

Как устроен KNX: от двух жил до битов телеграммы

Почему хватает одной пары, зачем блоку питания дроссель, откуда правила 350 / 700 / 1000 м, как устройство узнаёт «своё» сообщение и почему на шине 9600 бит/с живут десятки тысяч устройств. **Цифры даны для витой пары TP1** — основной среды KNX.

0 Шпаргалка цифр

ПАРАМЕТР	ЗНАЧЕНИЕ
Напряжение шины	30 В DC; устройства работают от 21 до 32 В (SELV)
Скорость	9600 бит/с, 1 бит = 104 мкс
Устройств в сегменте	64 (TP1-64) / до 256 (все TP1-256)
Сегментов в линии	до 4, через 3 повторителя
Линий / областей	15 + главная / 15 + магистраль
Адресов	65 536 индивидуальных и групповых
Кабель сегмента	≤ 1000 м всего со всеми ответвлениями
БП → устройство	≤ 350 м
Устройство ↔ устройство	≤ 700 м
БП на сегмент	≤ 2, разнос ≥ 200 м кабеля
Потребление	5–10 мА на устройство (считают 10)
Номиналы БП	160, 320, 640 мА; есть 960 и 1280
Полезные данные	14 / 254 байта (станд. / расшир.)
1-битная команда	≈ 20 мс, ≈ 50 телеграмм/с на линию
Повторов	до 3, потом телеграмма потеряна

1 Что такое KNX

Открытый стандарт шины автоматизации зданий (EN 50090, ISO/IEC 14543-3). Вырос из немецкой EIB 1990 года; в 1999-м EIB, BatiBUS и EHS объединились в KNX Association. Поэтому устройства сотен производителей работают на одной шине и настраиваются одной программой ETS.

Главная идея — децентрализация. Центрального контроллера нет: в каждой кнопке, реле и датчике свой микроконтроллер и приёмопередатчик. Датчик сам сообщает о событии, исполнитель сам решает, касается ли его сообщение. Отказ одного устройства не роняет остальные.

Среды: TP1 — витая пара, 9600 бит/с, питание и данные по двум жилам; IP — быстрая магистраль и точка подключения ETS; RF — радио 868 МГц; PL110 — по сети 230 В, почти вышла из употребления.

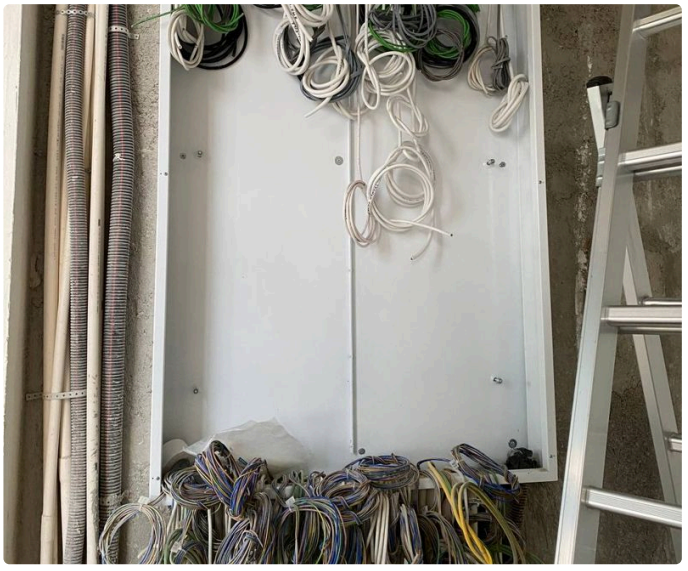
2 Две жилы: почему не четыре

Кабель — экранированная витая пара J-Y(St)Y или YCYM 2×2×0,8. Шина идёт по паре **красная (+) / чёрная (–)**, жёлтая и белая — резерв.

В RS-485 данные и питание идут по разным парам, Ethernet занимает четыре. **KNX накладывает данные прямо на постоянное напряжение питания**: устройство берёт из пары и ток, и сигнал. Меньше клемм, меньше ошибок разводки, одна шина вместо двух.

Сигнал симметричный: приёмник смотрит разность напряжений между жилами. Наводка от силового кабеля ложится на обе скрученные жилы одинаково и гасится.

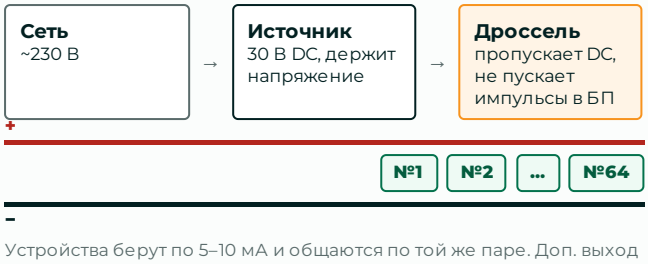
Топология свободная: шлейф, дерево, звезда, без терминаторов. Запрещено одно — замкнутое кольцо. Экран не подключают. Вторую пару можно отдать под вторую линию или доп. питание 24/30 В, но не под 230 В.



Кабели заведены в щит до сборки: линии KNX разводим без колец, шлейфом или деревом.

3 Блок питания и дроссель

У каждого сегмента свой блок питания KNX: около 30 В постоянного тока через встроенный дроссель (choke, по сути катушка индуктивности).



Устройства берут по 5–10 мА и общаются по той же паре. Доп. выход 30 В без дросселя на шину напрямую не подключают.

Почему без дросселя шина не работает

Стабилизированный источник держит ровно 30 В и тут же гасит любое быстрое изменение — для импульсов его сопротивление почти нулевое, он их закорачивает. Катушка разводит питание и данные по частоте (`X = 2πfL`): постоянный ток проходит без потерь, а для импульса 35 мкс она высокое сопротивление, и сигнал остаётся на шине.

Выравнивающий импульс

Передатчик шлёт «0», забирая ток 35 мкс, — напряжение проседает на 6–9 В. Ток в катушке мгновенно не меняется, она запасает энергию и, как только передатчик отпустил шину, отдаёт её: напряжение ~69 мкс держится выше 30 В. Так передача данных не «высасывает» питание шины.

Своя развязка стоит и в каждом устройстве: приёмопередатчики TP-UART, onsemi NCN5120/5130, Elmos берут ток через узел с высоким сопротивлением для импульсов и конденсатор-накопитель.

Что ещё делает БП

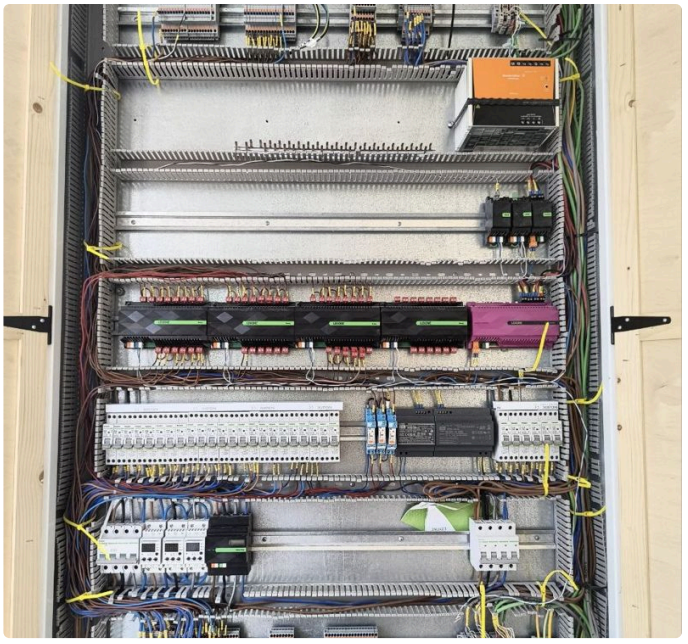
- Ограничивает ток и переживает КЗ шины.
- Сброс линии: кнопка снимает напряжение, все устройства перезапускаются.
- Доп. выход 30 В без дросселя — для второй линии через отдельный дроссель или для панелей с большим потреблением.
- В современных БП дроссель часто электронный: меньше размер, точнее характеристики.

Сколько тока и где ставить

Ток — по сумме сегмента: 64 × 10 мА = 640 мА, отсюда типовой БП на 640 мА. Жила 0,8 мм — около 70 Ом/км по петле, на 350 м это ≈ 24 Ом:

- 200 мА в дальнем конце → падение ≈ 4,9 В, остаётся ~24 В — норма;
- 640 мА в дальнем конце → падение ≈ 15 В, ниже 21 В — устройства перезагружаются.

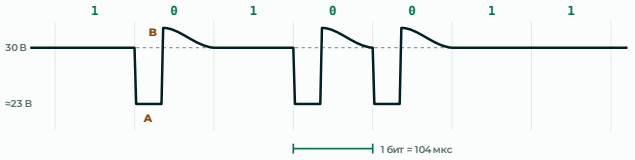
Правила БП. Не дальше 350 м до любого устройства. Плотная группа (ориентир — больше 30 устройств на 10 м кабеля) — повод для второго БП рядом с ней. Два БП на сегменте — с разносом ≥ 200 м кабеля, если производитель не разрешает меньше в паспорте.



Щит умного дома: БП шины стоит в щите, линия уходит к устройствам по объекту.

4 Сигнал на проводе

Один бит длится 104 мкс. **Логическая 1** — ничего не происходит, ровные 30 В. **Логический 0** — провал 35 мкс и следом выравнивающий импульс 69 мкс.



A — передатчик отбирает ток, напряжение проседает на 6–9 В. **B** — дроссель возвращает энергию. Форма упрощена.

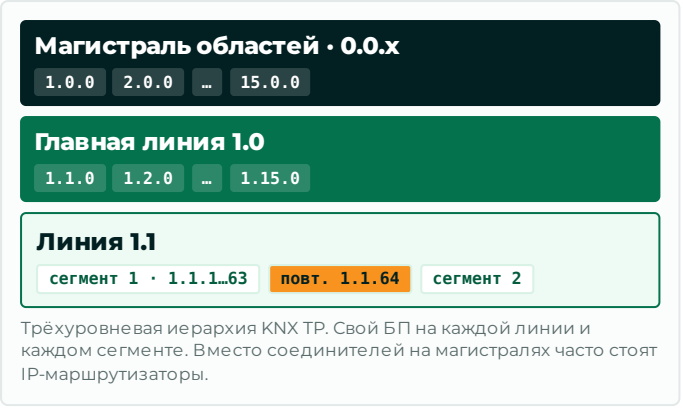
Байт идёт как символ асинхронного интерфейса: старт-бит, 8 бит данных младшим вперёд, бит чётности, стоп-бит — 11 бит плюс пауза 2 бита. Итого 13 битовых интервалов, ≈ 1,35 мс на байт.

Ноль доминирует. Единица — это молчание, ноль — активное действие. Если один шлёт 1, а другой в тот же миг 0, на шине будет 0: «проводное И». На этом держатся и разрешение коллизий, и слияние подтверждений.

KNX среди других шин

ШИНА	ЖИЛ	ПИТАНИЕ	ТЕРМИНАТОРЫ
KNX TP1	2	да, до 1280 мА	нет
DALI	2	да, до 250 мА	нет
RS-485	2–3 + пит.	нет	120 Ом на концах
Ethernet	8	только PoE	—

5 Топология и лимиты



Трёхуровневая иерархия KNX TP. Свой БП на каждой линии и каждом сегменте. Вместо соединителей на магистралях часто стоят IP-маршрутизаторы.

- **Сегмент** — участок с одним БП: до 64 устройств TP1-64 или до 256 TP1-256.
- **Линия** — до 4 сегментов через повторители. Повторитель усиливает сигнал и делит питание, но не фильтрует.
- **Область** — главная линия и до 15 линий через линейные соединители (`x.y.0`).
- **Установка** — магистраль и до 15 областей (`x.0.0`).

Что делает соединитель

- **Разделяет линии гальванически:** у каждой свой БП, КЗ в одной не трогает другие.
- **Фильтрует групповые телеграммы** по таблице, которую строит ETS: дальше идут только адреса, у которых есть получатели по ту сторону. Телеграммы на индивидуальный адрес идут по номеру линии и области.
- **Уменьшает счётчик маршрутизации:** старт 6, на нуле телеграмма дальше не идёт — защита от бесконечной пересылки при ошибке в конфигурации.

Каждая линия — свой домен коллизий: пятнадцать линий области говорят параллельно, наверх уходит только межлинейный трафик.

Откуда берутся длины

- **700 м** — арбитраж требует, чтобы каждый передатчик увидел бит соседа в пределах того же бита.
- **350 м** — падение напряжения и форма выравнивающего импульса.
- **1000 м** — суммарная ёмкость кабеля заваливает фронты.

TP1-256. С 2019 года: `4·M(TP1-64) + N(TP1-256) ≤ 256`. Но 256 × 10 мА = 2,5 А — упор почти всегда в БП, и линии остаются около 64 устройств. Не указан TP1-256 в паспорте — считай как TP1-64.

6 Адресация

Каждый байт физически принимают все устройства сегмента. Решение «моё или нет» устройство принимает само, по адресу получателя.

Индивидуальный адрес

`область.линия.устройство`, например `1.1.15` (4+4+8 бит). Место в топологии; нужен для программирования, диагностики и стоит отправителем в каждой телеграмме. Заводской — `15.15.255`, назначается в ETS: монтажник жмёт кнопку программирования, ETS шлёт широковещательную команду записи адреса, и её принимает только устройство с горящим светодиодом. Новые устройства можно адресовать по серийному номеру, без кнопки. `x.y.0` занят соединителем.

Групповой адрес

Описывает функцию, а не устройство: `1/2/1` — «свет кухни». **Это подписка:** на один адрес слушает сколько угодно устройств, одна телеграмма доходит до всех. Формат обычно трёхуровневый: 5 + 3 + 8 бит (главные группы 0–31, средние 0–7, подгруппы 0–255). `0/0/0` — широковещание.

Связи многие-ко-многим: один групповой адрес связан с объектами многих устройств, а один объект может слушать несколько адресов. Отправляет объект только на первый адрес в своём списке.

Как фильтрует приёмник

1. Принимает телеграмму, проверяет чётность и контрольную сумму.
2. Ищет адрес получателя в своей таблице, загруженной из ETS.
3. Не нашёл — молча выбрасывает и не подтверждает.
4. Нашёл — шлёт подтверждение и пишет значение в связанный объект: реле замыкается, диммер меняет яркость.

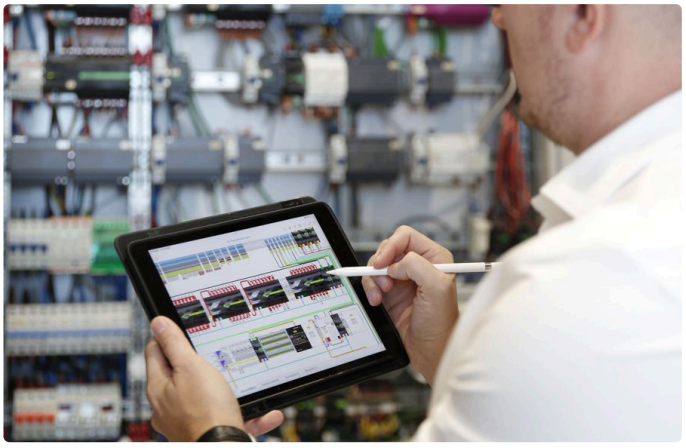


Схема щита на планшете у собранного щита: адреса и линии — в документации, а не в голове монтажника.

ФЛАГ	ЧТО РАЗРЕШАЕТ
C · связь	Объект вообще участвует в обмене
R · чтение	Отвечать на запрос. На адресе ровно один отвечающий
W · запись	Принимать новое значение с шины
T · передача	Самому отправлять при изменении
U · обновление	Брать значение из чужих ответов
I · при запуске	После включения запросить значение

Пример. Кнопка `1.1.10` шлёт «1» на `1/2/1`. Реле `1.1.20` включается и шлёт статус на `1/2/2`, светодиод кнопки слушает его и загорается. Остальные 60 устройств линии телеграмму приняли и промолчали.

7 Телеграмма побайтово

Команда «включить» от `1.1.15` на группу `1/2/1` — 9 байт:

0	1–2	3–4	5	6–7	8
BC управл. поле	**11 0F** от 1.1.15	**0A 01** кому 1/2/1	**E1** тип, счётчик, длина	**00 81** служба + «1»	**36** контр. сумма

- **BC** — стандартная телеграмма, первая отправка (повтор — `9C`), низкий приоритет.
- **E1** — получатель групповой, счётчик маршрутизации 6, длина 1.
- **00 81** — служба GroupValue_Write (95% всего трафика), значение 1.
- **36** — XOR всех байт и инверсия.

Смысл байтам задаёт тип данных **DPT**: 1.001 — вкл/выкл, 5.001 — проценты, 9.001 — температура (2 байта), 232.600 — RGB. Именно DPT позволяет кнопке одного производителя управлять реле другого.

8 Отправка и коллизии

Ведущего нет, говорить может любой. Доступ — CSMA/CA с неразрушающим побитовым арбитражем:

1. Дождаться тишины 50 бит (≈ 5,2 мс).
2. Передавать и каждый бит тут же читать с шины.
3. Отправил 1, а прочитал 0 — кто-то говорит громче: замолчать и стать приёмником.

Победитель коллизии даже не замечает: его телеграмма целая, время не потеряно. В Ethernet при коллизии гибнут обе посылки, в KNX — ни одной. Первым выигрывает приоритет, затем повтор, затем адрес отправителя — побеждает тот, у кого раньше встретился ноль.

Короткая команда с подтверждением и паузой — ≈ 190 бит ≈ 20 мс, отсюда ≈ 50 телеграмм/с на линию. Каждый соединитель добавляет ~20 мс.

9 Подтверждения и повторы

Через 15 бит после телеграммы каждый, кто нашёл адрес у себя, отвечает одним байтом: **ACK** `CC` — принял, **NAK** `0C` — с ошибкой, **BUSY** `C0` — занят. Ответы пятидесяти получателей складываются по «И», и **отправитель видит худший**. NAK, BUSY или тишина — повтор, максимум три раза.

ACK не значит «доставлено». Соединитель подтверждает телеграмму и пересылает её дальше со своим циклом. Сквозного подтверждения у групповых команд нет — поэтому кнопка зажигает светодиод по статусу реле, а не по своей команде.

Диагностика. Много телеграмм с флагом повтора в мониторе шины — адрес никто не подтверждает: устройство обесточено, не загружено или группу режет фильтр соединителя.

Сбои питания. КЗ шины гасит сегмент, соседние линии работают. Ниже ~21 В устройства перезапускаются. После возврата питания все разом шлют статусы — ставь задержки отправки после старта.

10 Почему тянет тысячи устройств

Фильтрация линий
до 225 линий работают параллельно

События, не опрос
в покое шина молчит

Одна телеграмма — всем
«всё выключить» на 50 реле

Арбитраж без потерь
коллизия ничего не стоит

11 Ограничения

≈ 50 телеграмм/с на линию — не для аудио, видео и частой телеметрии. Лавины от сцен и возврата питания. Классический KNX не шифрует телеграммы: кто подключился к уличной кнопке, может слать команды — лечится KNX Secure и сегментацией.

12 IP, радио и защита

KNXnet/IP: туннель «точка-точка» для ETS и визуализации (порт 3671, обычно 4–8 туннелей на интерфейс) и маршрутизация через группу `224.0.23.12` — Ethernet вместо главной линии. **KNX Data Secure** — AES-128 по каждой телеграмме, ключ FDSK на корпусе QR-кодом; **IP Secure** — шифрование трафика в Ethernet.

Стыки разных производителей. DPT 5.001 против 5.010 — значение доходит «в разных единицах». Флаг R у двух объектов — на запрос два ответа. Кнопка слушает свой же адрес вместо статуса — не видит реального состояния реле.

13 Что это значит для щита

- БП с запасом по току; плотная группа — свой БП рядом.
- Выход без дросселя на шину не подключать.
- Каждая линия за соединителем — свой БП.
- Красная на «+», чёрная на «−», без колец.
- IP-интерфейс в щите — точка подключения ETS и визуализации.

KNX — одна из шин дома. Как собрать весь объект от брифа до сдачи

Щит, кабели, Loxone, KNX и интерфейс с электриком на одной реальной вилле — на бесплатном мастер-классе.

Занять место на мастер-классе → t.me/smarthome_learning_bot



Дмитрий Карагеур

20+ лет в интеграции умных домов, Loxone Gold Partner, сертифицирован KNX. Университет умных домов — 500+ выпускников.