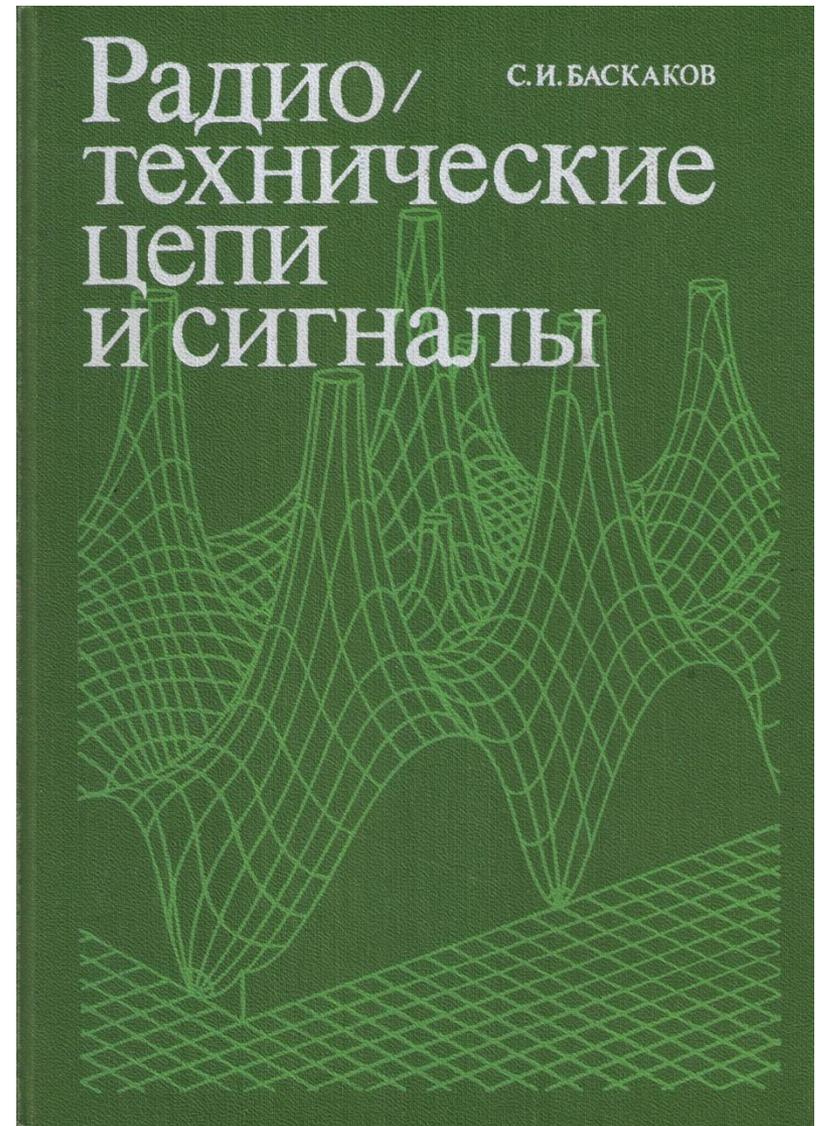
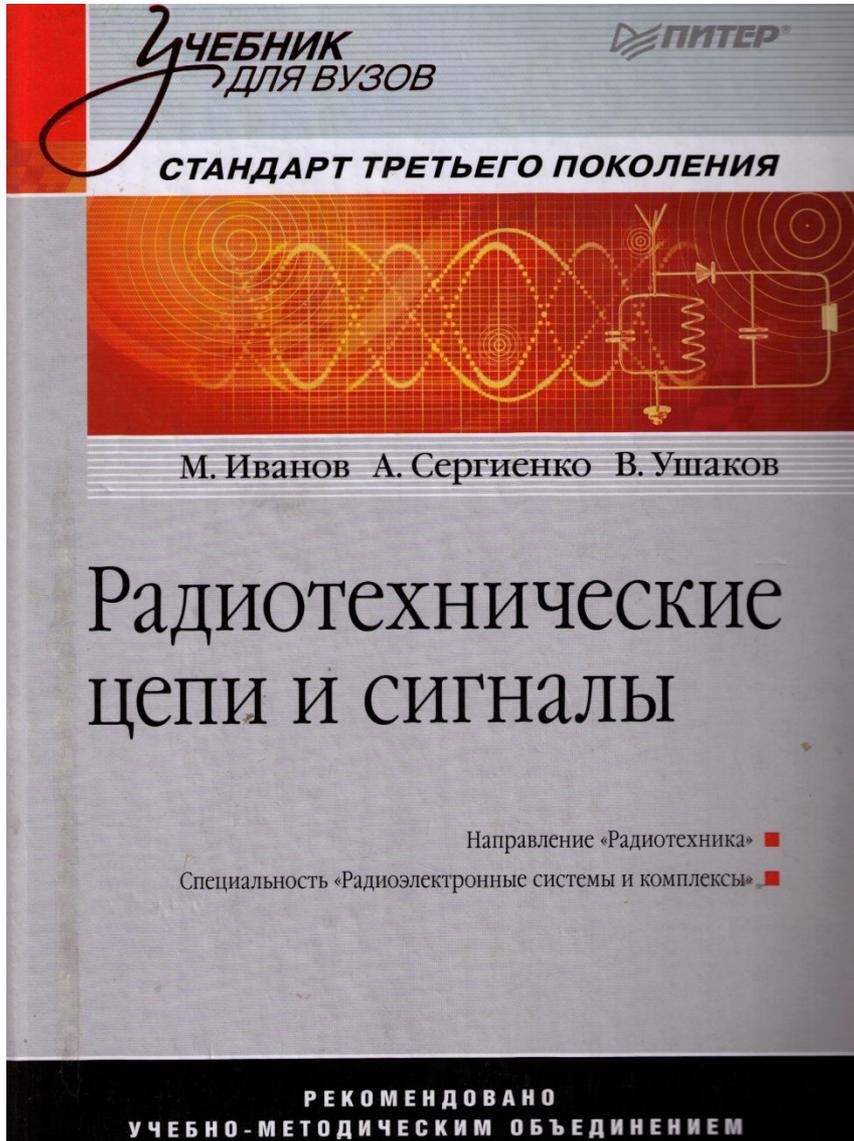
# ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Под редакцией профессора Д.Д.Кловского

*Рекомендовано Государственным комитетом РФ  
по связи и информатизации  
в качестве учебника для студентов вузов  
по специальностям  
"Сети связи и системы коммутации",  
"Многоканальные телекоммуникационные системы",  
"Радиосвязь, радиовещание и телевидение",  
а также для бакалавров  
по направлению "Телекоммуникации"*



МОСКВА  
"РАДИО и СВЯЗЬ"  
1999



# Программное обеспечение

1. **Mathcad** — система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования (CAD)  
<http://www.ptc.com/product/mathcad/>
2. **LabVIEW** (**L**aboratory **V**irtual **I**nstrumentation **E**ngineering **W**orkbench) — это среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования «G» [www.ni.com/labview/](http://www.ni.com/labview/)
3. **VisSim** — это визуальный язык программирования, предназначенный для моделирования динамических систем <http://www.vissim.com/>
4. **MATLAB** (сокращение от «*Matrix Laboratory*»), **SIMULINK** — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования <http://www.mathworks.com/>
5. **Mathematica** — система компьютерной алгебры  
<http://www.wolfram.com/mathematica/>

## **День радио – профессиональный праздник работников всех отраслей связи**

**7 мая (25 апреля по старому стилю) 1895 г.**

преподаватель Минного офицерского класса (г. Кронштадт) **Александр Степанович Попов** на заседании Русского физико-химического общества в Санкт-Петербургском университете сделал доклад на тему: «Об отношении металлических порошков к электрическим колебаниям» и продемонстрировал в работе первый в мире радиоприемник.

**Из Постановления Совета народных комиссаров СССР от 04 мая 1945 г.:**

В ознаменование 50-летия со дня изобретения радио русским ученым А. С. Поповым, исполняющегося 7 мая 1945 г., СНК Союза ССР постановил: учитывая важнейшую роль радио в культурной и политической жизни населения и для обороны страны, в целях популяризации достижений отечественной науки и техники в области радио и поощрения радиолюбительства среди широких слоев населения, **установить 7 мая ежегодный «День радио».**

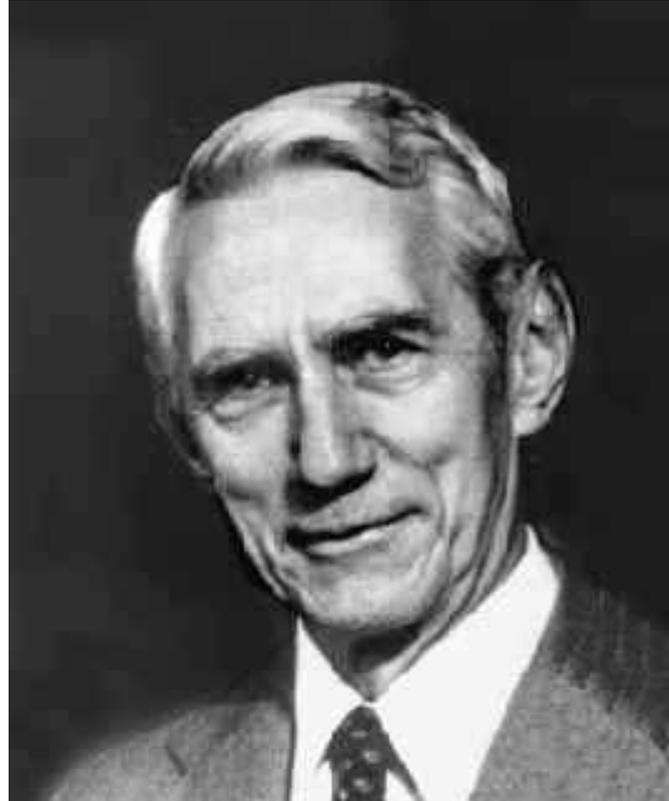
**Создатель радио профессор Александр Степанович Попов**  
**(04.03.1859-31.12.1905)**



**Академик Владимир Александрович Котельников**  
**(06.09.1908-11.02.2005)**

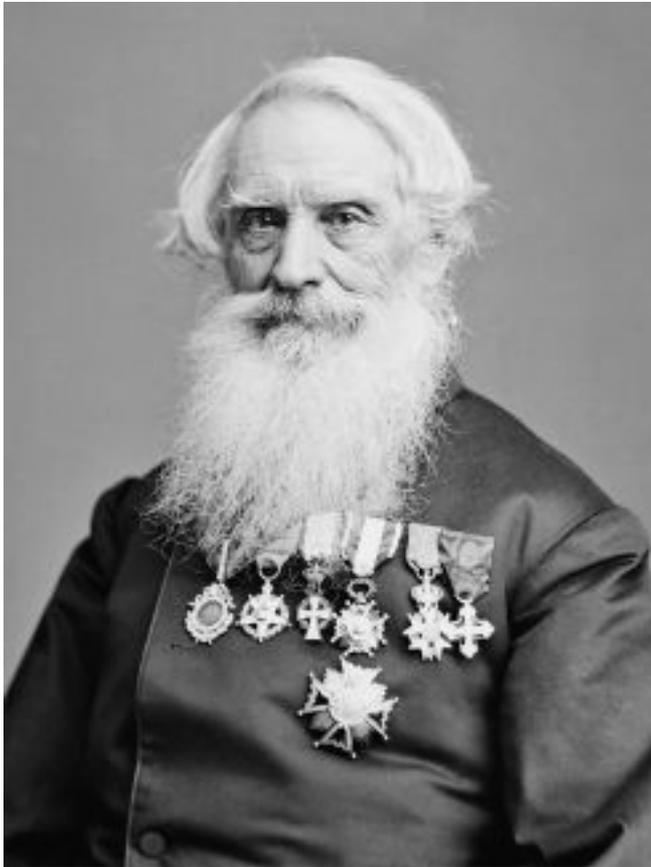


**Клод Элвуд Шеннон**  
(30.04.1916 — 24. 02.2001),  
американский математик, создатель теории информации



# Сэмюэль Морзе (1791-1872),

создатель телеграфного кода, названного его именем

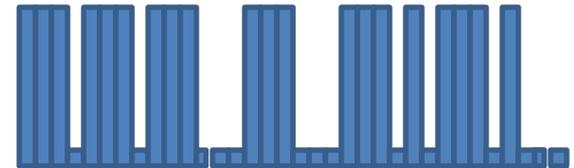


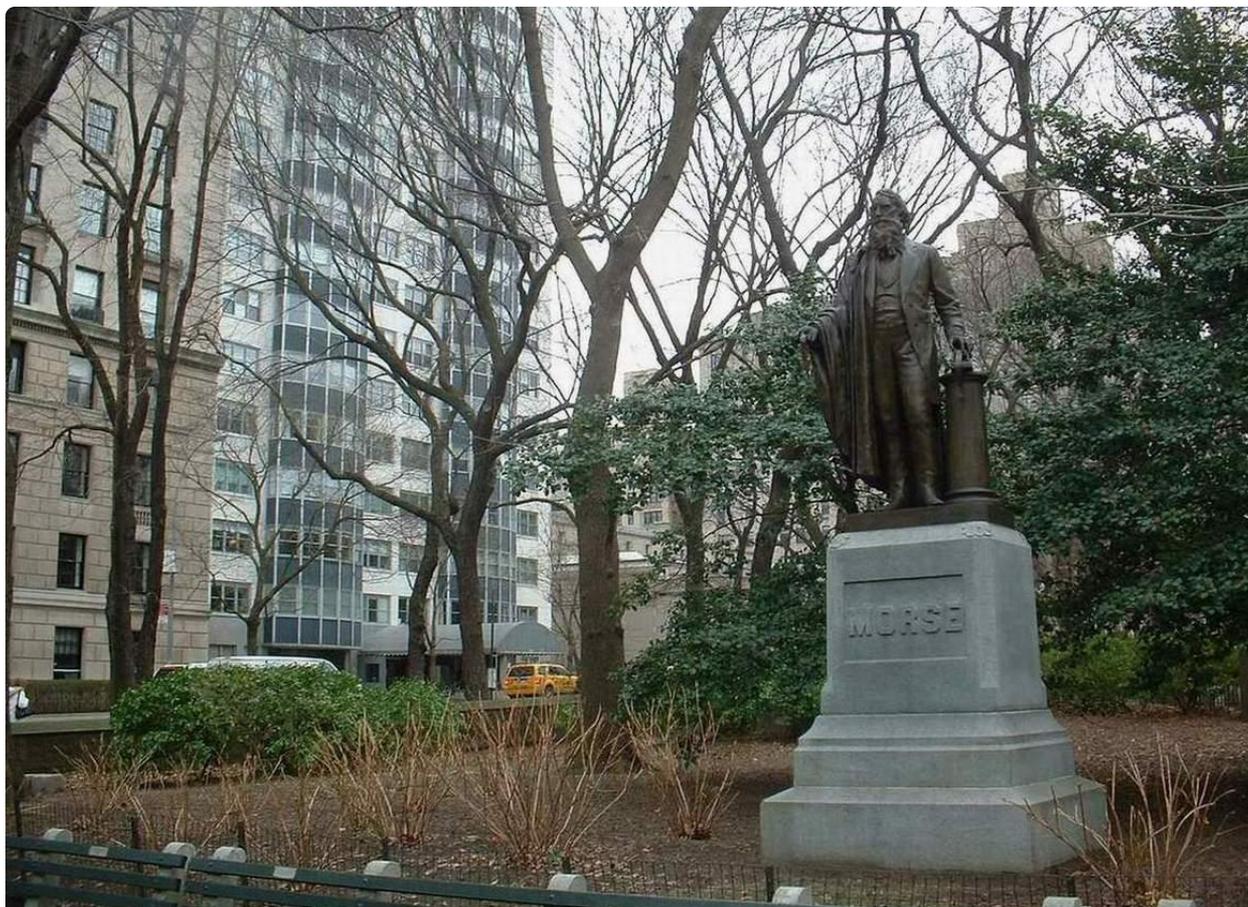
## INTERNATIONAL MORSE CODE

1. A dash is equal to three dots.
2. The space between parts of the same letter is equal to one dot.
3. The space between two letters is equal to three dots.
4. The space between two words is equal to five dots.

A	• —	U	• • —
B	— • • •	V	• • • —
C	— • • • •	W	— • —
D	— • •	X	— • • —
E	•	Y	— • — —
F	• • — •	Z	— • • •
G	— — •		
H	• • • •		
I	• •		
J	• — — —		
K	— • —	1	— — — — —
L	— • • •	2	• — — — —
M	— —	3	• • — — —
N	— •	4	• • • • —
O	— — — —	5	• • • • •
P	• — — •	6	• • • • •
Q	— — • •	7	— • • • •
R	• — • •	8	— • — • •
S	• • •	9	— — — — •
T	—	0	— — — — —

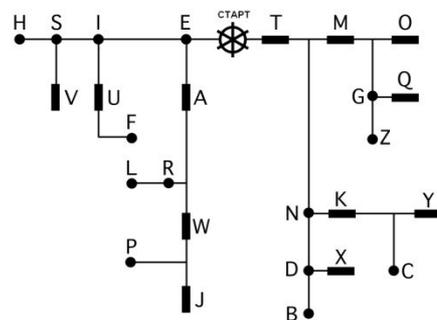
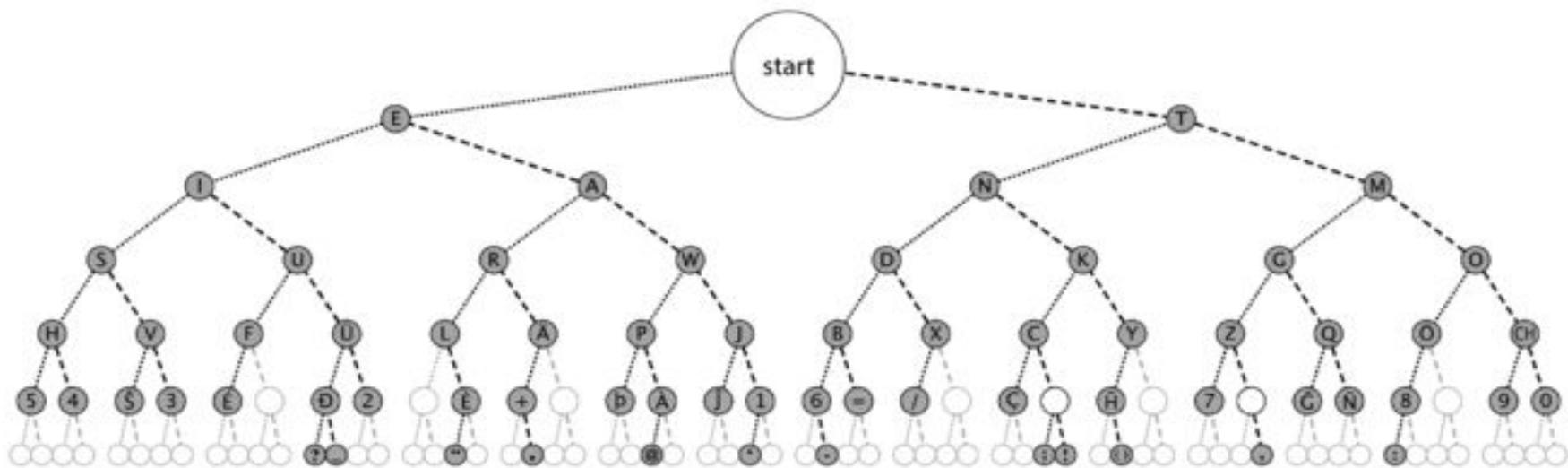
Первое сообщение  
24.05.1844







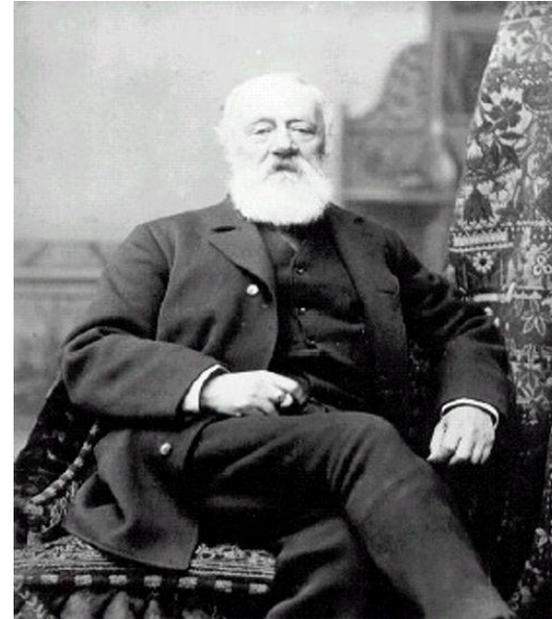
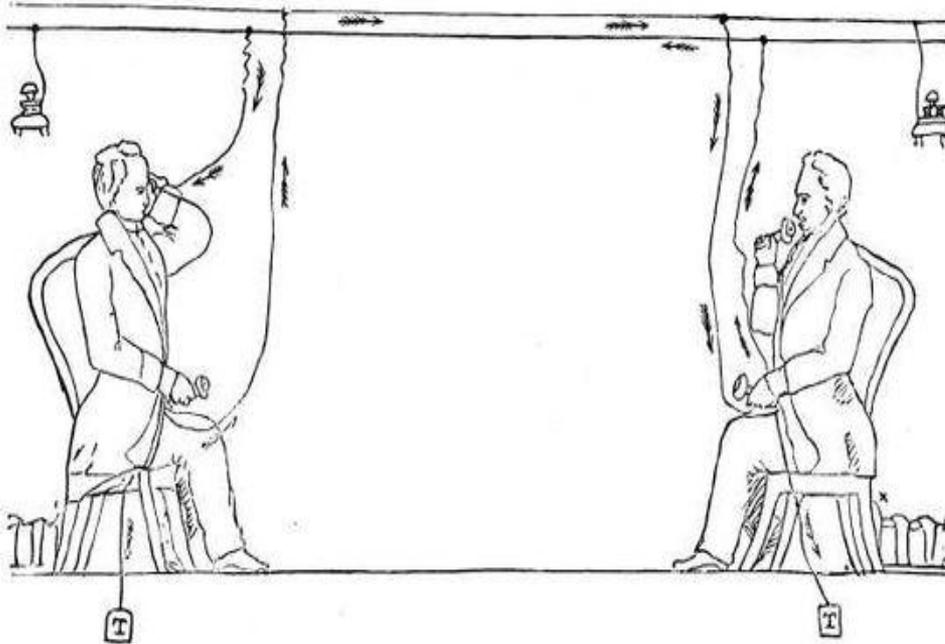
## Дерево (граф) кодирования символов в коде Морзе





# Телефон Антонио Меуччи

(рисунок Несторо Корради)



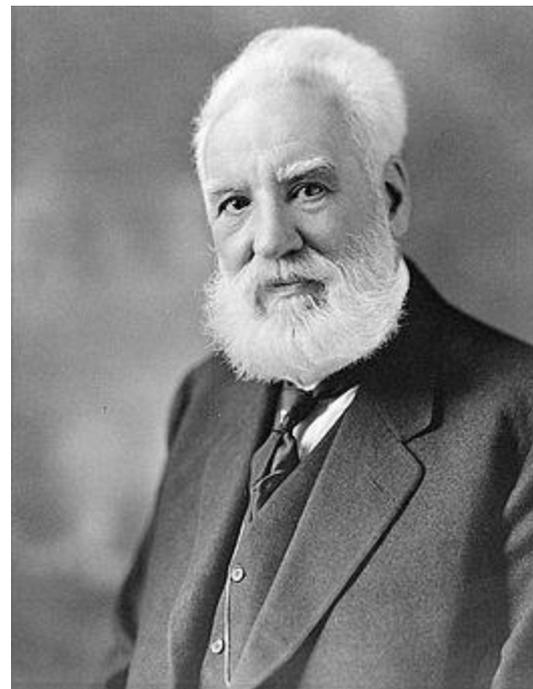
**Антонио Меуччи** (Antonio Meucci, 1808-1889), американский ученый, изобретатель телефона патент 1871 года просроченный в 1874 году за 10\$. А в 1876 году телефон и арматура к нему запатентовал Александер Грейам Белл.

(11 июня 2002 г. Конгресс США принял резолюцию, в которой признал Антонио Меуччи настоящим изобретателем телефона)

# Александр Грейам

Белл

[3 марта 1847, Эдинбург, Шотландия](#) — [2 августа 1922](#)



**Жан Морис Эмиль Бодо**  
(1845-1903),  
французский инженер-изобретатель,  
в его честь названа единица скорости телеграфирования



# Код Бодо́ — цифровой, первоначально синхронный, 5-битный код

Оригинальный код Бодо

## Управляющие символы

- о ... пробел, перейти к таблице букв
- .о ... пробел, перейти к таблице цифр
- оо ... удалить последний знак

### таблица букв

.. о..	A	оо о..	K
.. оо.	É	оо оо.	L
.. .о.	E	оо .о.	M
.. .оо	I	оо .оо	N
.. ооо	O	оо ооо	P
.. о.о	U	оо о.о	Q
.. ..о	Y	оо ..о	R

### таблица цифр

.. о..	1	о. о..	.
.. .о.	2	о. .о.	9/
.. ..о	3	о. ..о	7/
.. о.о	4	о. о.о	2/
.. ооо	5	о. ооо	'
.. оо.	1/	о. оо.	:
.. ..о	3/	о. ..о	?

.о ..о	B
.о о.о	C
.о ооо	D
.о .оо	F
.о .о.	G
.о оо.	H
.о о..	J

о. ..о	S
о. о.о	T
о. ооо	V
о. .оо	W
о. .о.	X
о. оо.	Z
о. о..	—

.о о..	6
.о .о.	7
.о ..о	8
.о о.о	9
.о ооо	0
.о оо.	4/
.о .оо	5/

оо о..	(
оо .о.	)
оо ..о	-
оо о.о	/
оо ооо	+
оо оо.	=
оо .оо	£

**Телеграфный трёхрегистровый код МТК-2** был принят в СССР в 1963 году. Код 5-битовый (всего 32 разных комбинации), поэтому используются 3 разных регистра (русский, латинский, цифры), переключаемые управляющими символами РУС, ЛАТ, ЦИФ. Букв Ъ и Ё нет; вместо буквы Ч использовали цифру 4.

**МТК-2** основан на международном телеграфном коде № 2 (ITA2), рекомендованном Международным консультативным комитетом по телефонии и телеграфии в 1932 году (в международном коде 00000 не используется).

Соответствие между английским и русским регистрами, принятое в МТК-2, было использовано при создании компьютерных кодировок **КОИ-7** и **КОИ-8**.

Шестнадцатеричный код	Десятичный код	Двоичный код	Латинские буквы	Русские буквы	Цифры
0x03	3	00011	A	А	-
0x19	25	11001	B	Б	?
0x0E	14	01110	C	Ц	:
0x09	9	01001	D	Д	Кто там?
0x01	1	00001	E	Е	3
0x0D	13	01101	F	Ф	Э
0x1A	26	11010	G	Г	Ш
0x14	20	10100	H	Х	Щ
0x06	6	00110	I	И	8
0x0B	11	01011	J	Й	Ю
0x0F	15	01111	K	К	(
0x12	18	10010	L	Л	)
0x1C	28	11100	M	М	.
0x0C	12	01100	N	Н	,
0x18	24	11000	O	О	9
0x16	22	10110	P	П	0
0x17	23	10111	Q	Я	1
0x0A	10	01010	R	Р	4
0x05	5	00101	S	С	'
0x10	16	10000	T	Т	5
0x07	7	00111	U	У	7
0x1E	30	11110	V	Ж	=
0x13	19	10011	W	В	2
0x1D	29	11101	X	Ь	/
0x15	21	10101	Y	Ы	6
0x11	17	10001	Z	З	+
0x08	8	01000		Возврат каретки	
0x02	2	00010		Перевод строки	
0x1F	31	11111		Буквы латинские	
0x1B	27	11011		Цифры	
0x04	4	00100		Пробел	
0x00	0	00000		Буквы русские	

## ASCII (American Standard Code for Information Interchange)

ASCII Code Chart

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2		!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

**Цифры** 0—9 представляются своими двоичными значениями (например,  $5=0101_2$ ), перед которыми стоит  $0011_2$ . Таким образом, **двоично-десятичные числа** (BCD) превращаются в ASCII-строку с помощью простого добавления слева  $0011_2$  к каждому двоично-десятичному полубайту.

**Буквы** A-Z верхнего и нижнего регистров различаются в своём представлении только одним битом, что упрощает преобразование регистра и проверку на диапазон. Буквы представляются своими порядковыми номерами в **алфавите**, записанными в **двоичной системе счисления**, перед которыми стоит  $100_2$  (для букв верхнего регистра) или  $110_2$  (для букв нижнего регистра).

Dec	Hex	Name	Char	Ctrl-char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char
0	0	Null	NUL	CTRL-@	^@	00	Нуль	60					
1	1	Start of heading	SOH	CTRL-A	^A	01	Начало заголовка	61		a			
2	2	Start of text	STX	CTRL-B	^B	02	Начало текста	62		b			
3	3	End of text	ETX	CTRL-C	^C	03	Конец текста	63		c			
4	4	End of xmit	EOT	CTRL-D	^D	04	Конец передачи	64		d			
5	5	Enquiry	ENQ	CTRL-E	^E	05	Запрос	65		e			
6	6	Acknowledge	ACK	CTRL-F	^F	06	Подтверждение	66		f			
7	7	Bell	BEL	CTRL-G	^G	07	Сигнал (звонок)	67		g			
8	8	Backspace	BS	CTRL-H	^H	08	Забой (шаг назад)	68		h			
9	9	Horizontal tab	HT	CTRL-I	^I	09	Горизонтальная табуляция	69		i			
10	0A	Line feed	LF	CTRL-J	^J	0A	Перевод строки	6A		j			
11	0B	Vertical tab	VT	CTRL-K	^K	0B	Вертикальная табуляция	6B		k			
12	0C	Form feed	FF	CTRL-L	^L	0C	Новая страница	6C		l			
13	0D	Carriage feed	CR	CTRL-M	^M	0D	Возврат каретки	6D		m			
14	0E	Shift out	SO	CTRL-N	^N	0E	Выключить сдвиг	6E		n			
15	0F	Shift in	SI	CTRL-O	^O	0F	Включить сдвиг	6F		o			
16	10	Data line escape	DLE	CTRL-P	^P	10	Ключ связи данных	70		p			
17	11	Device control 1	DC1	CTRL-Q	^Q	11	Управление устройством 1	71		q			
18	12	Device control 2	DC2	CTRL-R	^R	12	Управление устройством 2	72		r			
19	13	Device control 3	DC3	CTRL-S	^S	13	Управление устройством 3	73		s			
20	14	Device control 4	DC4	CTRL-T	^T	14	Управление устройством 4	74		t			
21	15	Neg acknowledge	NAK	CTRL-U	^U	15	Отрицательное подтверждение	75		u			
22	16	Synchronous idle	SYN	CTRL-V	^V	16	Синхронизация	76		v			
23	17	End of xmit block	ETB	CTRL-W	^W	17	Конец передаваемого блока	77		w			
24	18	Cancel	CAN	CTRL-X	^X	18	Отказ	78		x			
25	19	End of medium	EM	CTRL-Y	^Y	19	Конец среды	79		y			
26	1A	Substitute	SUB	CTRL-Z	^Z	1A	Замена	7A		z			
27	1B	Escape	ESC	CTRL-[	^[	1B	Ключ	7B		{			
28	1C	File separator	FS	CTRL-\	^\	1C	Разделитель файлов	7C					
29	1D	Group separator	GS	CTRL-]	^]	1D	Разделитель группы	7D		}			
30	1E	Record separator	RS	CTRL-^	^^	1E	Разделитель записей	7E		~			
31	1F	Unit separator	US	CTRL-`	^_	1F	Разделитель модулей	7F		DEL			

Escape 27		F1 112	F2 113	F3 114		F4 115	F5 116	F6 117	F7 118	F8 119	F9 120	F10 121	F11 122	F12 123	Print Screen	Scroll Lock 145	Pause 19				
192	1 49	2 50	3 51	4 52	5 53	6 54	7 55	8 56	9 57	0 48	- 189	=+ 187	Back Space 8	Insert 45	Home 36	Page Up 33	Num Lock 144	/ доп. 111	* доп. 106	+ доп. 107	
Tab 9	Q 81	W 87	E 69	R 82	T 84	Y 89	U 85	I 73	O 79	P 80	[ 219	] 221		Delete 46	End 35	Page Down 34	7 доп. 103	8 доп. 104	9 доп. 105		
Caps Lock 20	A 65	S 83	D 68	F 70	G 71	H 72	J 74	K 75	L 76	;ж 186	'э 222	Enter 13					4 доп. 100	5 доп. 101	6 доп. 102	Enter доп. 13	
Shift 16	Z 90	X 88	C 67	V 86	B 66	N 78	M 77	,< 188	.> 190	/ 191	Shift 16	\ 220			Up 38		1 доп. 97	2 доп. 98	3 доп. 99		
Ctrl 17	win	Alt 18	Space Bar 32					Alt 18	win	list	Ctrl 17			Left 37	Down 40	Right 39		Ins/0 45/96	Del/ 46/110		

~	!	@	"	# №	\$	;	%	^	:	&	?	*	(	)	-	+	←	Backspace
Ё 1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	-	=	Enter						
Tab	Q	W	E	R	T	Y	U	I	O	P	{	}	Enter					
	Й	Ц	У	К	Е	Н	Г	Ш	Щ	З	[	Х	]	Ь				
Caps Lock	A	S	D	F	G	H	J	K	L	:	"		/					
	Ф	Ы	В	А	П	Р	О	Л	Д	;	Ж	'	Э	\				
Shift		Z	X	C	V	B	N	M	<	>	?	,	Shift					
	\	Я	Ч	С	М	И	Т	Ь	,	Б	.	Ю	/	.				
Ctrl	Win Key	Alt											Alt Gr	Win Key	Menu	Ctrl		

## ASCII

0020	0021	0022	0023	0024	0025	0026	0027	0028	0029	002A	002B	002C	002D	002E	002F	0030	0031	0032	0033	0034
	!	"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/	0	1	2	3	4
0035	0036	0037	0038	0039	003A	003B	003C	003D	003E	003F	0040	0041	0042	0043	0044	0045	0046	0047	0048	0049
5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I
004A	004B	004C	004D	004E	004F	0050	0051	0052	0053	0054	0055	0056	0057	0058	0059	005A	005B	005C	005D	005E
J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^
005F	0060	0061	0062	0063	0064	0065	0066	0067	0068	0069	006A	006B	006C	006D	006E	006F	0070	0071	0072	0073
_	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s
0074	0075	0076	0077	0078	0079	007A	007B	007C	007D	007E	007F									
t	u	v	w	x	y	z	{		}	~										

## Символы базового русского алфавита

0410	0411	0412	0413	0414	0415	0416	0417	0418	0419	041A	041B	041C	041D	041E	041F	0420	0421	0422	0423	0424
А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	Й	К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф
0425	0426	0427	0428	0429	042A	042B	042C	042D	042E	042F	0430	0431	0432	0433	0434	0435	0436	0437	0438	0439
Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю	Я	а	б	в	г	д	е	ж	з	и	й
043A	043B	043C	043D	043E	043F	0440	0441	0442	0443	0444	0445	0446	0447	0448	0449	044A	044B	044C	044D	044E
К	Л	М	Н	О	П	Р	С	Т	У	Ф	Х	Ц	Ч	Ш	Щ	Ъ	Ы	Ь	Э	Ю
044F																				
Я																				

## Этапы развития сети подвижной радиосвязи

Нулевой период до 1980 г. Связь «точка – точка», связь через ретранслятор: система «Алтай» .

Первое поколение с 1980 по 1990 г. Аналоговые системы связи NMT, AMPS. Передача аналогового голосового сигнала.

Второе поколение с 1990 по 2000 2G. Цифровая революция: CDMA 800  
Цифровые системы связи GSM, DAMPS ,DECT, Iridium, GPS. Цифровой звук и SMS.

Третье поколение 3G с 2000 по 2010 3G: IMT 2000, UMTS, HSPA, HSDPA, CDMA 450  
Системы радиосвязи с расширенным спектром. Цифровая мультимедиа.

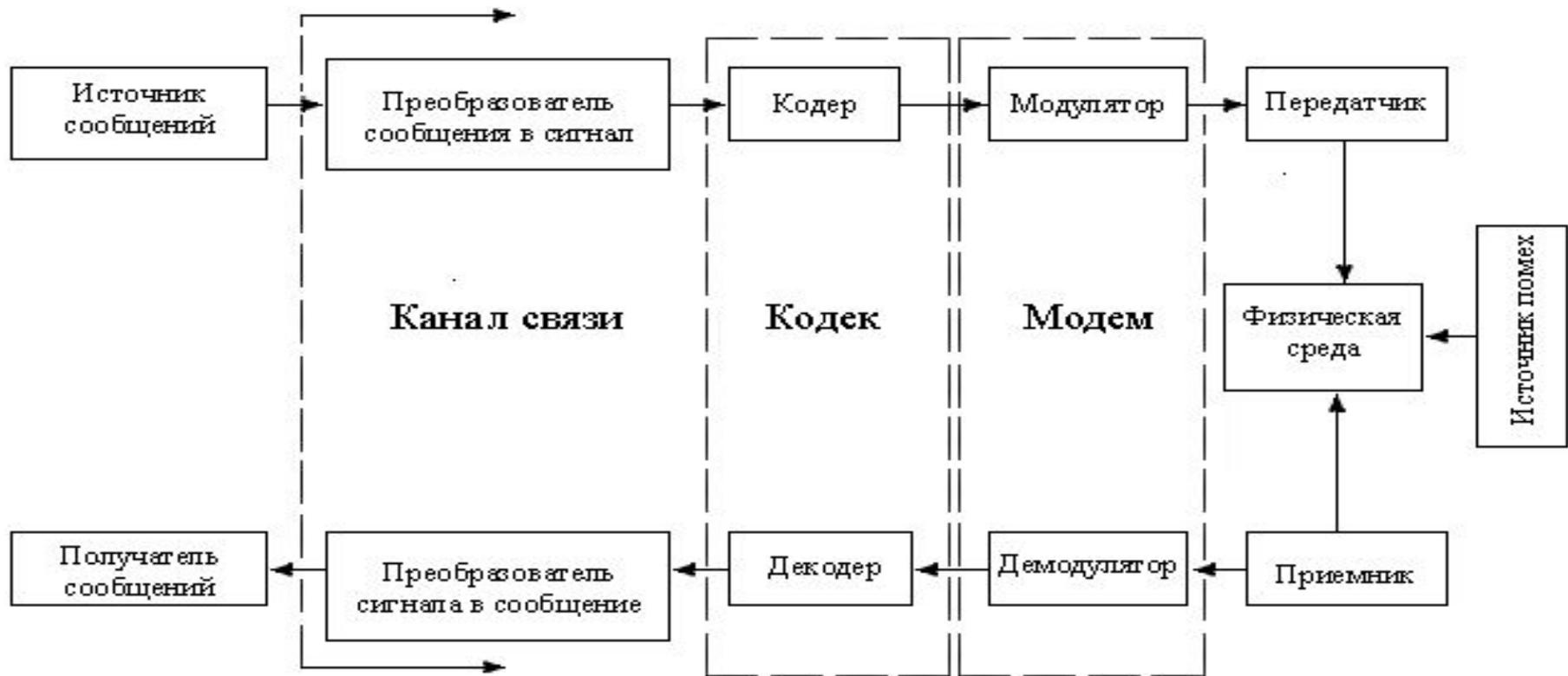
Четвёртое поколение LTE 4G с 2010 по 2016? 4G: Когнитивные, адаптивные системы радиосвязи совместно с проводными сетями ( Wi-Fi ,Wi-MAX).

Пятое поколение 5G с 2015. Сети на основе концепции программно конфигурируемого радио (SoftDefinitionRadio ,USRP), нано и пико сотовой структуры гетерогенных сетей с сетевым кодированием, OFDM сигналы и их клоны на базе БПФ, миллиметровые волны вплоть до  $f=90$ ГГц, технология MIMO (64x64) и адаптивные антенные решетки, интернет вещей (IoT), облачные и туманные вычисления.

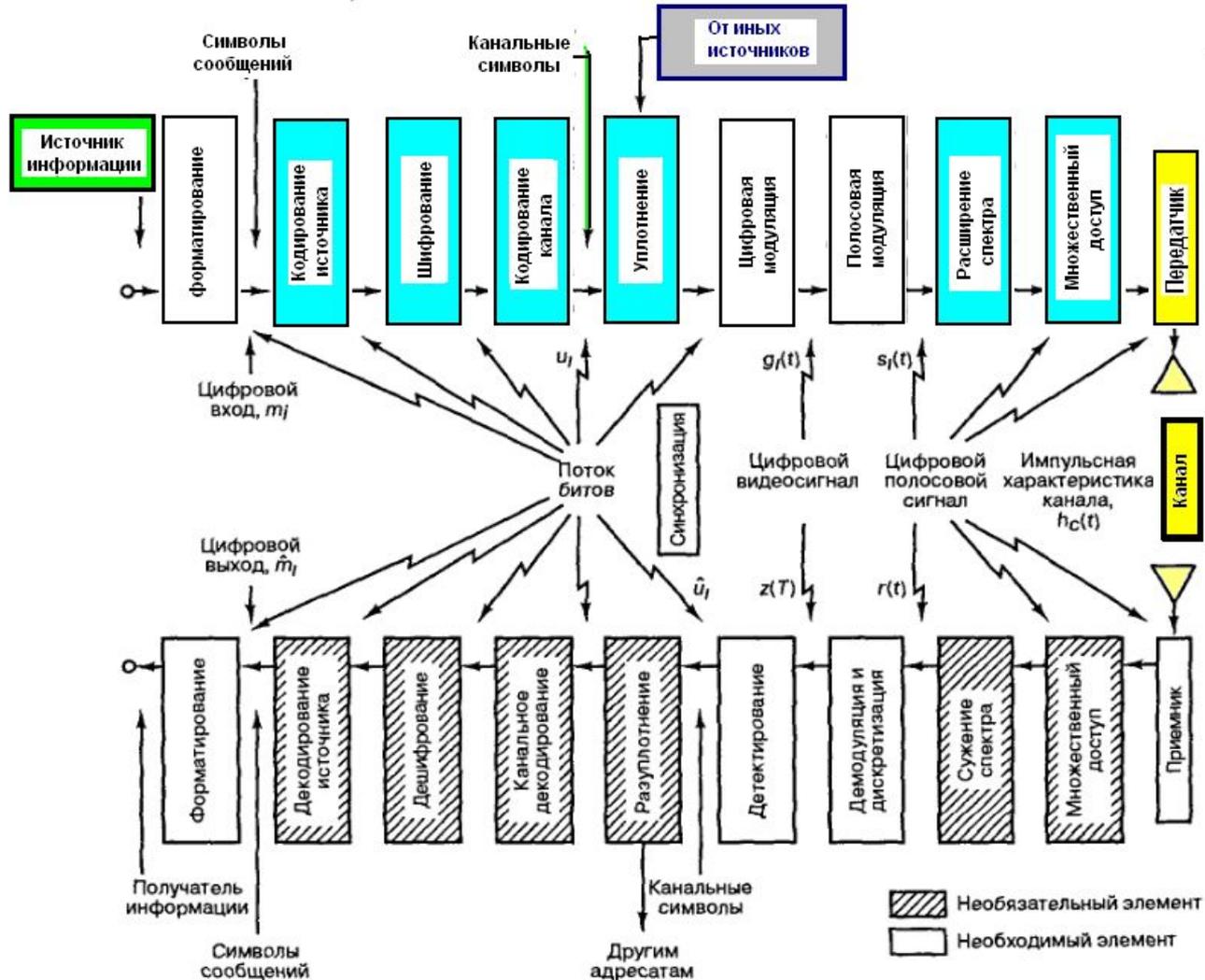
# Модель процесса коммуникации.



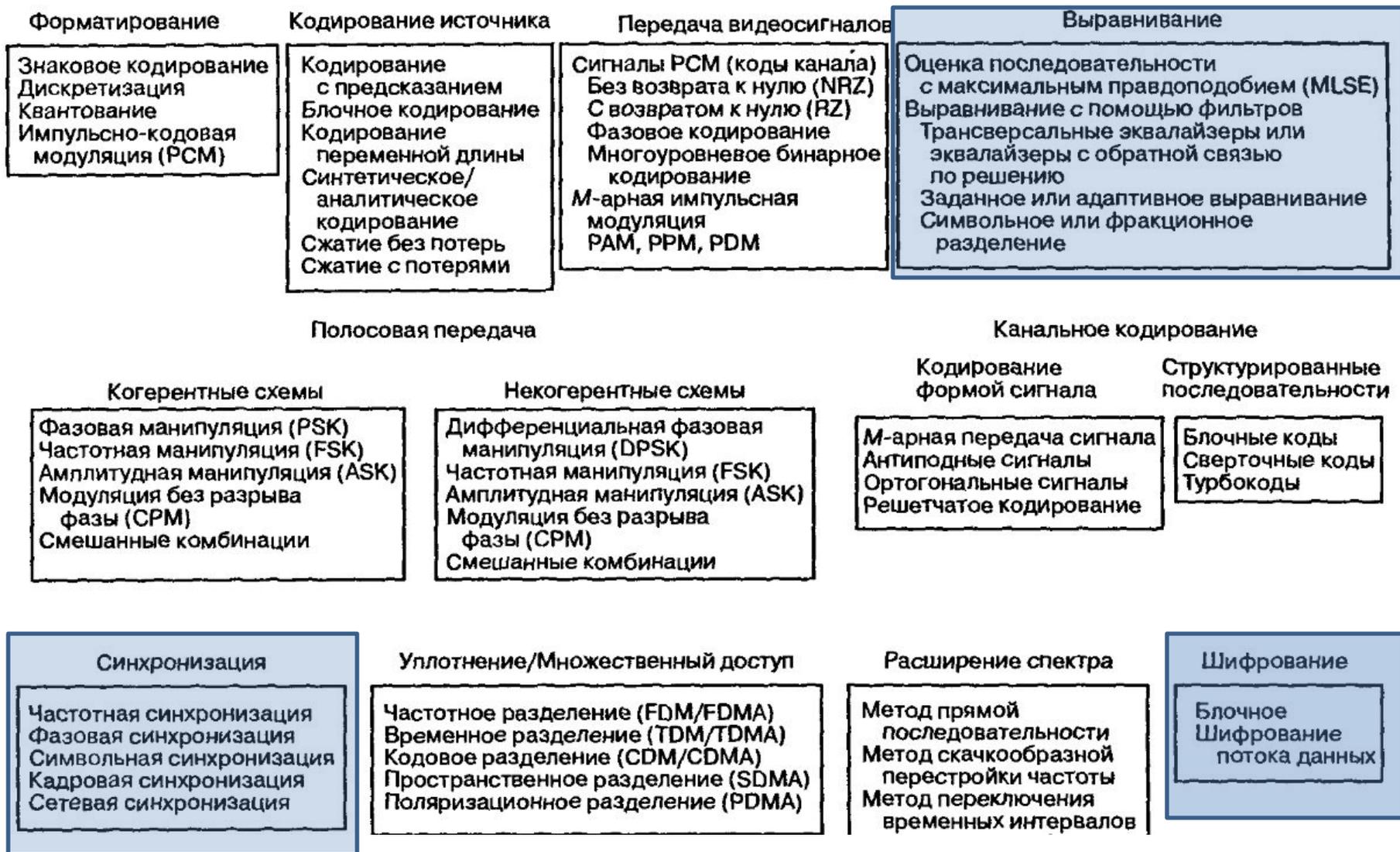
# Структура системы передачи информации.



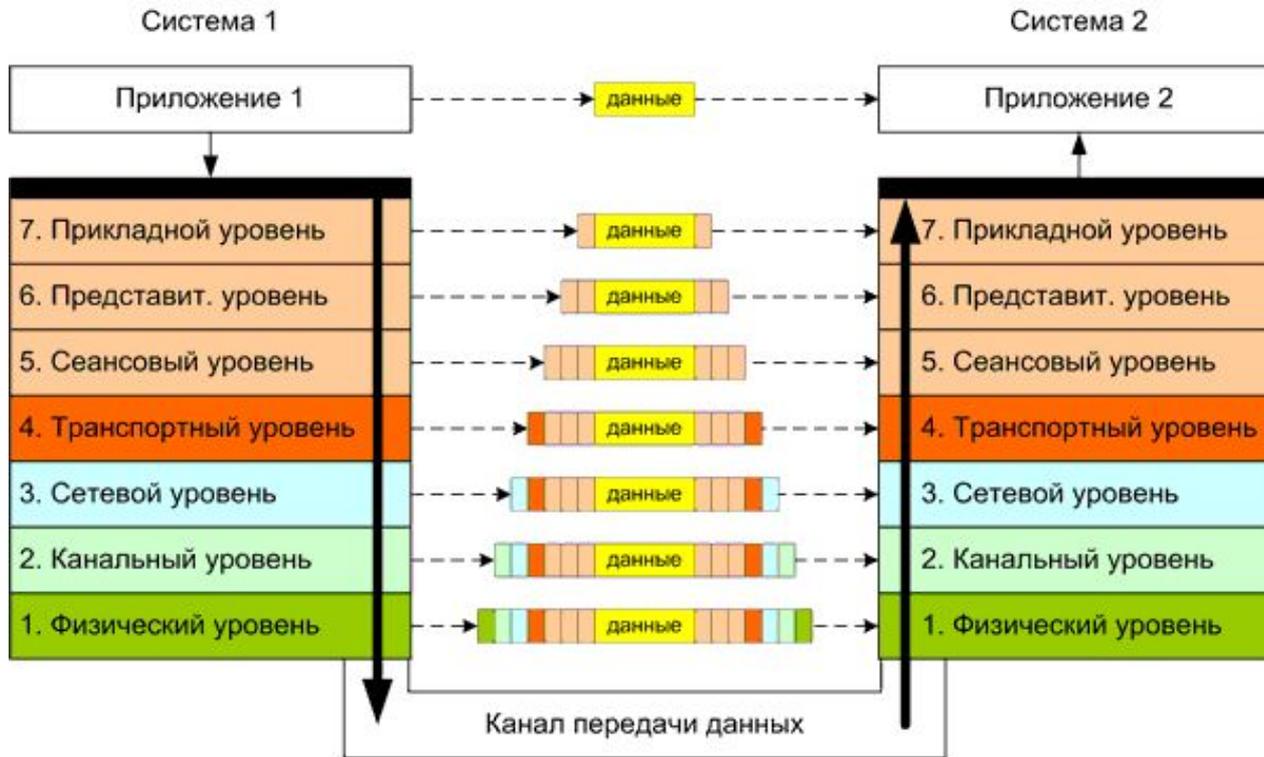
# Модель системы передачи информации.



# Основные преобразования в цифровой связи



## Эталонная модель взаимодействия открытых систем (Open System Interconnect - OSI)



Модель OSI	
Данные	Уровень
Данные	Прикладной доступ к сетевым службам
Данные	Представления представление и кодирование данных
Данные	Сеансовый Управление сеансом связи
Блоки	Транспортный безопасное и надежное соединение точка-точка
Пакеты	Сетевой Определение пути и IP (логическая адресация)
Кадры	Канальный MAC и LLC (Физическая адресация)
Биты	Физический кабель, сигналы, бинарная передача

- Логическое соединение между уровнями
- Реализация передачи данных

# 1. Понятие информации, сообщения, сигнала

## Информация и сообщение.

Системы связи (телекоммуникационные системы) предназначены для передачи сообщений в которых содержится **информация**. **Информацией** называют любые сведения, являющиеся объектом передачи, распределения, преобразования, хранения и использования.

**Информация** передается посредством **сообщений**.

**Сообщение** – форма представления **информации**.

Информация сама по себе не существует отдельно от сообщения, так же, как масса не существует отдельно от материального тела. Чтобы передать информацию, надо передать содержащие эту информацию сообщения.

При использовании радиотехнических средств сообщение представляет собой электрический сигнал (ток или напряжение).

### Примеры сообщений:

- текст телеграммы,
- произнесённая фраза в телефонном разговоре,
- последовательность цифр при передаче данных от одного компьютера к другому,
- изображение в системе факсимильной связи,
- последовательность изображений (кадров) в системе телевидения и т.п.

Обращаясь к физической аналогии, можно сказать, что как масса характеризует содержание вещества в физическом теле, так и информация является некоторой содержательной характеристикой сообщения.

**Электросвязь** – способ связи, при котором сообщения передаются при помощи электрических сигналов.

**Радиосвязь**– способ связи, при котором сообщения передаются при помощи радиосигналов.

В «**Общей теории связи**» изучаются способы передачи **информации**.

Под информацией понимают совокупность сведений о состоянии какой либо системы, о каких-либо событиях, явлениях и т. п. Информации передается с использованием лингвистических конструкций или языка.

Язык характеризуется совокупностью алфавита (**символов, знаков**) и правил.

Совокупность физических элементов алфавита (знаков, символов) содержащих информацию образуют **сообщение**. Сообщения передают:

- 1) с помощью физического носителя (дым, бумага, диск, флешка и др.);
- 2) с помощью физических процессов (звук, электрические сигналы, электромагнитные волны, включая свет).

Для передачи информации необходимо выполнить следующие действия:

- 1) преобразовать сообщение в **электрический сигнал**;
- 2) передать электрический сигнал по среде передачи;
- 3) преобразовать электрический сигнал в сообщение.

Под системами передачи информации (СПИ) понимают совокупность технических компонентов обычно в виде радиоэлектронных средств, предназначенных для передачи информации и характеризуемых определённым способом преобразований сообщения в электрический сигнал на передающей стороне и преобразованием электрического сигнала в сообщение на приёмной стороне.

Электрические сигналы (отображающие сообщение) передаются по **каналам связи** - совокупность технических средств, обеспечивающих достоверную передачу информации.

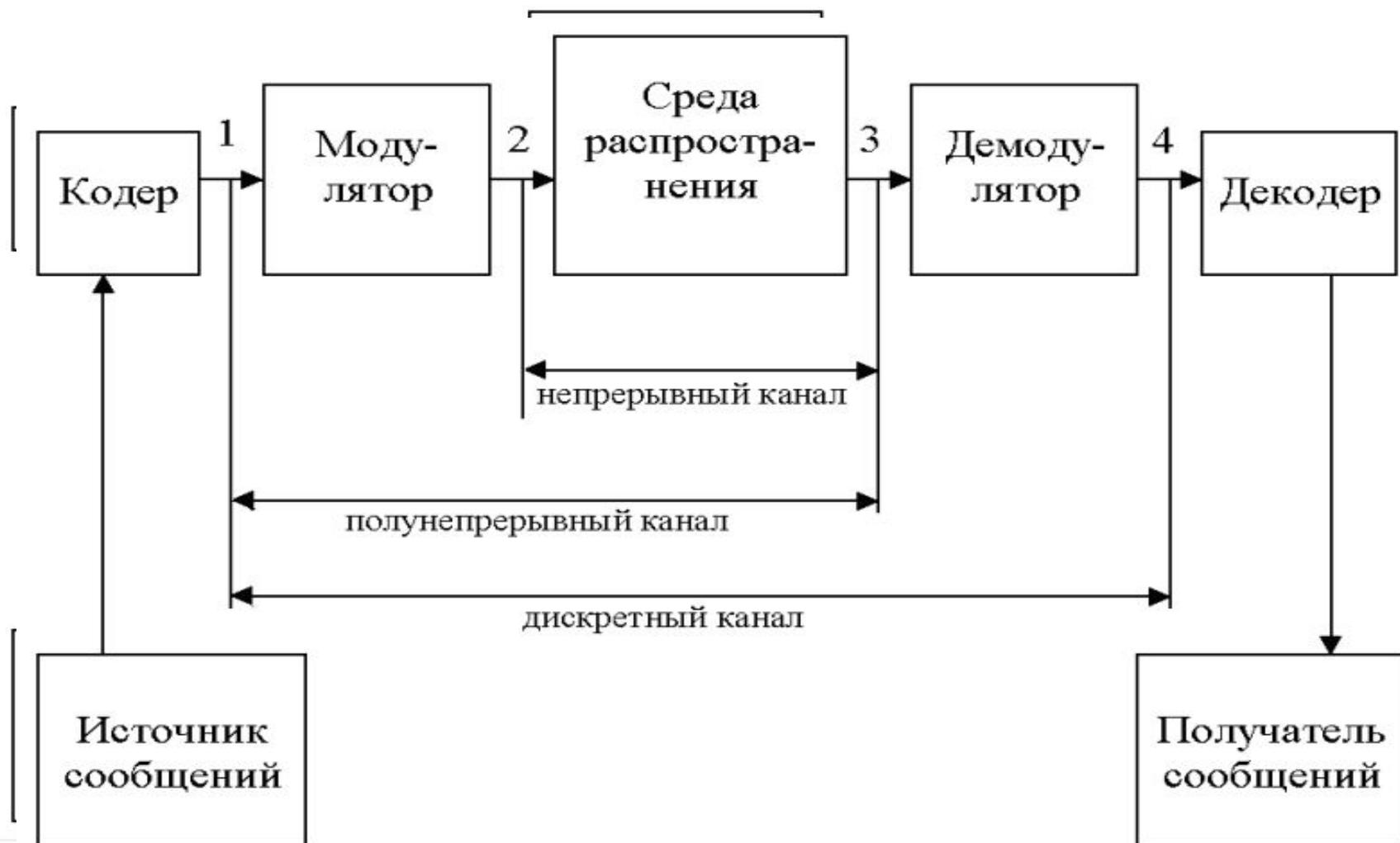
Под **каналом связи** в теории и технике электрической связи принято понимать совокупность средств, включая физическую среду, которая обеспечивает передачу сигналов от источника к получателю сообщений

## Классификация каналов связи

- **по назначению** – на телеграфные, фототелеграфные, телефонные, телевизионные, телеметрические, каналы звукового вещания, телеуправления, передачи данных и т.д.;
- **по виду используемой среды** – на проводные (воздушные, кабельные, волноводные, световодные) и радиоканалы (радиорелейные, ионосферные, тропосферные, метеорные, спутниковые, космические); применяют также акустические каналы подводной связи, использующие ультразвуковые колебания;
- **по характеру связи входных и выходных сигналов** – на линейные и нелинейные, стационарные и нестационарные, детерминированные и случайные (стохастические);
- **по количеству независимых переменных в описании сигналов** – на временные и пространственно-временные;
- **по характеру входных и выходных сигналов** – на непрерывные (аналоговые), дискретные (цифровые), полунепрерывные (дискретно-аналоговые и аналого-дискретные).

Эта классификация, как и любая другая, является условной и может дополнена

# Классификация каналов передачи информации



## Сообщение и сигналы

**Сообщение** представляет собой совокупность (последовательность) знаков (символов)

Сообщения могут быть **дискретными** (состоящими из символов, принадлежащих конечному множеству – алфавиту) или **непрерывными** (континуальными, **аналоговыми**), описываемыми функциями непрерывного времени.

Всякое сообщение может существовать лишь в материальном воплощении.

Для передачи сообщения необходим материальный носитель, физический процесс, называемый **сигналом**.

В радиотехнике и телекоммуникации используются **электрические сигналы**, которые благодаря простоте и удобству их генерирования и преобразования наилучшим образом приспособлены для передачи больших объемов данных на большие расстояния.

В современных системах связи и устройствах хранения данных электрические сигналы зачастую преобразуются в оптические или магнитные, но, как правило, предполагается их обратное преобразование в электрические.

## Радиотехнические цепи и сигналы

**Сигналы** электрической природы формируются в радиотехнических цепях и системах.

Свойства сигналов исследуются с использованием их **математических моделей**.

Естественной формой представления сигнала считается его описание некоторой функцией времени  $s(t)$  □  $i(t), u(t)$ , когда зависимой переменной чаще всего является ток или напряжение.

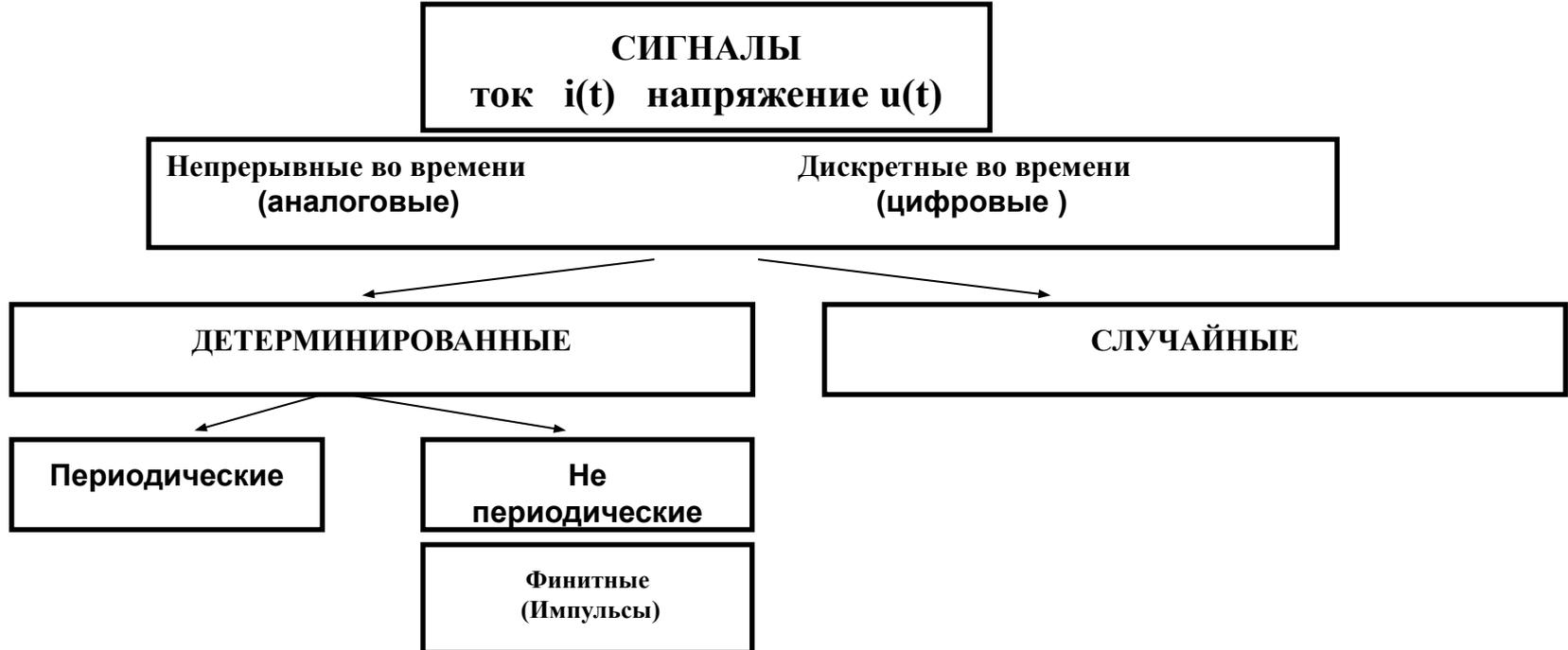
Сигналы, как и сообщения, могут быть дискретными или аналоговыми (континуальными) в зависимости от того, рассматриваются ли они как функции дискретного или непрерывного времени.

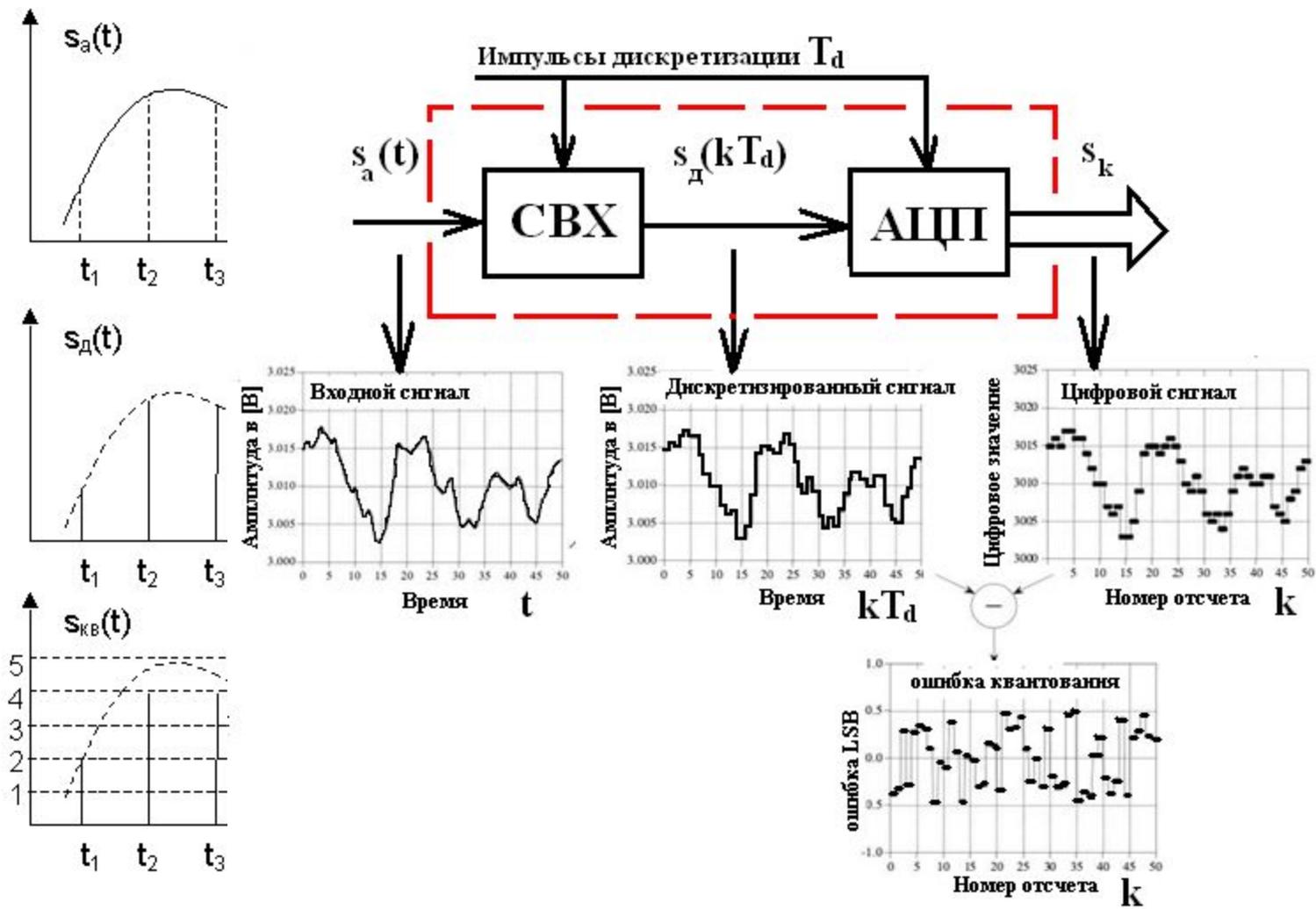
Зависимая переменная - ток  $i(t)$  или напряжение  $u(t)$  также может быть дискретной или непрерывной величиной, в соответствии с чем можно различать четыре типа сигналов:

**\*Аналоговые\***    **\*Квантованные\***    **\*Дискретные\***    **\*Цифровые\***

# Классификация сигналов в каналах связи

В теории электрической связи при описании сигналов и помех возникает задача поиска математических моделей, которые бы с необходимой степенью точности отображали реальные процессы в каналах передачи информации. Поскольку сигналы являются электрическими колебаниями, меняющимися во времени, то их базовой математической моделью должна быть временная функция.

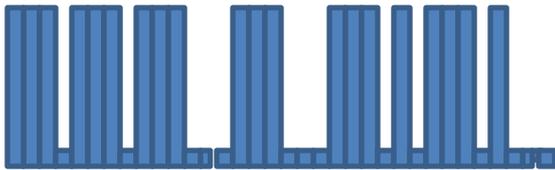




**Преобразователь.** В телефонии - микрофон. В телеграфии с помощью телеграфного аппарата (телетайпа) оператор заменяет последовательность знаков сообщения (букв, цифр) последовательностью двоичных символов (0 и 1) в виде посылок постоянного тока. В телевидении при передаче изображения преобразователем является передающая телевизионная трубка.

**Кодирование** - преобразование дискретного сообщения в последовательность кодовых символов, осуществляемое по определенному правилу. При этом каждому элементу сообщения присваивается определенная совокупность кодовых символов, которая называется **кодовой комбинацией (кодовым словом)**. Вся совокупность кодовых комбинаций называется **кодом**.

Примеры кодов.



## *Формат физического кодирования цифровых сигналов*

**Каждый бит кодового слова передается или записывается с помощью дискретных сигналов, например, импульсов. Способ представления исходного кода определенными сигналами определяется форматом физического кода.**

**Формат БВН (без возвращения к нулю)** естественным образом соответствует режиму работы логических схем. Единичный бит передается в пределах такта уровень не меняется. Положительный перепад означает переход из 0 к 1 в исходном коде, отрицательный — от 1 к 0. Отсутствие перепадов показывает, что значения предыдущего и последующего битов равны. Для декодирования кодов в формате БВН необходимы тактовые импульсы, так как в его спектре не содержится тактовая частота. Соответствующий коду формата БВН сигнал содержит низкочастотные компоненты (при передаче длинных серий нулей или единиц перепады не возникают).

**Формат БВН-1 (без возвращения к нулю с перепадом при передаче 1)** является разновидностью формата БВН. В отличие от последнего в БВН-1 уровень не передает данные, так как и положительные и отрицательные перепады соответствуют единичным битам. Перепады сигнала формируются при передаче 1. При передаче 0 уровень не меняется. Для декодирования требуются тактовые импульсы.

**Формат БВН-0 (без возвращения к нулю с перепадом при передаче 0)** является дополнительным к БВН-1 (перепады соответствуют нулевым битам исходного кода). В многорожечных системах записи цифровых сигналов вместе с кодом в формате БВН надо записывать тактовые импульсы. Возможным вариантом является запись двух дополнительных сигналов, соответствующих кодам в форматах БВН-1 и БВН-0. В одном из двух сигналов перепады происходят в каждом такте, что позволяет получить импульсы тактовой частоты.

**Формат ВН (с возвращением к нулю)** требует передачи импульса, занимающего только часть тактового интервала (например, половину), при одиночном бите. При нулевом бите импульс не формируется.

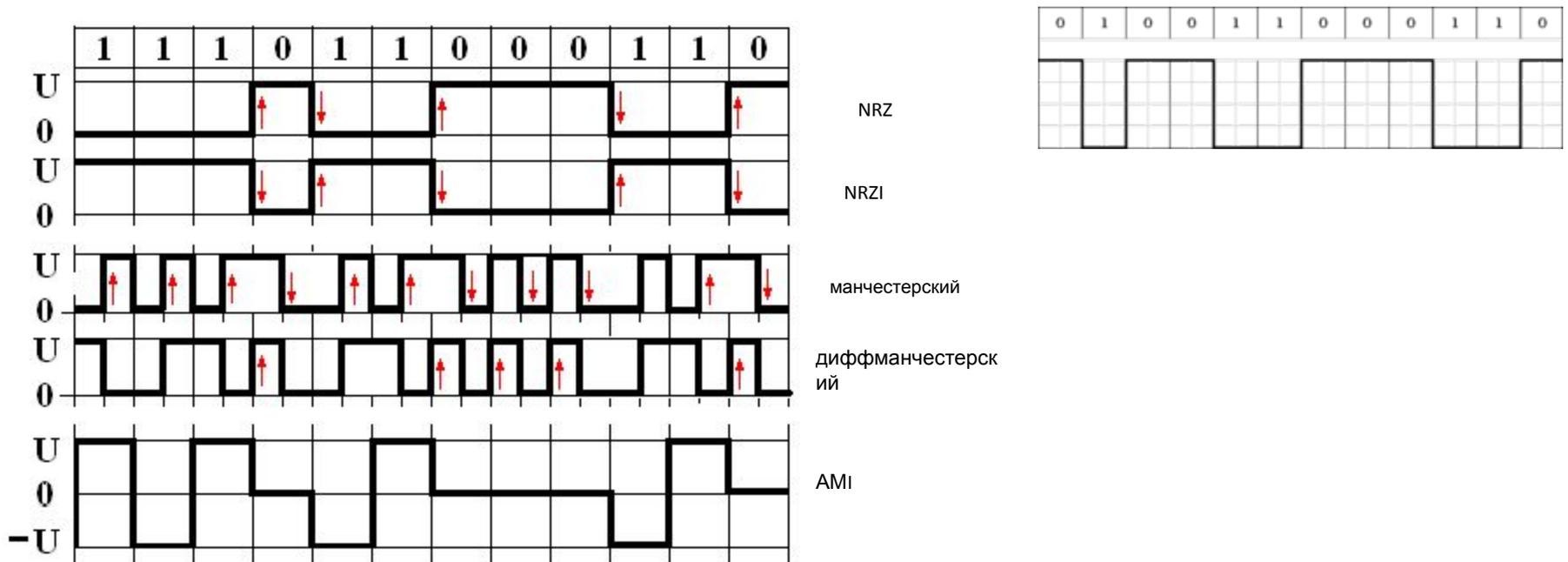
**Формат ВН-П (с активной паузой)** означает передачу импульса положительной полярности при единичном бите и отрицательной — при нулевом бите. Сигнал этого формата имеет в спектре компоненты тактовой частоты. Он применяется в ряде случаев для передачи данных по линиям связи.

**Формат ДФ-0 (двухфазный со скачком фазы при передаче 0)** соответствует способу представления, при котором перепады формируются в начале каждого такта. При единичных битах сигнал в этом формате меняется с тактовой частотой, то есть в середине каждого такта происходит перепад уровня. При передаче нулевого бита перепад в середине такта не формируется, то есть имеет место скачок фазы. Код в данном формате обладает возможностью самосинхронизации и не требует передачи тактовых сигналов.

Направление перепада при передаче сигнала единицы не имеет значения. Поэтому изменение полярности кодированного сигнала не влияет на результат декодирования. Он может передаваться по симметричным линиям без постоянной составляющей. Это также

## Форматы физического кодирования цифровых сигналов

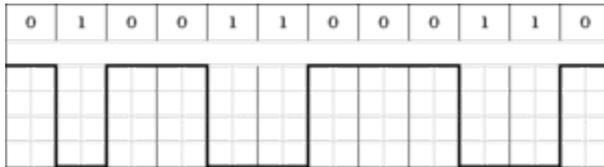
Каждый бит кодового слова передается или записывается с помощью дискретных сигналов, например, уровнем потенциала, перепадом (фронтом) потенциала или наличием импульса (импульсов). Способ представления исходного кода определенными сигналами определяется форматом физического кода.



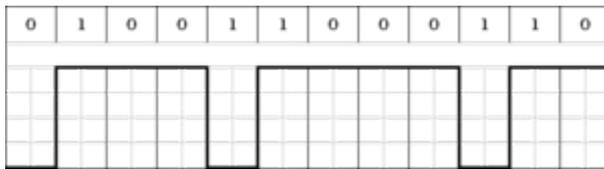
## Требования к алгоритмам цифрового кодирования

При кодировании цифровых сигналов должны выполняться определенные требования.

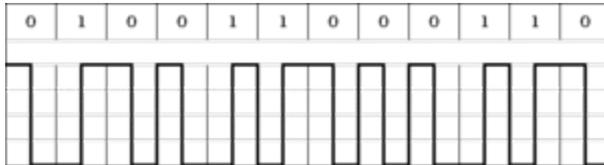
1. Малая полоса цифрового сигнала для возможности передачи большого объема данных по имеющемуся физическому каналу.
2. Невысокий уровень постоянного напряжения в линии.
3. Достаточно высокие перепады напряжения для возможности использования сигнальных импульсов (переходов напряжения) для синхронизации приемника и передатчика без добавления в поток сигналов дополнительной информации.
4. Неполяризованный сигнал для того, чтобы можно было не обращать внимания на полярность подключения проводников в каждой паре.



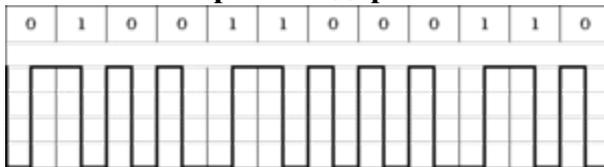
**Потенциальный код NRZ (перевёрнутый)**



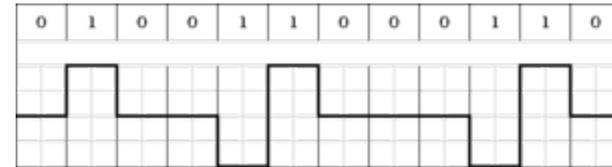
**Потенциальный код NRZI**



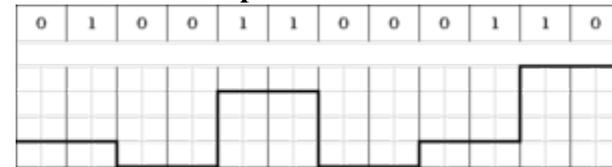
**Манчестерское кодирование**



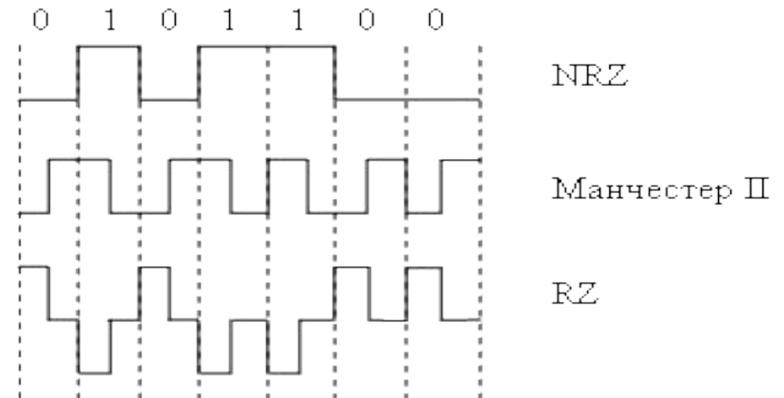
**Дифференциальное манчестерское кодирование**

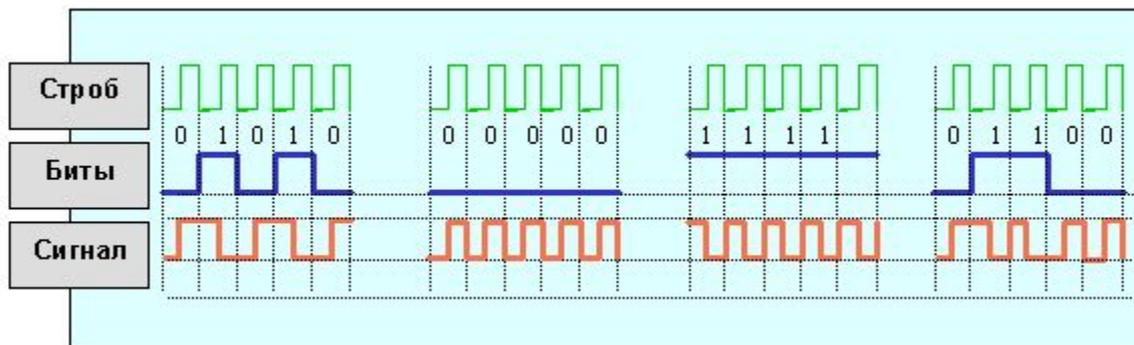
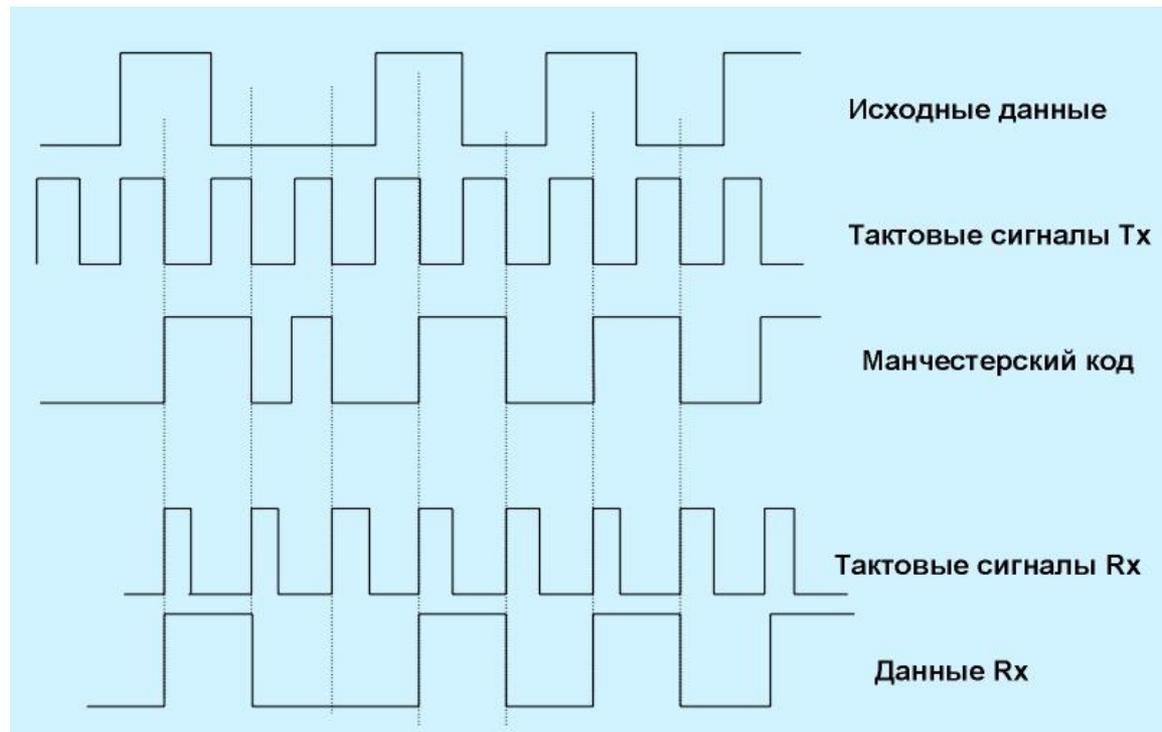


**Биполярный код AMI**



**Потенциальный код 2B1Q**





### **Формат NRZ (БВН)**

- \*биты 0 представляются нулевым напряжением (0 В);
- \*биты 1 представляются напряжением +V.

### **Разновидности NRZL, NRZM**

1. высокий уровень постоянного напряжения (среднее значение  $1/2V$  вольт для последовательности, содержащей равное число 1 и 0);
2. широкая полоса сигнала (от 0 Гц для последовательности, содержащей только 1 или только 0 до половины скорости передачи данных при чередовании 10101010);
3. возможность возникновения продолжительных периодов передачи постоянного уровня (длинная последовательность 1 или 0) в результате чего затрудняется синхронизация устройств;
4. сигнал является поляризованным

### **Формат NRZI (БВН инверсивный)**

Этот метод кодирования использует следующие представления битов цифрового потока:

- \* биты 0 представляются нулевым напряжением (0 В);
  - \* биты 1 представляются напряжением 0 или +V в зависимости от предшествовавшего этому биту напряжения. Если предыдущее напряжение было равно 0, единица будет представлена значением +V, а в случаях, когда предыдущий уровень составлял +V для представления единицы, будет использовано напряжение 0 В.
- Этот алгоритм обеспечивает малую полосу (как при методе NRZ) в сочетании с частыми изменениями напряжения (как в RZ), а кроме того, обеспечивает неполярный сигнал (т. е. проводники в линии можно поменять местами).

### **Формат RZ (ВН)**

- \*биты 0 представляются нулевым напряжением (0 В);
- \*биты 1 представляются значением +V в первой половине и нулевым напряжением во второй, т.е. единице соответствует импульс напряжения продолжительностью в половину продолжительности передачи одного бита данных.

Этот метод имеет два преимущества по сравнению с кодированием NRZ:

- \* средний уровень напряжения в линии составляет  $1/4V$  (вместо  $1/2 V$ );
- \* при передаче непрерывной последовательности 1 сигнал в линии не остается постоянным.

Однако при использовании кодирования RZ полоса сигнала может достигать значений, равных скорости передачи данных (при передаче последовательности 1)

### **Формат AMI - Alternate Mark Inversion (поочередная инверсия единиц)**

Этот метод кодирования использует следующие представления битов:

- \* биты 0 представляются нулевым напряжением (0 В);
- \* биты 1' представляются поочередно значениями +V и -V.

Этот метод подобен алгоритму RZ, но обеспечивает в линии нулевой уровень постоянного напряжения.

Недостатком метода AMI является ограничение на плотность нулей в потоке данных, поскольку длинные последовательности 0 ведут к потере синхронизации.

### **Формат HDB3 - High Density Bipolar 3 (биполярное кодирование с высокой плотностью)**

Представление битов в методе HDB3 лишь незначительно отличается от представления, используемого алгоритмом AMI:

При наличии в потоке данных 4 последовательных битов 0 последовательность изменяется на 000V, где полярность бита V такая же, как для предшествующего ненулевого импульса (в отличие от кодирования битов 1, для которых знак сигнала V изменяется поочередно для каждой единицы в потоке данных).

Этот алгоритм снимает ограничения на плотность 0, присущие кодированию AMI, но порождает взамен новую проблему - в линии появляется отличный от нуля уровень постоянного напряжения за счет того, что полярность отличных от нуля импульсов совпадает.

Для решения этой проблемы полярность бита V изменяется по сравнению с полярностью предшествующего бита V. Когда это происходит, битовый поток изменяется на B00V, где полярность бита B совпадает с полярностью бита V. Когда приемник получает бит B, он думает, что этот сигнал соответствует значению 1, но после получения бита V (с такой же полярностью) приемник может корректно трактовать биты B и V как 0.

### **Формат PE - Phase Encode (Manchester, фазовое кодирование, манчестерское кодирование)**

При фазовом кодировании используется следующее представление битов:

\* биты 0 представляются напряжением +V в первой половине бита и напряжением -V - во второй половине;

\* биты 1 представляются напряжением -V в первой половине бита и напряжением +V - во второй половине.

Этот алгоритм удовлетворяет всем предъявляемым требованиям, но передаваемый в линию сигнал имеет широкую полосу и является поляризованным.

### **Формат CDP - Conditional Diphasе**

Этот метод является комбинацией алгоритмов NRZI и PE и использует следующие представления битов цифрового потока:

\* биты 0 представляются переходом напряжения в том же направлении, что и для предшествующего бита (от +V к -V или от -V к +V);

\* биты 1 представляются переходом напряжения в направлении, противоположном предшествующему биту (от +V к -V или от -V к +V).

Этот алгоритм обеспечивает неполярный сигнал, который занимает достаточно широкую полосу.

**Формат MLT-3** Multi Level Transmission — 3 (многоуровневая передача) — метод кодирования, использующий три уровня сигнала. Метод основывается на циклическом переключении уровней  $-U$ ,  $0$ ,  $+U$ . Единице соответствует переход с одного уровня сигнала на следующий. Так же как и в методе **NRZI** при передаче «нуля» сигнал не меняется. В случае наиболее частого переключения уровней (длинная последовательность единиц) для завершения цикла необходимо четыре перехода. Это позволяет вчетверо снизить частоту несущей относительно тактовой частоты, что делает **MLT-3** удобным методом при использовании медных проводов в качестве среды передачи. Метод разработан Cisco Systems для использования в сетях [FDDI](#) на основе медных проводов, известных как CDDI. Также используется в [Fast Ethernet 100BASE-TX](#).

**Формат 2B1Q** передает пару бит за один битовый интервал.

Каждой возможной паре в соответствие ставится свой уровень из четырех возможных уровней потенциала.

Паре

**00** соответствует потенциал  $-2.5$  В,

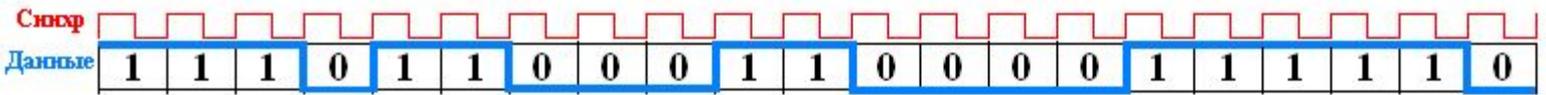
**01** соответствует  $-0.833$  В,

**11** —  $+0.833$  В,

**10** —  $+2.5$  В.

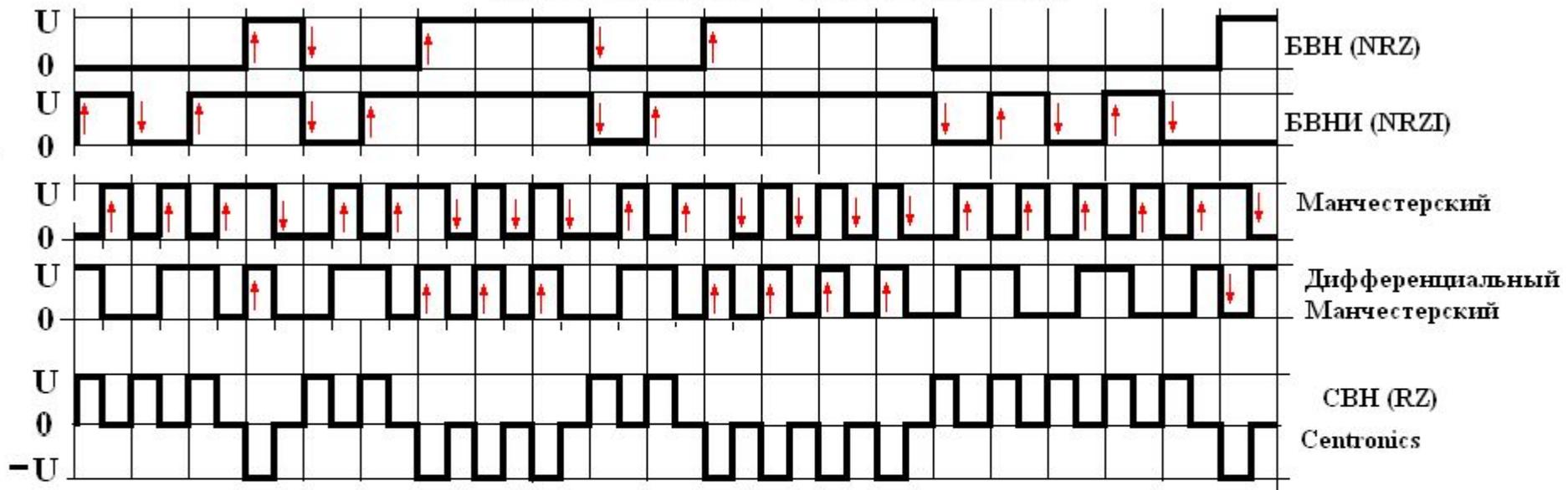
Достоинство метода **2B1Q**: Сигнальная скорость у этого метода в два раза ниже, чем у кодов **NRZ** и **AMI**, а спектр сигнала в два раза уже. Следовательно с помощью **2B1Q**-кода можно по одной и той же линии передавать данные в два раза быстрее.

Недостаток метода **2B1Q**: Реализация этого метода требует более мощного передатчика и более сложного приемника, который должен различать четыре уровня.

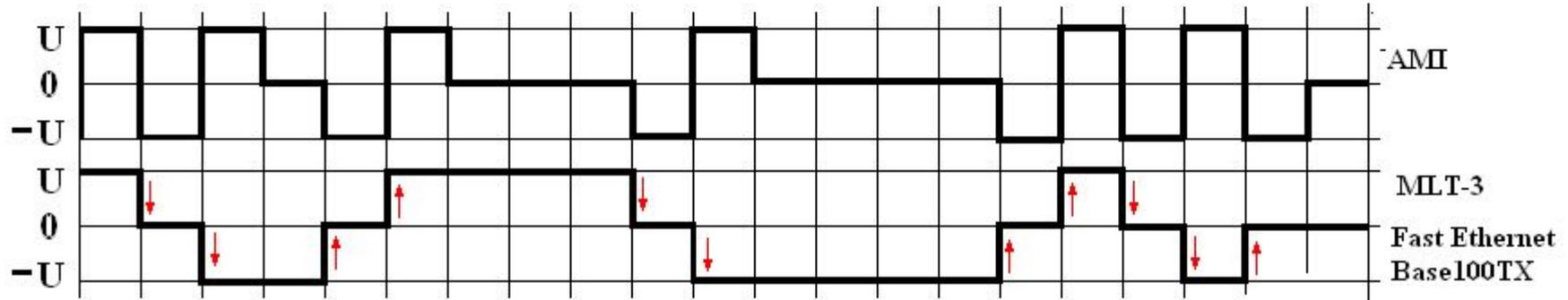


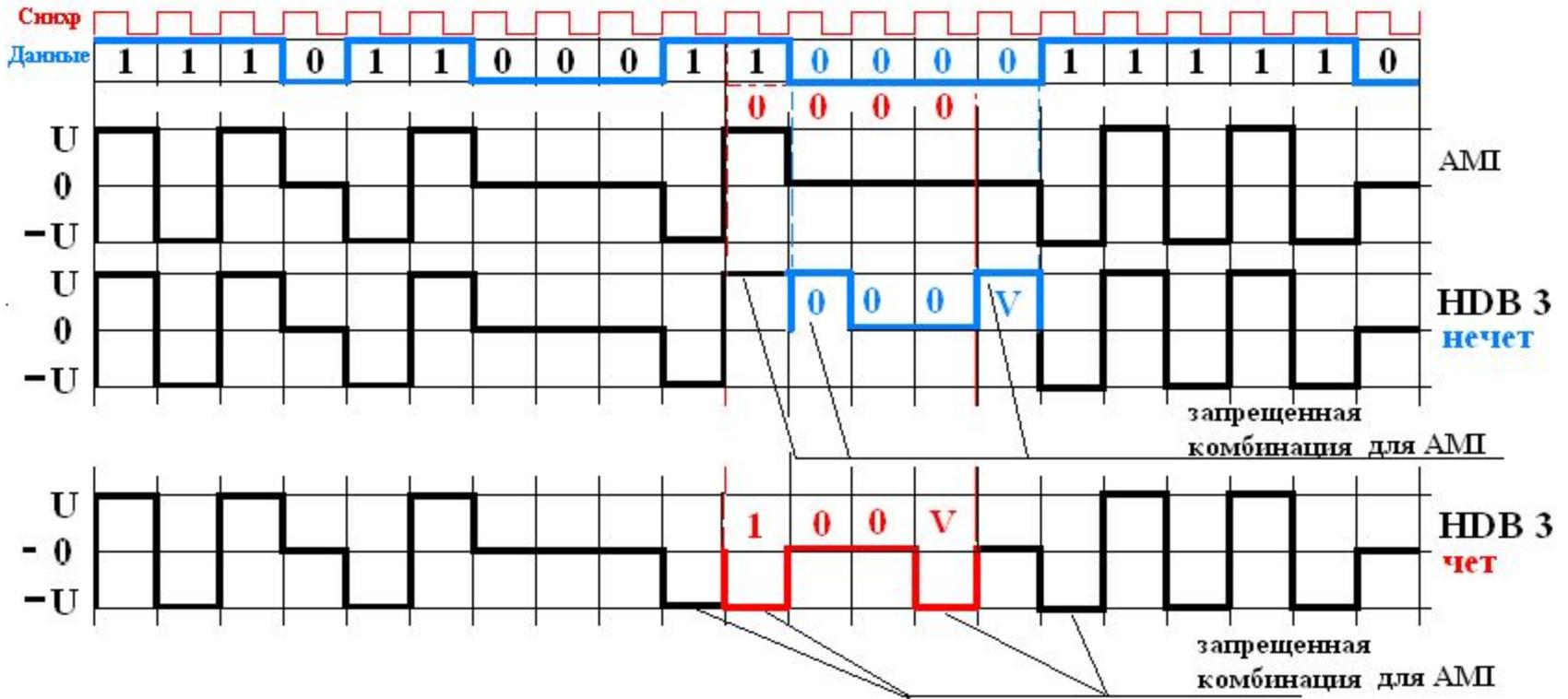
Бинарное кодирование Двух уровневый код

0



Тринарное кодирование Трехуровневый код





### high density bipolar of order 3 (HDB3)

Применяется по рекомендации МКТТ в Европейских сетях передачи данных

# Домашнее задание

- 1) ФАМИЛИЯ (русский)  код Морзе   
манчестерский код
- 2) Фамилия (английский)  КОИ7 (МТК-2)   
Дифференциальный манчестерский код
- 3) 3 буквы имени (русский)  ASCII  БВН1 (NRZ)
- 4) 3 буквы Имени (английский)  ASCII  БВН0
- 5) 3 буквы ИМЕНИ(русский)  ASCII  MLT3
- 6) 3 буквы имени (русский)  ASCII  HDB3 (ч)
- 7) 3 буквы Имени (русский)  КОИ8  2B1Q