

Практическое занятие №1

«ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ВРЕМЕННАЯ КОММУТАЦИЯ ЦИФРОВЫХ КАНАЛОВ»

1 Цель занятия

Изучение принципов построения и работы пространственных и временных коммутаторов цифровых каналов, используемых в цифровых системах коммутации.

2 Литература

Гольдштейн Б.С. Системы коммутации / Учебник для вузов, 2-е изд. – СПб.: БХВ - Санкт-Петербург, 2004. – С. 100-103.

3 Контрольные вопросы

1. Какие временные каналы можно коммутировать в пространственном коммутаторе?
2. Какой основной недостаток имеет пространственная коммутация цифровых каналов?
3. Какие логические элементы используются в пространственных коммутаторах цифровых сигналов?
4. Сколько мультиплексоров в пространственном коммутаторе на 14 входящих и 18 исходящих ИКМ-линий?
5. Сколько входов у мультиплексоров пространственного коммутатора на 8 входящих и 12 исходящих ИКМ-линий?
6. Сколько ячеек памяти в адресных ЗУ пространственного коммутатора на 16 входящих и 8 исходящих ИКМ-линий?
7. Какова разрядность адресного ЗУ пространственного коммутатора на 16 входящих и 32 исходящих ИКМ-линий?
8. Какой мультиплексор используется в пространственном коммутаторе при коммутации 14 входящей ИКМ-линии с 5 исходящей линией?
9. Какой вход мультиплексора используется в пространственном коммутаторе при коммутации 5 входящей с 16 исходящей ИКМ-линией?
10. Какая информация записывается в ячейках адресного ЗУ мультиплексоров пространственного коммутатора?
11. Каков основной недостаток имеет временная коммутация цифровых каналов?
12. На каких элементах строятся временные коммутаторы?

13. Возможна ли временная коммутация канального интервала 29 с канальным интервалом 17?
14. Какова будет временная задержка при коммутации канального интервала 14 КИ с канальным интервалом 6?
15. Какова будет временная задержка при коммутации канального интервала 11 с канальным интервалом 31?
16. Из чего состоит временной коммутатор?
17. Какова разрядность разговорной памяти временного коммутатора?
18. Какова разрядность адресной памяти временного коммутатора на одну цифровую линию ИКМ-30?
19. Какая информация записывается в ячейки адресной памяти временного коммутатора?
20. Сколько ячеек содержит адресная память временного коммутатора на одну цифровую линию ИКМ-30?
21. В чем отличие разных способов управления работой РЗУ?

4 Задания

Задание 1.

В пространственном коммутаторе (ПК), имеющем 16 входящих и 16 исходящих цифровых линий ИКМ-30/32, реализовать коммутацию двухстороннего разговорного соединения. Номера входящей и исходящей ИКМ-линий и номер входящего канального интервала (КИ) приведены в табл. 1 (номер варианта соответствует номеру студента в списке группы).

Таблица 1. Варианты исходных данных для задания 1

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Входящая ИКМ-линия	3	11	15	0	4	11	4	5	6	10	9	12	13	14	2	7	11	3	8	10	1	9	4	7	12
Входящий КИ	15	7	4	21	19	30	11	25	0	31	29	5	18	27	10	26	9	14	29	7	3	1	12	2	24
Исходящая ИКМ-линия	12	8	9	14	6	5	12	2	13	8	7	1	0	12	6	4	10	7	13	4	6	15	11	10	1
Реализация ПК	М	Д	М	Д	М	Д	М	Д	М	Д	М	Д	М	Д	М	Д	М	Д	М	Д	М	Д	М	Д	М

Примечание: М – мультиплексор, Д - демультиплексор
 Нумерация ИКМ-линий и КИ в них начинается с нуля!

Требуется:

1. Изобразить схему пространственного коммутатора с указанием используемых при коммутации мультиплексоров/демультиплексоров, номера ячеек управляющей памяти и их содержимого при коммутации разговорного соединения.
2. Определить требуемое число и характеристики мультиплексоров/демультиплексоров, характеристики управляющей памяти мультиплексоров/ демультиплексоров.
3. Указать особенности реализации двухсторонней связи в пространственном коммутаторе.

Задание 2.

Во временном коммутаторе на одну линию ИКМ-30/32 реализовать коммутацию входящего разговорного канального интервала (КИ) с исходящим КИ в соответствии с данными табл. 2 (номер варианта соответствует номеру студента в списке группы).

Таблица 2. Варианты исходных данных для задания 2

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Входящий КИ	15	7	4	21	19	30	11	25	1	31	29	5	18	27	10	26	9	14	29	7	2	28	6	24	12
Исходящий КИ	4	18	31	1	28	7	19	13	31	3	2	16	24	19	5	12	15	8	23	18	30	11	29	14	6
Кодовый отсчет речевого сигнала	102	65	52	91	196	204	75	245	186	19	37	134	25	216	157	48	11	182	255	9	83	171	211	36	142
Способ работы РЗУ	Последоват	Произвольн	Последоват	Произвольн	Последоват	Произвольн	Последоват	Произвольн	Последоват	Произвольн	Последоват	Произвольн	Последоват	Произвольн	Последоват	Произвольн	Последоват	Произвольн	Последоват	Произвольн	Последоват	Произвольн	Последоват	Произвольн	Последоват

Требуется:

1. Изобразить схему временного коммутатора с указанием номеров ячеек разговорного (РЗУ) и адресного (АЗУ) запоминающих устройств и содержимого этих ячеек в двоичном коде.

2. Описать процесс работы схемы при установлении соединения. Указать особенность реализации двухсторонней связи.

3. Определить временную задержку информации при коммутации указанных КИ на передачу и на прием.

5 Содержание отчета

По заданию 1:

1. Схема пространственного коммутатора с указанием всех параметров (номеров используемых мультиплекторов/демультиплекторов, номеров их входов/выходов, номеров и содержимого ячеек памяти).

2. Расчет числа и характеристик мультиплекторов/демультиплекторов, характеристик адресной памяти каждого мультиплектора/демультиплектора.

3. Описание реализации двухсторонней связи в пространственном коммутаторе.

По заданию 2:

1. Схема временного коммутатора с указанием всех параметров (номеров и содержимого ячеек памяти).

2. Описание процесса работы схемы при установлении соединения с указанием параметров работы схемы для реализации коммутации обратного направления.

3. Расчет временной задержки информации при коммутации на передачу и на прием.

6 Методические указания

6.1 Пространственная коммутация каналов

Схематически простейшую коммутационную структуру, реализующую пространственную коммутацию каналов, можно представить в виде прямоугольной решетки, составленной из точек коммутации, разнесенных между собой в пространстве (рис. 1).

Если к входам и выходам подсоединены двухпроводные цепи, то на каждое соединение требуется только одна точка коммутации (вторым проводом является общая точка – положительный полюс электропитающей установки узла коммутации). Коммутационные системы для четырехпроводных цепей (цифровая коммутация каналов)

требуют установления отдельных соединений – для прямой и обратной ветви цепи передачи.

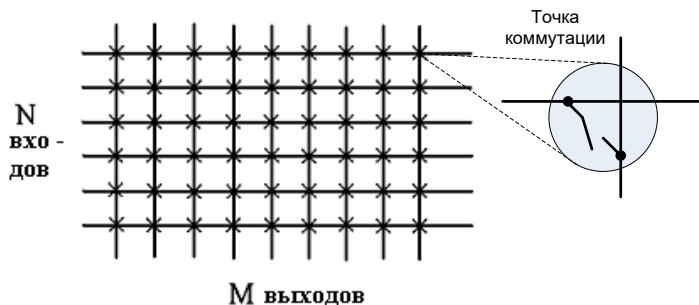


Рис. 1 - Полнодоступная коммутационная схема (коммутатор)

Пространственная коммутация цифровых каналов (канальных интервалов - КИ) трактов ИКМ заключается в том, что информация переносится из одного тракта ИКМ в другой без изменения временного положения КИ. Это проиллюстрировано примером, показанном на рис. 2, где информация КИ 5 переносится из тракта 1 во второй тракт в то же временное положение. На этом же рисунке показано второе пространственное соединение 2-го тракта с первым для КИ 21.

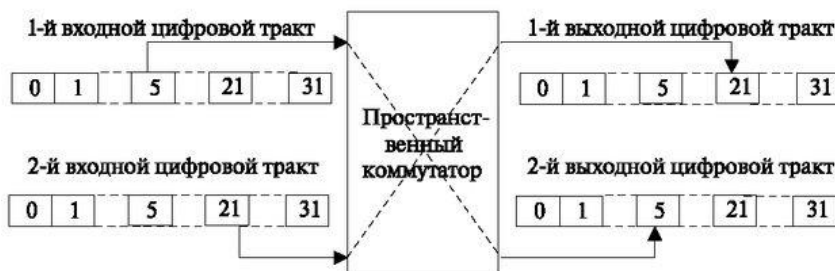


Рис. 2 – Работа пространственного коммутатора цифровых каналов

6.2 Реализация пространственной коммутации

Пространственный коммутатор (ПК) предназначен для синфазной коммутации каналов определенных входящей и исходящей ИКМ- линий в одном и том же КИ, поэтому он не требует включения в тракт запоминающих устройств (ЗУ).

Рассмотрим пространственный коммутатор на N -входов и M -выходов. Во входы включены соответственно N цифровых линий ИКМ,

в выходы - M цифровых линий, каждая ИКМ-линия имеет n -временных каналов (КИ). Такой коммутатор имеет $N \times M$ пространственных точек коммутации, которые могут быть реализованы на мультиплексорах или демультиплексорах.

Мультиплексор (MUX) – это цифровое комбинационное устройство без элементов памяти, у которого имеется несколько входов, информация из которых передается на один выход в соответствии с управляющей (адресной) информацией. На рис 3 показан MUX на 8 входов ($X_0 \div X_7$), он имеет 3 адресных входа ($A_0 \div A_2$). Вход E (Enable) разрешает или запрещает прохождение входного сигнала на выход.

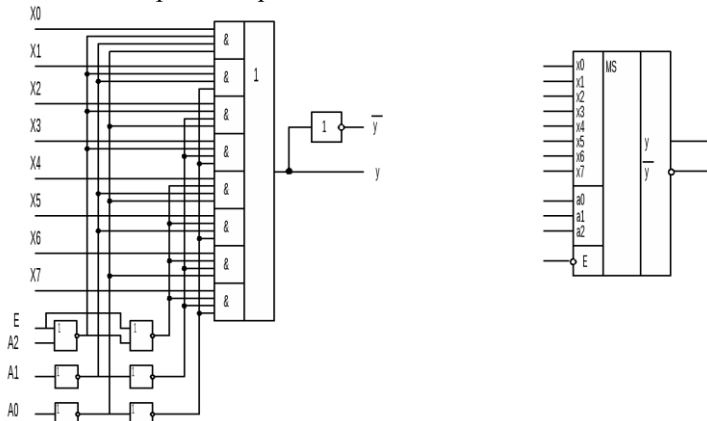


Рис. 3 - Мультиплексор на 8 входов: логическая схема и обозначение

Демультиплексор (DMX) – в отличие от мультиплексора наоборот имеет один вход и несколько выходов, информация на один из них передается с входа в соответствии с управляющей (адресной) информацией (рис. 4). Вход V аналогичен входу E в мультиплексоре.

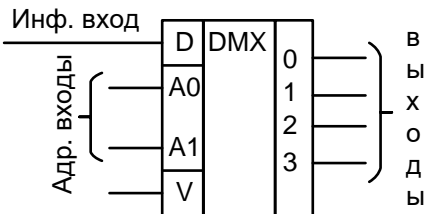


Рис. 4 – Демультиплексор на 4 выхода

На рис. 5 представлена структурная схема ПК 8x16, реализованная на мультиплексорах.

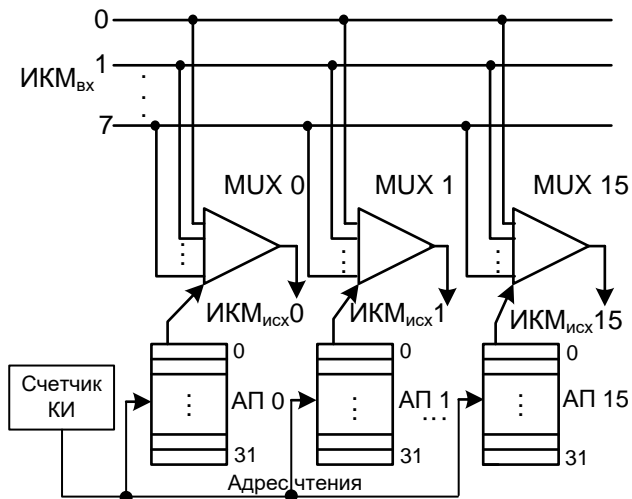


Рис. 5 - Схема пространственного коммутатора 8x16 на мультиплексорах

Такой ПК управляется по входу. Схема имеет 16 мультиплексоров, у которых соответствующие входы запараллелены. С каждым мультиплексором связана своя адресная память (АП), в ячейки которой информацию записывает устройство управления (УУ). Содержимое ячеек АП указывает на то, какой из 8-ми входов мультиплексора должен быть проключен на выход в момент времени (КИ), номер которого совпадает с номером ячейки АП. Разрядность каждой ячейки АП равна 3 (определяется по формуле $\log_2 N$, где N – число входящих цифровых линий ИКМ). В одну из этих 32-х ячеек адресной памяти, соответствующей требуемому каналному интервалу (КИ), УУ предварительно записывает адрес входа (ИКМ_{Вх.}), который должен быть подключен к заданному выходу (номер выхода определяется номером мультиплексора).

Когда на ПК поступает информация в КИ с номером N , из ячейки адресной памяти с номером N считывается адрес, который определяет, с какого входа данного мультиплексора информация должна быть проключена на его выход.

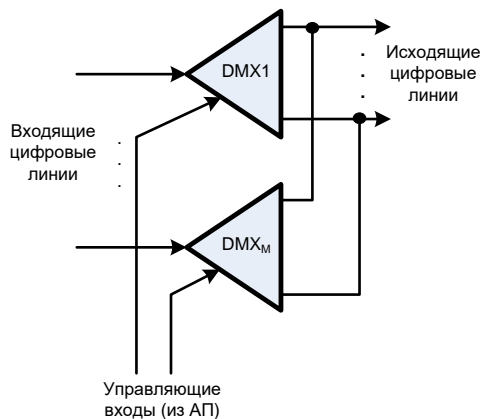


Рис. 6 - Схема пространственного коммутатора на демультиплексорах

Пространственный коммутатор может управляться и по выходу. В этом случае для реализации точек коммутации в ПК используются демультиплексоры (DMX), число которых равно числу входящих цифровых линий и у них одноименные выходы запараллелены (рис. 6). Управляющая информация, поступающая из адресной памяти, определяет, на какой выход демультиплексора должна быть проключена информация с его входа в момент времени, соответствующий номеру КИ входящей цифровой линии и совпадающий с номером ячейки АП. Разрядность ячеек АП демультиплексоров определяется по формуле $\log_2 M$, где M – число исходящих цифровых линий. В случае использования цифровых линий ИКМ-30/32 число ячеек АП равно 32 по числу КИ в тракте.

В пространственном коммутаторе имеется возможность коммутировать только одноименные (синфазные) каналы. По этой причине коммутационные поля, построенные только на базе ПК, не получили на практике широкого применения.

6.3 Временная коммутация

Блок или модуль, осуществляющий функцию временной коммутации цифрового сигнала (преобразование его временной координаты), называется *временным коммутатором* (ВК). Пусть на вход ВК включена входящая цифровая линия ИКМвх1, а с выхода ВК уходит исходящая ИКМисх2 (рис. 7). За каждым временным

интервалом закреплен строго определенный каналный интервал цифровой линии ИКМ (например, речевой сигнал абонента). Пусть абонент А закреплен за каналным интервалом i входящей ИКМ-линии, а абонент В за каналным интервалом j исходящей ИКМ-линии. Изменение порядка следования одного каналного интервала исходящей ИКМ-линии по сравнению с входящей означает передачу речевой информации от одного абонента к другому. В этом и заключается принцип временной коммутации (иногда говорят о перестановке каналных интервалов или перемещении информации из канала в канал).

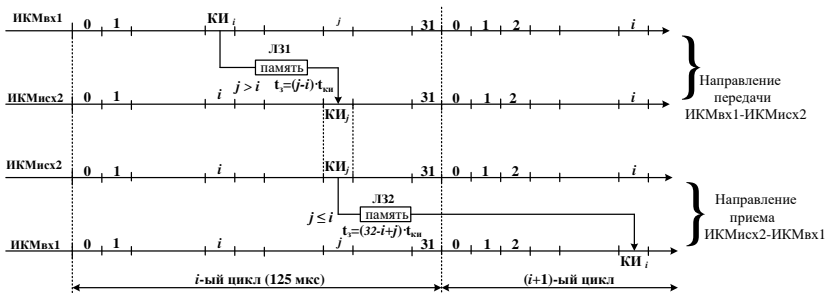


Рис. 7 – Принцип временной коммутации

Операция временной коммутации фактически является просто операцией задержки определенного кодового слова временного канала (информации определенного КИ) на заданное время τ , которое определяется разностью номеров КИ на входе (N_i) и на выходе (N_j) и длительностью одного КИ $T_{ки}$ (для цифрового тракта ИКМ-30/32 она равна 3,9 мкс):

$$\tau = (N_j - N_i) \times T_{ки}, \text{ при условии } j > i,$$

$$\tau = (32 + N_j - N_i) \times T_{ки}, \text{ при условии } j \leq i.$$

Примечание: во втором случае при $j \leq i$ информация из входного КИ i передается в выходной КИ j следующего цикла ИКМ, отсюда максимальная задержка во ВК будет при коммутации одноименных КИ на входе и выходе ($N_j = N_i$) и она равна длительности цикла ИКМ $32 \times T_{ки} = 125$ мкс.

Для осуществления двухстороннего (дуплексного) разговора абонентов необходимо, чтобы тракт был четырехпроводным. Поскольку электронная коммутация имеет однонаправленный характер (в силу того, что электронные компоненты имеют только одно направление передачи информации), то временная коммутация, как

правило, осуществляется не только прямая (i -й канал с j -м каналом), но и обратная (j -й канал с i -м).

6.4 Реализация временной коммутации

Для того чтобы обеспечить желаемую временную коммутацию каналов, звенья временной коммутации принципиально требуют наличия некоторого вида элементов задержки. Задержки легче всего реализовать с помощью запоминающего устройства (ЗУ) с произвольной выборкой (оперативное ЗУ – ОЗУ или RAM), запись в которые производится по мере поступления данных, а считывание при необходимости их передачи. Если для каждого канального интервала (КИ) в цикле ИКМ отведена одна ячейка памяти, то информация каждого канала с временным разделением может храниться без искажения повторной записью в течение времени вплоть до длительности одного полного цикла.

Рассмотрим схему работы временного коммутатора (ВК) (рис. 8). Последовательный цифровой поток ИКМ поступает на вход схемы ВК, которая преобразует информацию из последовательной формы в параллельную. Далее эта информация записывается в речевое (информационное) запоминающее устройство (РЗУ). Адрес записи устанавливается счетчиком временных каналов, который генерирует последовательно номера КИ в цикле ИКМ. Поэтому информация располагается в РЗУ по мере возрастания номера временного канала (КИ).

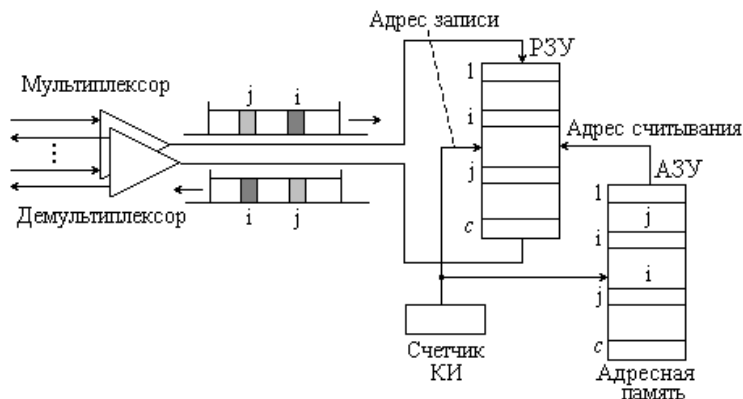


Рис. 8 - Структурная схема временного коммутатора

Считывание этой информации в исходящий тракт производится в соответствии с информацией, записанной в адресном запоминающем устройстве (АЗУ). Опрос этой памяти также производится по тактовым импульсам, приходящим от счетчика временных каналов. Каждый такт соответствует номеру КИ в исходящем цифровом тракте.

На рис. 8 адрес входящего канала i записан в адресной памяти на месте КИ j . И наоборот, адрес входящего канала j записан в адресной памяти на месте КИ i . Это означает, что при чтении из адресной памяти во время КИ j на вход РЗУ поступит адрес i . В результате в этом КИ (j) будет считана информация, поступившая по входящему КИ (i).

Таким образом, в течение каждого канального интервала к РЗУ производится два обращения. Первое обращение (Запись), когда некоторое управляющее устройство (на рис. 8 показано как счетчик КИ) выбирает номер КИ, который определяет адрес записи информации в требуемую ячейку РЗУ. Второе обращение (Чтение), когда содержимое адресной памяти (АЗУ), соответствующее определенному КИ, выбирается в качестве адреса считывания информации из соответствующей ячейки РЗУ.

Для управления работой РЗУ используются два способа:

- 1) последовательная запись и произвольное чтение;
- 2) произвольная запись и последовательное чтение.

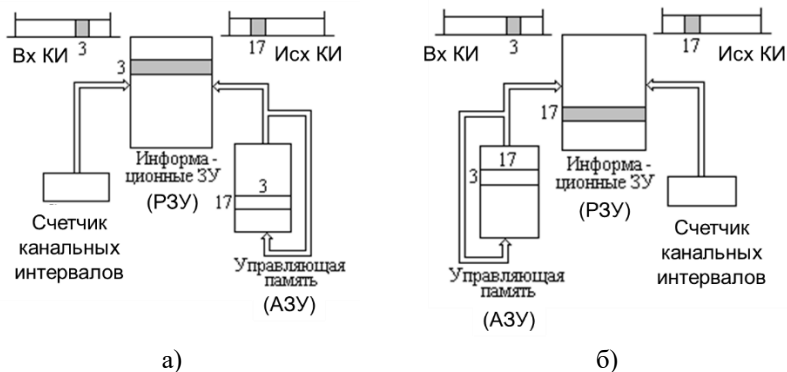


Рис. 9 Способы работы РЗУ временного коммутатора:

- а) последовательная запись – произвольное чтение;
- б) произвольная запись – последовательное чтение

На рисунке 9 показан принцип работы временной коммутации для обоих способов управления с иллюстрацией способа доступа к памяти при передаче информации из КИ №3 в КИ №17. Заметим, что

оба способа работы звена временной коммутации используют циклическую управляющую память, доступ к которой осуществляется синхронно с работой счетчика временных интервалов (КИ).

Согласно первому способу работы РЗУ, показанному на рис. 9а, определенные ячейки памяти закрепляются за соответствующими канальными интервалами (КИ) входящего тракта ИКМ. Информация каждого входящего КИ запоминается в последовательных ячейках памяти, что обеспечивается увеличением на 1 содержимого счетчика по модулю 32 на каждом КИ. Как уже отмечалось, информация, принятая в течение КИ №3, автоматически запоминается в третьей ячейке РЗУ. При выдаче информации из РЗУ управляющая информация, поступающая из адресной памяти, определяет адрес считывания информации для заданного КИ. Как уже было указано, семнадцатое слово адресной памяти содержит число 3, т.е. содержимое РЗУ по адресу 3 должно быть прочитано и передано по исходящему тракту в течение КИ №17.

Второй способ работы звена временной коммутации, показанный на рисунке 9б, является противоположностью первого. Поступающая на вход информация записывается в ячейки РЗУ в соответствии с адресом, хранящимся в адресной памяти; однако считывание информации производится последовательно ячейка за ячейкой под управлением счетчика канальных интервалов. Как показано в данном примере, информация, принятая в течение канального интервала 3, записывается непосредственно в РЗУ по адресу 17, откуда автоматически считывается в исходящий канал с номером 17 исходящего тракта ИКМ.

Заметим, что оба способа работы звена временной коммутации, показанные на рисунке 9, определяют соответственно *управление по выходу* и *по входу*. В примере многозвенной коммутационной схемы, рассматриваемой в следующем практическом занятии, удобно один способ работы использовать на одном звене временной коммутации, а второй способ — на другом звене.