

Практические задания по курсу “Компьютерные сети”

Задание 1 Представление физических адресов

Физический (MAC) адрес представляет собой 48-битное двоичное число, состоящее из двух частей по 24 бита:

- Уникального идентификатора производителя (OUI) сетевой карты;
- Назначаемого производителем номера сетевой карте, рисунок 1.



Рисунок 1 - Формат физического адреса

Для удобства представления MAC-адрес разбивают на октеты по 8-бит, которые представляют в шестнадцатеричной форме и отделяют друг от друга при помощи тире или двоеточий.

Например:

1-й октет	2-й октет	3-й октет	4-й октет	5-й октет	6-й октет
00000000	01100000	00101111	00111010	00000111	10111100

00-60-2F-3A-07-BC

00:60:2F:3A:07:BC

Также иногда используется запись в шестнадцатеричной форме с помощью хекстетов по 16-бит, которые отделяют точками:

0060.2F3A.07BC

Шестнадцатеричная форма записи удобна своей компактностью и простотой перевода из двоичной формы и обратно. В данной форме записи используются цифры от 0 до 9 и буквенные символы от A до F, рисунок 2. Для обозначения того, что число записано в 16-м формате перед ним добавляют символ 'h' или '0x'.

Десятичные	Двоичные	Шестнадцатеричные
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

Рисунок 2 - Сравнение десятичной, двоичной и шестнадцатеричной систем

Для перевода из двоичной формы в шестнадцатеричную необходимо разбить октет на две части по 4 бита и записать из представление в 16-й форме. Например:

$$01111010 = '0111' + '1010' = '7' + 'A' = 0x7A$$

Для представления шестнадцатеричных чисел в двоичной форме производится обратная операция, когда каждую 16-ю цифру представляют в двоичной форме:

$$A5 = '1010' + '0101' = 10100101$$

Представьте физические адреса из таблицы 1 в шестнадцатеричной форме (номер варианта - последняя цифра зачетной книжки).

Таблица 1

№ варианта	Двоичный адрес
0	10101011.01110100.11110000.00011100.11101101.01011100
1	01101011.10100100.10110001.00111100.11111101.01011101
2	10001011.10100101.10110011.10111100.01100101.01011111
3	00010111.1111101.00100011.11111100.00100111.01000011
4	10010101.11001101.00100000.11010100.11000101.01010010
5	11111101.11010101.00101010.00010100.11000101.01110011
6	00110110.10010011.11101011.10010101.11000111.01110000
7	10011011.10110011.11001111.00010111.11000100.01111010
8	01011001.10010011.11001011.11010111.10011000.01011011
9	01000001.10010000.00001001.11011001.11011001.01011000

Представьте физические адреса из таблицы 2 в двоичной форме (номер варианта - последняя цифра зачетной книжки).

Таблица 2

№ варианта	Шестнадцатеричный адрес
0	0C-21-3A-35-FE-11
1	C8-60-00-DD-BE-D4
2	61-2F-D0-0A-00-CC
3	05-AA-76-BD-11-CF
4	E4-00-3C-F4-23-19
5	9B-0E-CB-EF-C0-7A
6	F2-EE-7B-34-43-A5
7	5D-57-04-C7-9F-AC
8	0B-BA-08-C4-E6-F7
9	06-5E-A3-09-CC-7D

Задание 2. Определение групповых адресов

Групповые адреса Ethernet или адреса для многоадресной (групповой) рассылки используются для отправки кадров нескольким (но не всем!) узлам в локальной сети, рисунок 3.

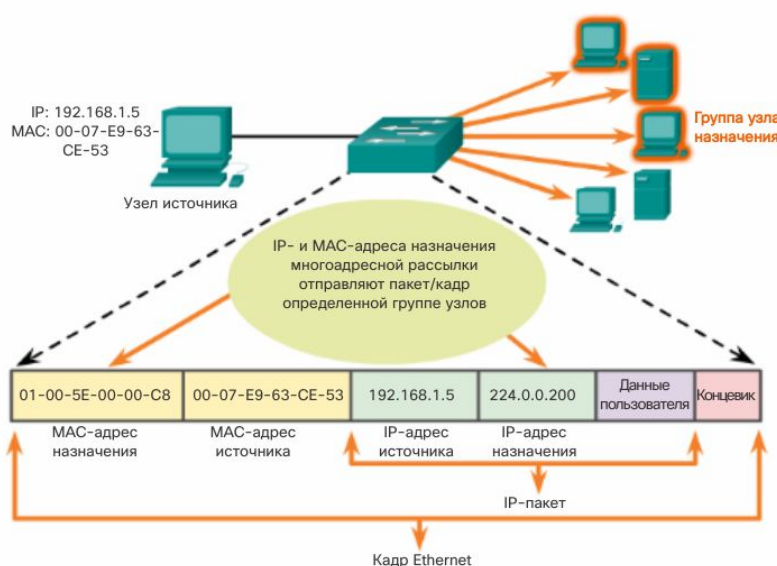


Рисунок 3 - Многоадресная рассылка

Групповые адреса используются для таких приложений как IPTV, видеоконференции, вебинары. В отличие от широковещательных адресов они не перегружают трафиком те устройства, которые не пользуются данными приложениями.

При подписке на службу многоадресной рассылки у узлов в локальной сети на основе IP-адресов многоадресной рассылки формируются групповые MAC-адреса. Адреса IPv4 для групповой рассылки занимают диапазон:

224.0.0.0 ... 239.255.255.255

В сетях Ethernet для групповых адресов, используемых пользовательскими приложениями работающими по протоколу IPv4, первые биты адреса имеют значение 01-00-5E в шестнадцатеричной форме. Младшие 23 бита MAC-адреса формируются на основе группового

IPv4-адреса. Например, определим групповой MAC-адрес, если для рассылки используется групповой IPv4 адрес 224.0.0.200.

1) Вначале представим IPv4 адрес в двоичной форме:

11100000.00000000.00000000.00000000.11001000

2) Теперь представим младшие 23-бита в шестнадцатеричной форме:

00-00-C8

3) Добавив старшие биты получим следующее значение MAC-адреса:

01-00-5E-00-00-C8

Определите групповые MAC-адреса для групповых IPv4-адресов таблицы 3 (номер варианта - последняя цифра зачетной книжки).

Таблица 3

№ варианта	IPv4 адрес
0	224.0.10.110
1	224.1.11.58
2	224.0.60.70
3	224.21.27.15
4	224.42.101.18
5	224.33.57.205
6	224.101.18.250
7	224.200.100.50
8	224.78.92.17
9	224.255.127.35

Задание 3. Получение IPv6 адресов на основе физических адресов

Адрес протокола IPv6 представляет собой 128-битное двоичное число. Для компактности IPv6 адрес обычно записывают с использованием шестнадцатеричной системы счисления. В этом случае весь адрес делится на 8 хекстетов по 16-бит, которые записывают в 16-м формате, разделяя двоеточиями, например:

2001:0DB8:AAAA:00BB:0000:0000:0000:1234

Для сокращения записи можно опускать старшие нули в хекстетах, а также, один раз, подряд несколько хекстетов состоящих из одних нулей:

2001:DB8:AAAA:BB::1234

Весь IPv6 адрес делится на две части по 64-бита, рисунок 4:

- Префикс сети
- Идентификатор интерфейса

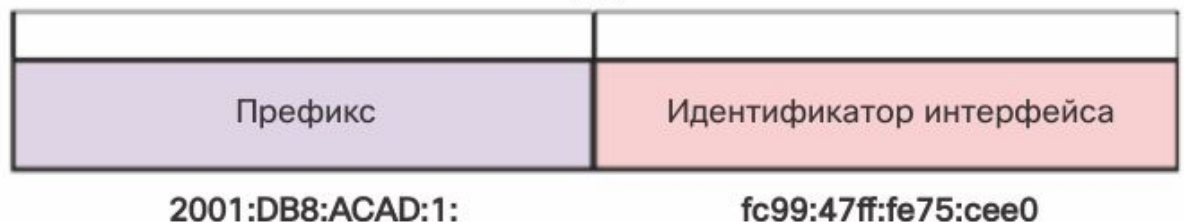


Рисунок 4 - Структура адреса IPv6

Для конфигурации индивидуальных IPv6 адресов на узлах может быть использован механизм автоконфигурации (SLAAC), который позволяет устройству самостоятельно назначать себе IPv6 адрес без обращения к специализированным протоколам, таким как DHCPv6.

При использовании SLAAC узел запрашивает префикс сети у маршрутизатора. Для этого узел посылает специальное сообщение ICMPv6 на групповой адрес для всех маршрутизаторов FF02::2 (Router Solicitation). В ответ маршрутизатор посылает сообщение на групповой

адрес для всех узлов FF02::1 (Router Advertisement), в котором содержится префикс маршрутизации. Оставшиеся 64-бита для идентификатора интерфейса узел выбирает самостоятельно, используя какой-либо алгоритм или случайным образом.

В качестве такого алгоритма на узлах может использоваться алгоритм EUI-64. В EUI-64 идентификатор интерфейса формируется на основе MAC-адреса сетевой карты.

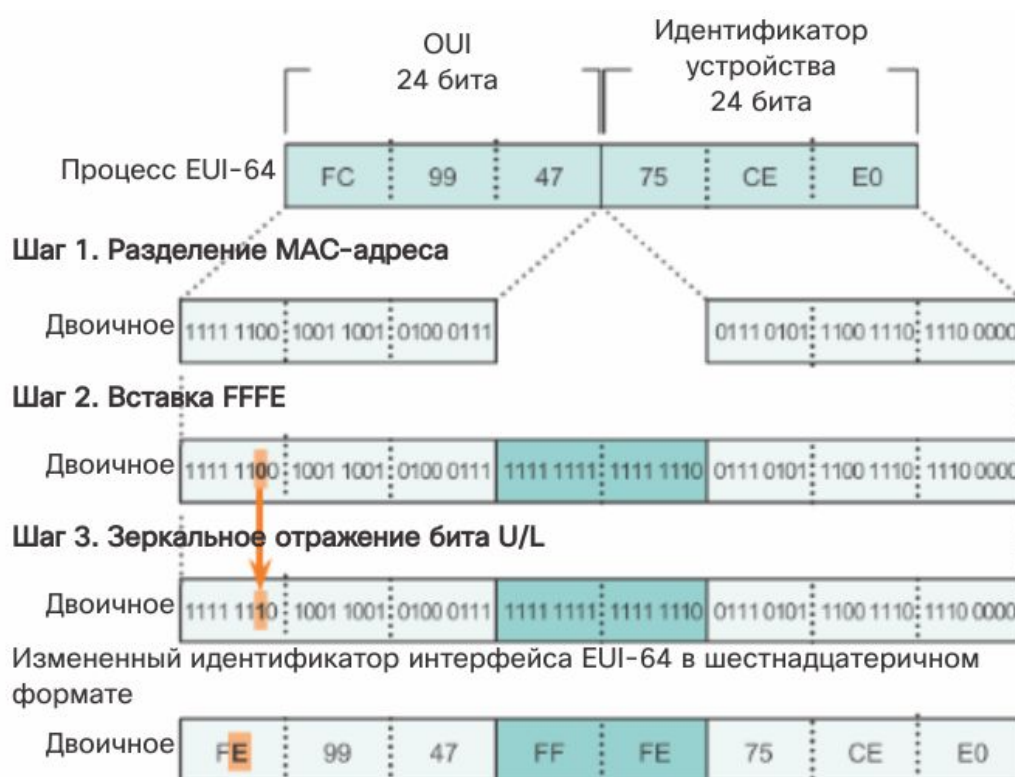


Рисунок 5 - Алгоритм EUI-64

При использовании EUI-64 в середину 48-битного MAC адреса вставляют 16-битное значение FFFE, рисунок 5. Кроме того 7-бит MAC-адреса (универсально-локальных) должен быть инвертирован с 0 на 1. Например, пусть использован префикс сети для локальных адресов IPv6 FE80::/10 и MAC-адрес FC-99-47-75-CE-E0, тогда сгенерированный по EUI-64 локальный IPv6 адрес будет иметь вид:

FE80::FE99:47FF:FE75:CEE0

После того как адрес сгенерирован узел должен проверить, что в сети нет узлов с таким же адресом. Для этого он посылает специальное сообщение ICMPv6 (Neighbor Solicitation) на групповой адрес, состоящий из префикса FF02::1:FF00:0/104 и младшими 24-битами из сгенерированного адреса. Для адреса FE80::FE99:47FF:FE75:CEE0 ICMPv6 NS сообщение будет послано на адрес FF02::1:FF75:CEE0.

Сгенерируйте локальные IPv6 адреса, используя следующие MAC-адреса из таблицы 4 (номер варианта соответствует последней цифре зачетной книжки).

Таблица 4

№ варианта	MAC-адрес
0	A0-77-18-BC-F0-11
1	DE-0C-55-44-FC-01
2	01-AA-35-BF-95-C9
3	94-CD-AF-BC-CC-22
4	27-39-FE-88-EC-C2
5	AA-04-19-C0-28-EF
6	DB-75-23-EE-89-23
7	C0-E1-62-A0-C7-DF
8	9A-C5-E4-F9-24-3B
9	B4-3C-5B-8F-29-34

Также как и для IPv4 для адресов IPv6 используются специальные групповые MAC-адреса в Ethernet и WiFi. Первые два байта группового MAC адреса должны иметь значение 33:33, а оставшиеся 32-бита берутся

из младших бит группового IPv6-адреса. Так, например, для группового IPv6-адреса всех маршрутизаторов MAC адрес будет иметь вид:

33:33:00:00:00:01

Запишите групповые MAC-адреса для всех узлов и для данного узла, соответствующие вашему варианту из таблицы 4.

Задание 4. Блочное кодирование Ethernet

В сетях Ethernet для передачи двоичных данных по линиям широко применяется блочное кодирование. Блок - это некоторое число последовательных бит, например, 4 или 8 бит. Такому блоку ставится в соответствие новый блок из большего числа бит, например, 5 или 10. Дополнительные биты в блоке позволяют производить проверку блоков на наличие ошибок, а также гарантировать в потоке бит достаточное количество переходов между символами 0 и 1 для устойчивой синхронизации кадров. Тип блочного кода обозначается как mBnB, где m - число бит в исходном блоке, n - число бит в соответствующем блоке. Например: 4B5B, 8B10B, 64B66B.

Рассмотрим блочный код 4B5B, который используется для кодирования в стандартах сетей Fast Ethernet, работающим по витой паре. В данном блочном коде к блоку из 4-х бит ставится в соответствие блок из 5 бит. Соответствие между исходными блоками и полученными после кодирования представлены в таблице 5. Все остальные блоки кода 4B5B либо являются запрещенными, т.е. их появление в потоке сигнализирует об ошибке, либо используются для передаче служебной информации. Так, например, блоки из чередующихся нулей и единиц служат для предварительной тактовой синхронизации сетевых карт и передаются непосредственно перед передачей кадров.

Преимуществом блочного кодирования является простота реализации, а недостатком - возрастание требований к пропускной способности линий.

Для примера использования блочного кодирования, представим последовательной для передачи 16-х символов 0x7B9C. Исходная битовая последовательность будет иметь вид:

0111-1011-1001-1100

Таблица 5 - Блочное кодирование Fast Ethernet

Блок	Код 4B5B	Блок	Код 4B5B
0000	11110	1000	10010
0001	01001	1001	10011
0010	10100	1010	10110
0011	10101	1011	10111
0100	01010	1100	11010
0101	01011	1101	11011
0110	01110	1110	11100
0111	01111	1111	11101

На основе данных из таблицы 5, битовый поток для передачи данной последовательности будет иметь вид:

01111101111001111010

Поскольку многие анализаторы трафика, например Wireshark, используют 16-ю форму представления данных, представим данный поток в 16-й форме:

0x7DE7A

Согласно варианту из таблицы 6 (номер варианта - последняя цифра зачетной книжки), представьте битовый поток для передачи в двоичной и 16-й формах.

Таблица 6

№ варианта	Данные	№ варианта	Данные
0	0D7A	5	1C53
1	B4C9	6	9645
2	EF04	7	AC29
3	67A3	8	D7B4
4	34B5	9	21E0

В сетях Gigabit Ethernet, работающих по медной витой паре применяется блочный код 8B10B, в котором исходный блок из 8 бит делится на две части: верхнюю (старшую) из 3 бит и нижнюю (младшую) из 5 бит. Верхней части ставится в соответствие блок из 4 бит из таблицы 7, а нижней из 6 бит, таблица 8. Затем оба блока объединяют и таким образом формируется блок из 10 бит, который ставится в соответствие исходной последовательности. Таким образом данный блочный код фактически является комбинацией двух кодов: 3B4B и 5B6B.

Поскольку для передаче по витой паре используется псевдотроичный код, в котором происходит чередование положительных и отрицательных импульсов для передачи логических единиц, то важным требованием для становится их балансировка для того, чтобы добиться нулевой постоянной составляющей тока по витой паре. Это достигается тем, что для некоторых блоков может быть два соответствия в зависимости от текущей разбалансировки (RD) для положительных (+1) и отрицательных (-1) импульсов.

Таблица 7 - Код 3B4B

Блок	Код 3B4B	
	RD=-1	RD=+1
000	0100	1011
001	1001	
010	0101	
011	0011	1100
100	0010	1101
101	1010	
110	0110	
111	0001	1110

Таблица 8 - Код 5B6B

Блок	Код 5B6B	Блок	Код 5B6B
	RD=-1/+1		RD=-1/+1
00000	100111/011000	10000	011011/100100
00001	011101/100010	10001	100011
00010	101101/010010	10010	010011
00011	110001	10011	110010
00100	110101/001010	10100	001011
00101	101001	10101	101010
00110	011001	10110	011010
00111	111000/000111	10111	111010/000101
01000	111001/000110	11000	110011/001100
01001	100101	11001	100110
01010	010101	11010	010110
01011	110100	11011	110110/001001
01100	001101	11100	001110
01101	101100	11101	101110/010001
01110	011100	11110	011110/100001
01111	010111/101000	11111	101011/010100

Закодируем кодом 8B10B последовательность 0x7B9C при RD=-1. Первые 8 бит данной последовательности разбиваем на блоки 011 и 11011, которым ставятся в соответствие блоки 0011 и 110110. Следующие 8 бит представляются в виде блоков 100 и 11100, которым соответствуют блоки 0010 и 001110. Таким образом получается поток 00111101100010001110, который в 16-й форме имеет вид: 0x3D88E.

Закодируйте кодом 8B10B последовательность для своего варианта из таблицы 2 (для четных RD=+1, для нечетных RD=-1).

Задание 5. Линейное кодирование Ethernet

Для передачи двоичного сигнала по среде используются различные типы линейного кодирования, в зависимости от вида среды. Для наиболее распространенных стандартов Ethernet применяют следующие типы линейных кодов:

- Манчестерский;
- Код с без возврата к нулю (NRZ);
- Инвертированный код без возврата к нулю (NRZI);
- Код многоуровневой передачи (MLT3);
- Код импульсно-амплитудной модуляции (PAM5).

Манчестерское кодирование применяется для Ethernet (10BASE-T). В данном типе кодирования логические нули передаются изменением амплитуды сигнала с отрицательного значения (-2,5 В) на положительное (+2,5 В) на тактовом интервале, рисунок 6. Логические единицы передаются изменением с положительной амплитуды на отрицательную.

В коде без возврата к нулю логические единицы передаются высоким значением амплитуды на тактовом интервале, а нули - низким. Код NRZ применяется для стандартов сетей Ethernet, работающим по оптическим волокнам, таких как 1000BASE-LX и 10GBASE-SR.

Код NRZI является модификацией кода NRZ. В данном коде логические нули передаются низким уровнем сигнала, а логические единицы - поочередным изменением с низкого уровня на высокий и обратно. Данный код используется в сетях 100BASE-FX.

Многоуровневый код MLT3 использует три уровня сигнала: -2,5 В, 0 В и +2,5 В. При передаче логических единиц происходит последовательное изменение уровня сигнала на границах тактовых интервалов с -2,5 В на 0 В, с 0 В на +2,5 В, а затем обратно. Логические

нули передаются сохранением состояния. Этот код применяется в 100BASE-TX.

В PAM5 используется 4 уровня сигнала для передачи комбинаций из двух бит:

00: -1 В;

01: - 0,5 В;

10: +0,5 В;

11: + 1 В.

PAM5 применяется в стандарте 1000BASE-T.

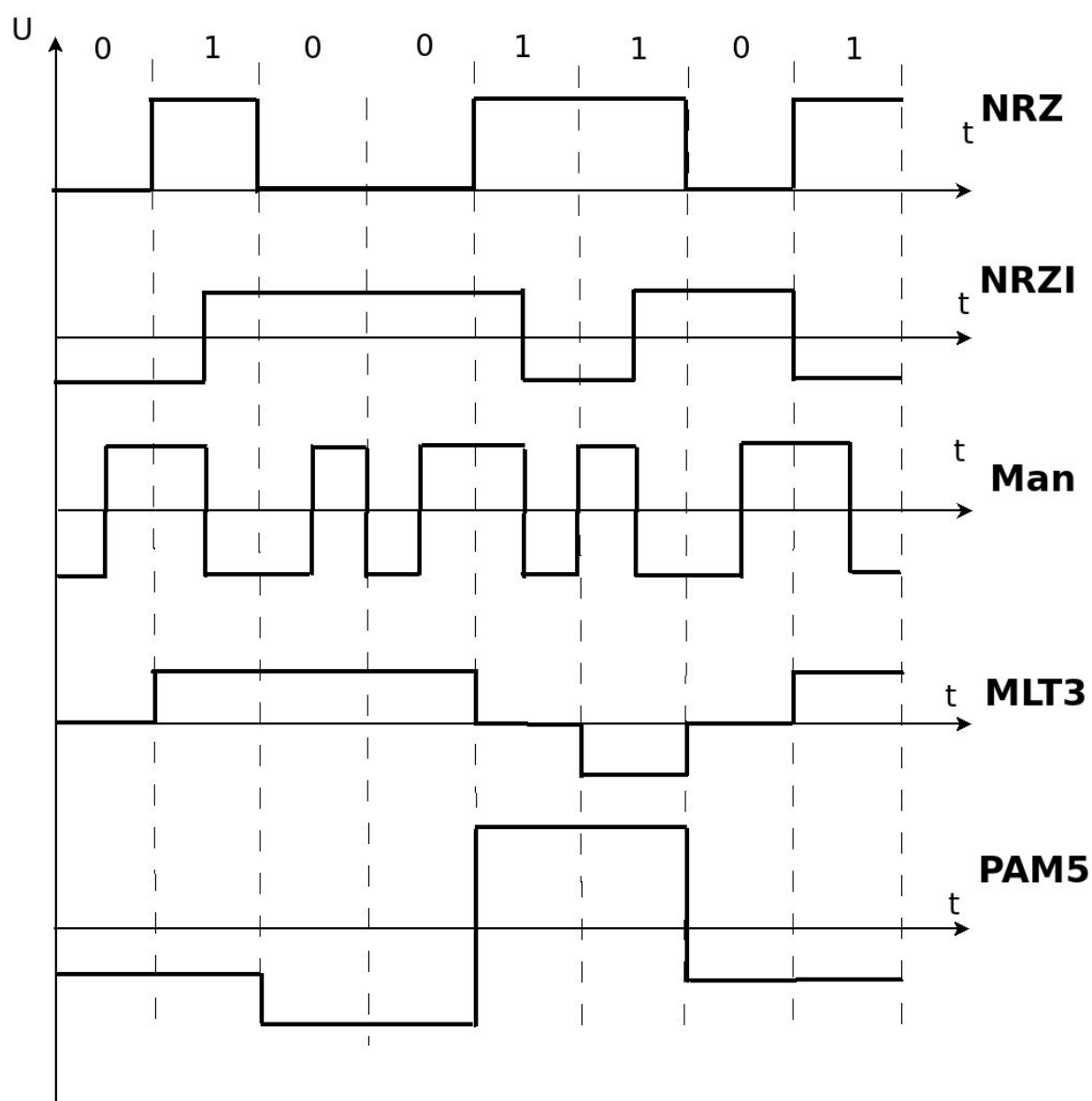


Рисунок 6 - Линейные коды Ethernet.

Закодируйте последовательности приведенными в таблице 6.1 данными типами линейных кодов (номер варианта - последняя цифра зачетной книжки). Символы '0x' обозначают шестнадцатеричную форму записи.

Таблица 9

№ варианта	Последовательность
0	0x7C
1	0x2D
2	0xA9
3	0xBC
4	0x87
5	0x29
6	0xF6
7	0xE5
8	0x3A
9	0x4E