

Житомирська політехніка

**Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих
технологій**

**Основи комп'ютерно-інтегрованого
управління**

Конспект лекцій

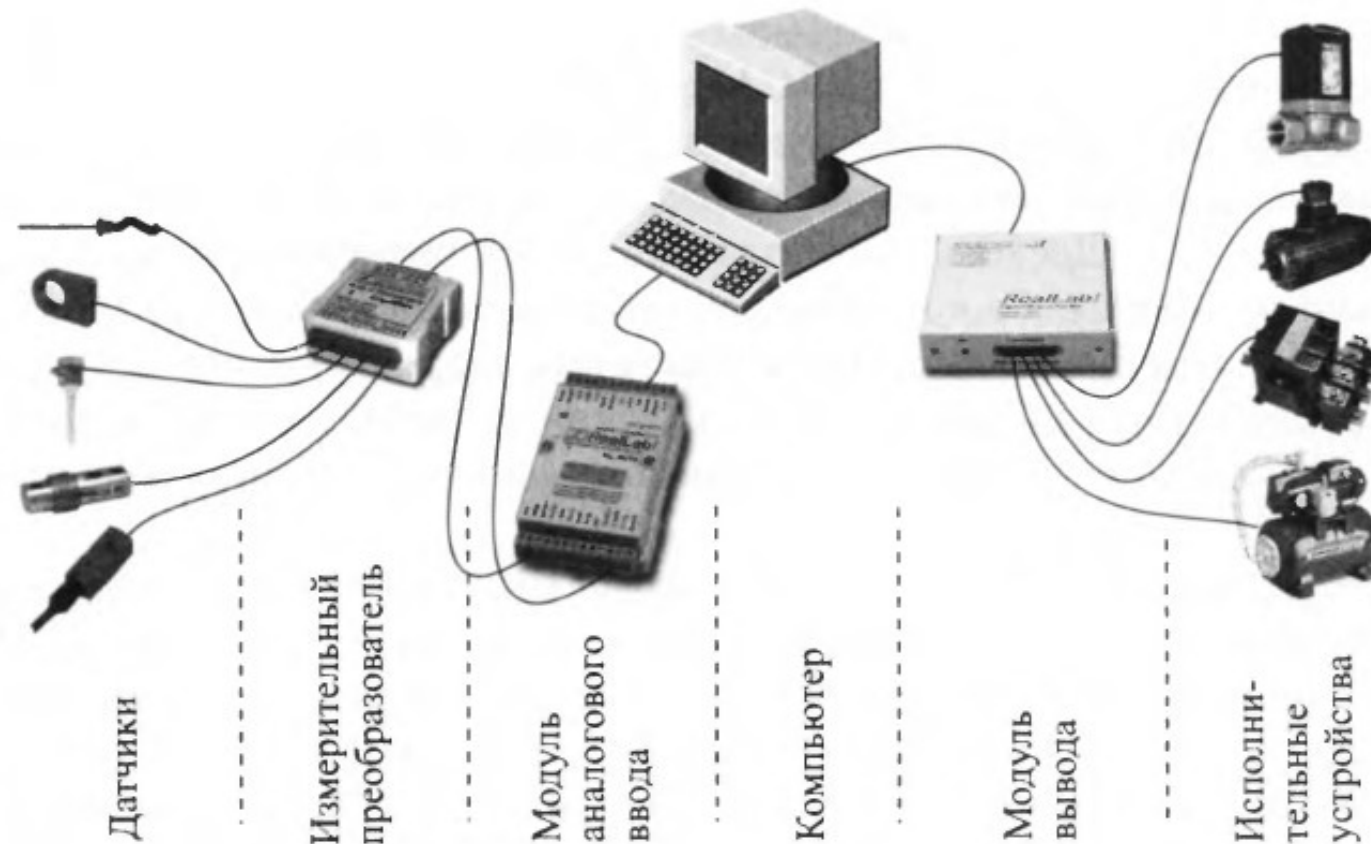
Богдановський М.В.

Архітектура та загальні характеристики комп'ютерно-інтегрованих розподілених систем

Лекція №1

Архітектура комп'ютерно-інтегрованих (КІ) систем управління

- Комп'ютерні системи управління відносяться до класу систем збору і розподілу даних.
- Система збору даних: датчики - АЦП - мікропроцесор (комп'ютер, контролер).
- Система розподілу даних: Мікропроцесор (комп'ютер, контролер). - ЦАП - виконавчі пристрої.



Основні складові частини комп'ютеризованих систем управління

- Датчики (температури, вологості, тиску, потоку, швидкості, прискорення, вібрації, ваги, натягу, частоти, часу, освітленості, шуму, обсягу, кількості теплоти, струму, рівня та ін.) - первинні перетворювачі фізичної величини в електричний сигнал.
- Вимірвальні перетворювачі - забезпечує нормалізацію сигналу датчика (приведення до стандартних діапазонів зміни, забезпечення лінійності, компенсацію похибки, посилення і т.п.). Вимірвальні перетворювачі можуть мати вбудований АЦП або ЦАП, а також мікропроцесор для лінеаризації характеристик датчика і компенсації похибок аналогової частини системи.
- Модулі аналогового вводу - пристрої, призначені для введення в комп'ютер аналогових сигналів. Універсальний - сприймає сигнали напруги в діапазонах ± 150 мВ, ± 500 мВ, ± 1 В, ± 5 В, ± 10 В і струму в діапазоні ± 20 мА. Спеціалізований - наприклад, працює тільки з термопарами і містить вбудовані у внутрішню пам'ять модуля таблиці поправок для компенсації нелінійностей термопар і температури холодного спаю.
- Модулі дискретного введення - не містять АЦП і дозволяють вводити сигнали, які мають два рівня (наприклад, сигнали від кінцевих вимикачів, датчиків відкривання дверей, пожежних датчиків і т. П.). Рівні входних сигналів можуть змінюватися в діапазоні, як правило, $0 \dots 24$ В або $0 \dots 220$ В.
- Пристрої лічбового введення - мають дискретний вхід і дозволяють вважати кількість або частоту проходження імпульсів. Їх використовують, наприклад, для вимірювання швидкості обертання валу електродвигуна або підрахунку продукції на конвеєрі.

Основні складові частини комп'ютеризованих систем управління

- Комп'ютер (контролер) приймає сигнали датчиків, виконує записану в нього програму і видає необхідну інформацію в пристрій виведення. Комунікації між комп'ютером і пристроями введення-виведення виконуються через послідовні інтерфейси, наприклад, USB, CAN, RS-232, RS-485, RS-422, Ethernet або паралельний інтерфейс LPT. Замість комп'ютера або одночасно з ним часто використовують програмований логічний контролер (ПЛК). Типовими відмінностями ПЛК від комп'ютера є спеціальне конструктивне виконання (для монтажу в стійку, панель, на стіну або в технологічне обладнання), відсутність механічного жорсткого диска, дисплея і клавіатури. Останнім часом намітилася тенденція стирання межі між комп'ютером і контролером. З одного боку, контролери дозволяють підключити монітор, миша і клавіатуру, з іншого боку, з'явилася велика кількість промислових комп'ютерів, які мають спеціальне конструктивне виконання та інші властивості, характерні для контролерів.
- Пристрої виведення (модулі виведення) дозволяють виводити дискретні, частотні або аналогові сигнали. Дискретні сигнали використовуються, наприклад, для включення електродвигунів, електричних нагрівачів, для управління клапанами, насосами і іншими виконавчими пристроями. Частотний сигнал використовується зазвичай для управління середньою потужністю пристроїв з великою інерційністю за допомогою широтно-імпульсної модуляції.

Означення та властивості архітектури комп'ютеризованої системи управління

- Архітектура комп'ютерної автоматизованої системи (комп'ютерної системи управління) - це найбільш абстрактне її уявлення, яке включає в себе ідеалізовані моделі компонентів системи, а також моделі взаємодій між компонентами.
- Елементи архітектури знаходяться у взаємозв'язку, утворюючи єдину автоматизовану систему і забезпечуючи рішення поставленого завдання автоматизації на архітектурному рівні. Правильно спроектована архітектура допускає безліч технічних реалізацій шляхом вибору різних компонентів архітектури і методів взаємодії між ними.
- Елементами архітектури є моделі (абстракції) датчиків, пристроїв введення-виведення, вимірювальних перетворювачів, ПЛК, комп'ютерів, інтерфейсів, протоколів, промислових мереж, виконавчих пристроїв, драйверів, каналів передачі інформації.

Властивості КІ системи управління

- **слабка зв'язаність елементів архітектури між собою** (тобто декомпозицію системи на частини слід проводити так, щоб потік інформації через зв'язку був мінімальний і через них не замикалися контури автоматичного регулювання);
- **тестуємість** (можливість встановлення факту правильного функціонування);
- **діагностованість** (можливість знаходження несправної частини системи);
- **ремонтпридатність** (можливість відновлення працездатності за мінімальний час при економічно виправданому вартості ремонту);
- **надійність** (наприклад, шляхом резервування);
- **простота обслуговування і експлуатації** (мінімальні вимоги до кваліфікації і додаткового навчання експлуатує персоналу);
- **безпека** (відповідність вимогам промислової безпеки і техніки безпеки);
- **захищеність системи від вандалів і некваліфікованих користувачів;**
- **економічність** (економічна ефективність в процесі функціонування);
- **модифікуємість** (можливість перенастроювання для роботи з іншими технологічними процесами);
- **функціональна розширюваність** (можливість введення в систему додаткових функціональних можливостей, не передбачених в технічному завданні);
- **нарощуваність** (можливість збільшення розміру автоматизованої системи при збільшенні розміру об'єкта автоматизації);
- **відкритість;**
- **можливість реконфігурування** системи для роботи з новими технологічними процесами;
- **максимальна тривалість життєвого циклу** системи без істотного морального старіння, що досягається шляхом періодичного поновлення апаратних і програмних компонентів, а також шляхом вибору довгоживучих промислових стандартів;
- **мінімальний час на монтаж і пуско-наладку** (розгортання) системи.

Типові задачі автоматизації з використанням КІ систем

Архітектура системи може бути різною в залежності від розв'язуваної задачі автоматизації. Такими завданнями можуть бути:

- моніторинг (тривалі вимірювання і контроль з архівуванням отриманої інформації);
- автоматичне керування (в системі зі зворотним зв'язком або без неї);
- диспетчерське управління (управління за допомогою людини-диспетчера, який взаємодіє з системою через людино-машинний інтерфейс);
- забезпечення безпеки.

Види декомпозиції систем

Побудова будь-якої АСУ починається з декомпозиції (поділу на частини) системи на підсистеми. Декомпозиція може бути функціональною (алгоритмічною) або об'єктною.

- При **об'єктній декомпозиції** використовуються розподілені системи управління, коли кожен об'єкт автоматизації обладнується локальним технологічним контролером, вирішальним завданням в межах цього об'єкта.
- При **функціональній декомпозиції** систему автоматизації ділять на частини, групуючи подібні функції, і для кожної групи функцій використовують окремий контролер. Обидва види декомпозиції можуть бути використані спільно. Вибір способів декомпозиції є творчим процесом і багато в чому визначає ефективність майбутньої системи.

Незалежно від методу декомпозиції, основним її результатом має бути подання системи у вигляді набору слабо пов'язаних частин. Слабкий зв'язок між частинами системи означає відсутність між ними зворотного зв'язку або трохи модуля петлевого посилення при наявності таких зв'язків, а також відсутність інтенсивного обміну інформацією.

Принципи розподіленого управління системою

- До розподілення управління спонукають: зростання кількості датчиків, збільшенням площі території, на якій розташована автоматизована система, ускладненням алгоритмів управління
- Розподілені системи формуються через територіальне рознесення контролерів і модулів вводу-виводу.
- Кожен контролер працює зі своєю групою пристроїв введення-виведення і обслуговує певну частину об'єкта управління.
- Максимальні переваги розподіленої системи досягаються, коли контролери працюють автономно, а обмін інформацією між ними зведений до мінімуму.

Переваги розподілених систем

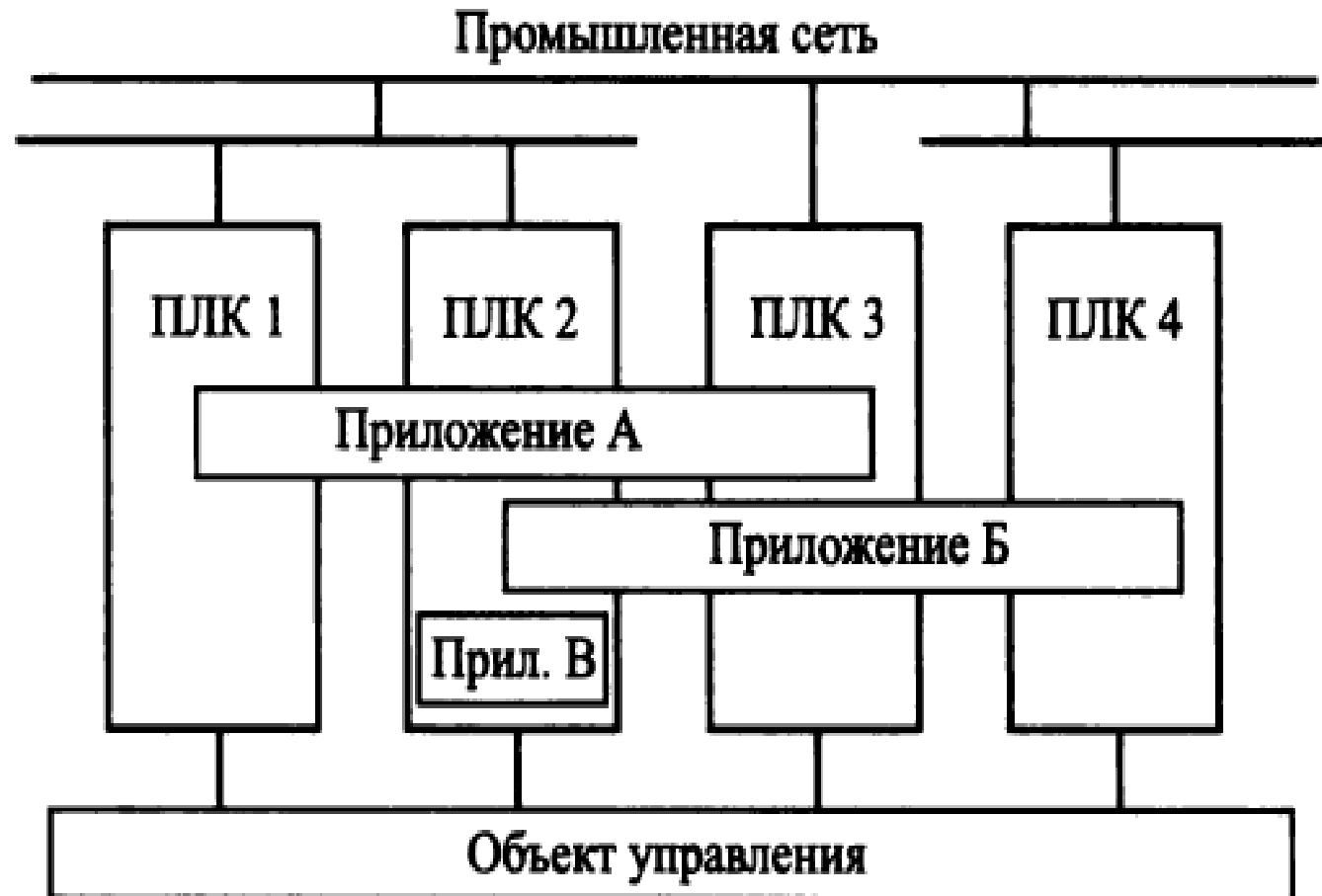
- більша швидкодія завдяки розподілу завдань між паралельно працюючими процесорами;
- підвищена надійність (відмова одного з контролерів не впливає на працездатність інших);
- більша стійкість до збоїв;
- більш просте нарощування або реконфігурування системи;
- спрощену процедуру модернізації;
- більша простота проектування, налаштування, діагностики та обслуговування завдяки відповідності архітектури системи архітектурі об'єкта управління, а також відносній простоті кожного з модулів системи;
- поліпшена стійкість і точність завдяки зменшенню довжини ліній передачі аналогових сигналів від датчиків до пристроїв введення;
- менший обсяг кабельної продукції, знижені вимоги до кабелю і більш низька його вартість;
- менші витрати на монтаж і обслуговування кабельного господарства

Стандарт МЕК 61499

- Для ефективного проектування розподілених систем автоматизації необхідні суворі методи їх опису. Необхідно також забезпечити сумісність і взаємозамінність між собою всіх пристроїв, що входять в систему і що випускаються різними виробниками. Для цих цілей був розроблений міжнародний стандарт МЕК 61499 «Функціональні блоки для індустріальних систем управління». Він використовує три рівня ієрархії моделей при розробці розподілених систем: модель системи, модель фізичних пристроїв і модель функціональних блоків. Моделі всіх рівнів відповідно до стандарту подаються у вигляді функціональних блоків, які описують процес передачі та обробки інформації в системі.
- Особливістю функціональних блоків стандарту МЕК 61499 є те, що вони враховують не тільки традиційне ініціювання виконання алгоритму за допомогою тактування або тимчасового розподілу, а й за ознакою настання деяких подій (подієвий управління). Подієве управління є більш загальним, а тактування можна розглядати як його окремий випадок, що полягає в періодичному появі одного і того ж події (сигналу тактування).

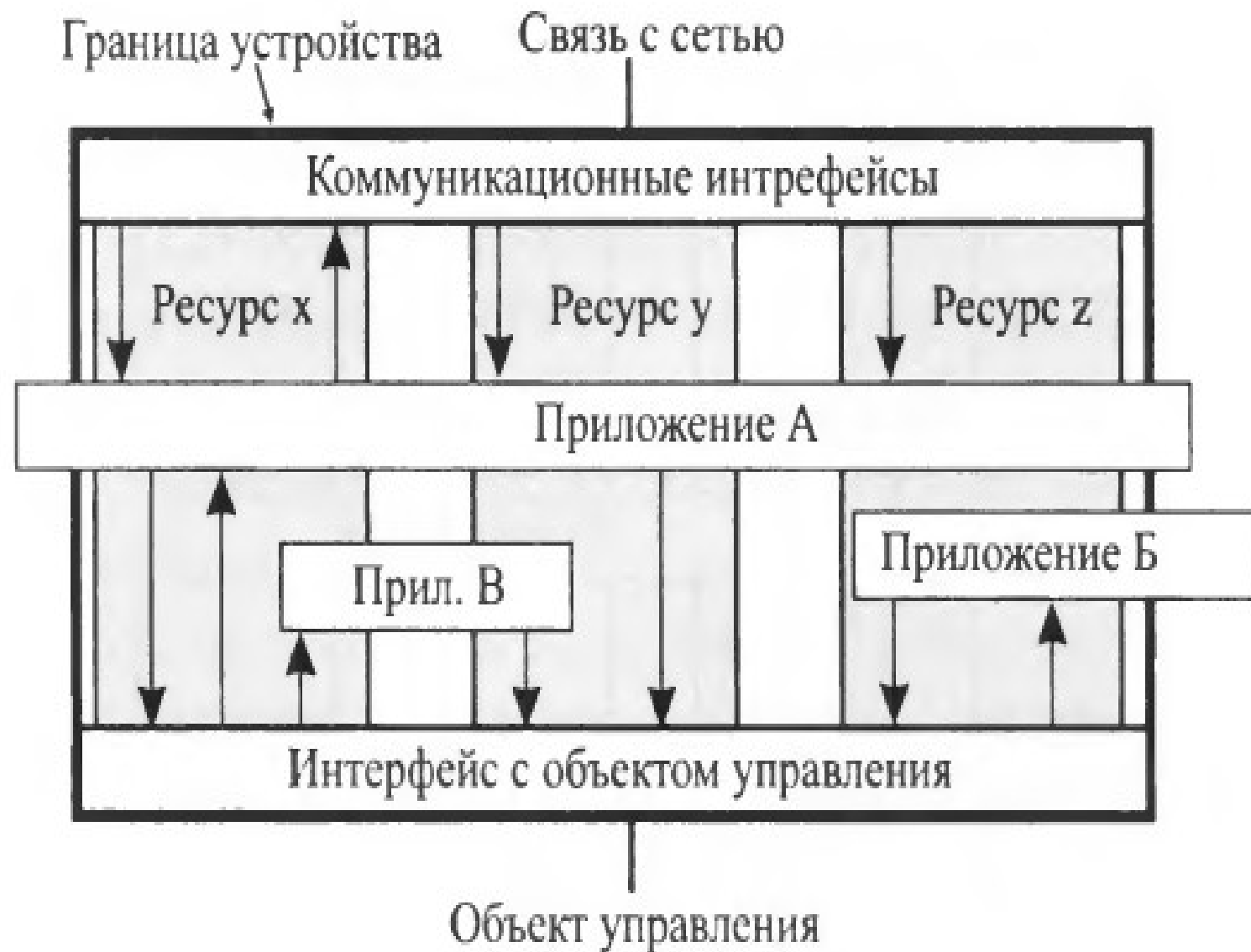
Фізична модель розподіленої системи

- Модель розподіленої системи автоматизації відповідно до стандарту МЕК 61499 може бути представлена як набір фізичних пристроїв (наприклад, ПЛК), які взаємодіють між собою за допомогою однієї або декількох промислових мереж.



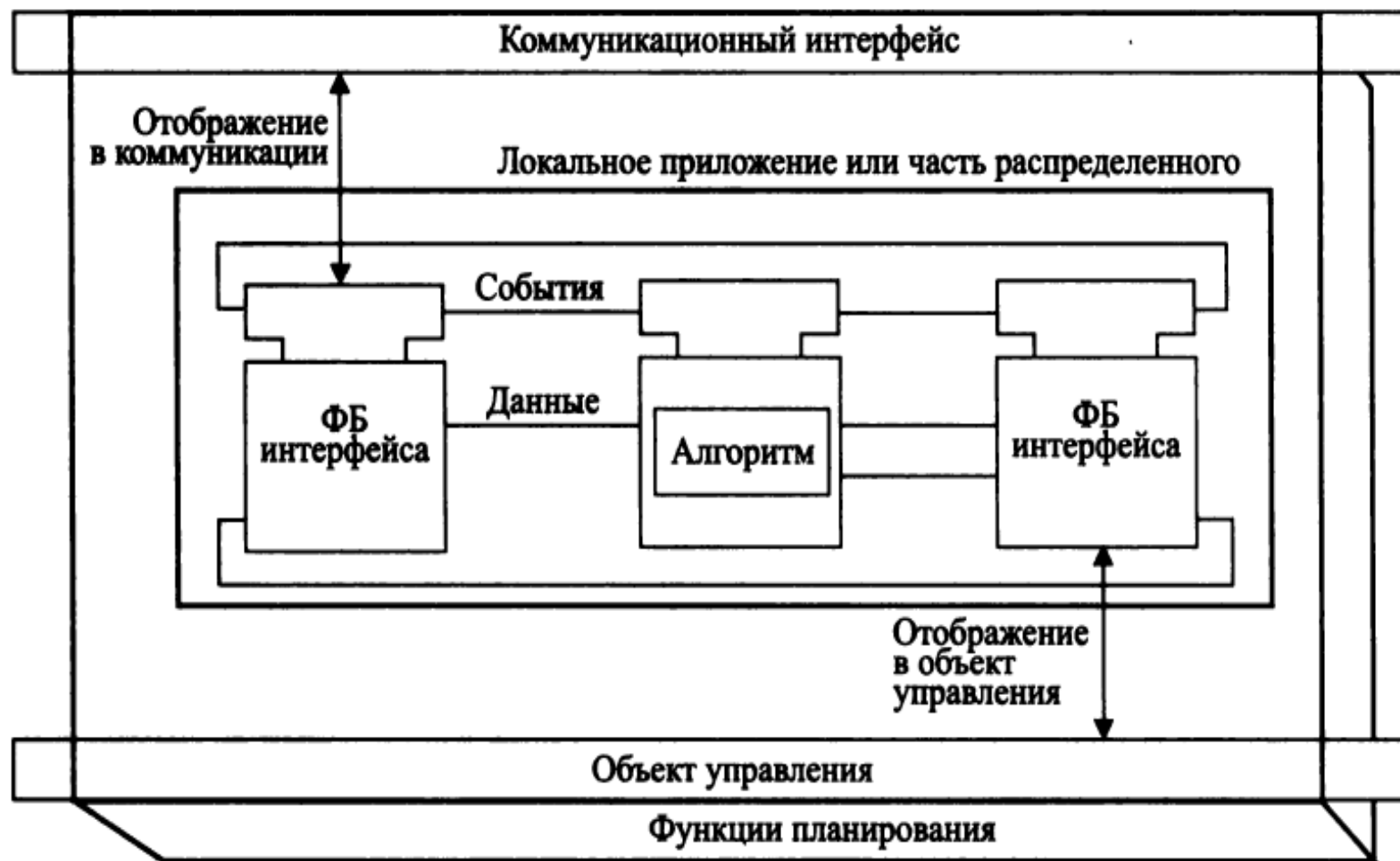
Модель фізичного пристрою

Кожний фізичний пристрій в розподіленій системі повинен містити принаймні один інтерфейс до об'єкта управління або до промислової мережі і може містити кілька (в тому числі нуль) ресурсів.



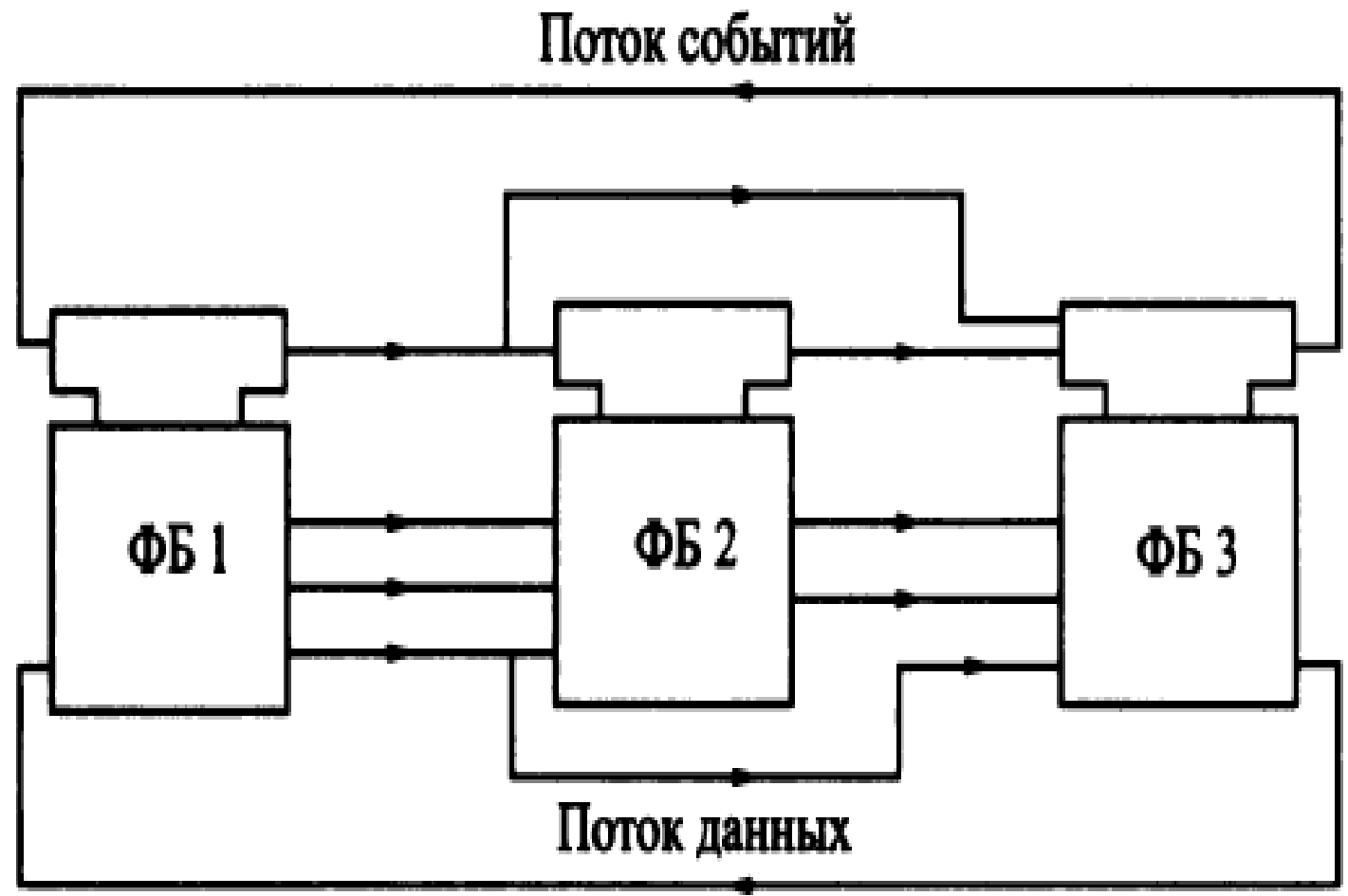
Модель ресурсу

- Ресурс - функціональна одиниця, яка міститься в пристрої (наприклад, в ПЛК), має незалежне управління своїми операціями і забезпечує різні сервісні функції (сервіси) для програмного забезпечення. Ресурс може бути створений, налаштований, параметризований, стартував, вилучений і т.п. без впливу на інші ресурси пристрою.
- У функції ресурсу входить прийом даних або подій від об'єкта управління або комунікаційного інтерфейсу, обробка даних і подій і повернення даних і подій в процес або промислову мережу, відповідно до алгоритму роботи програмного забезпечення, що використовує даний ресурс.



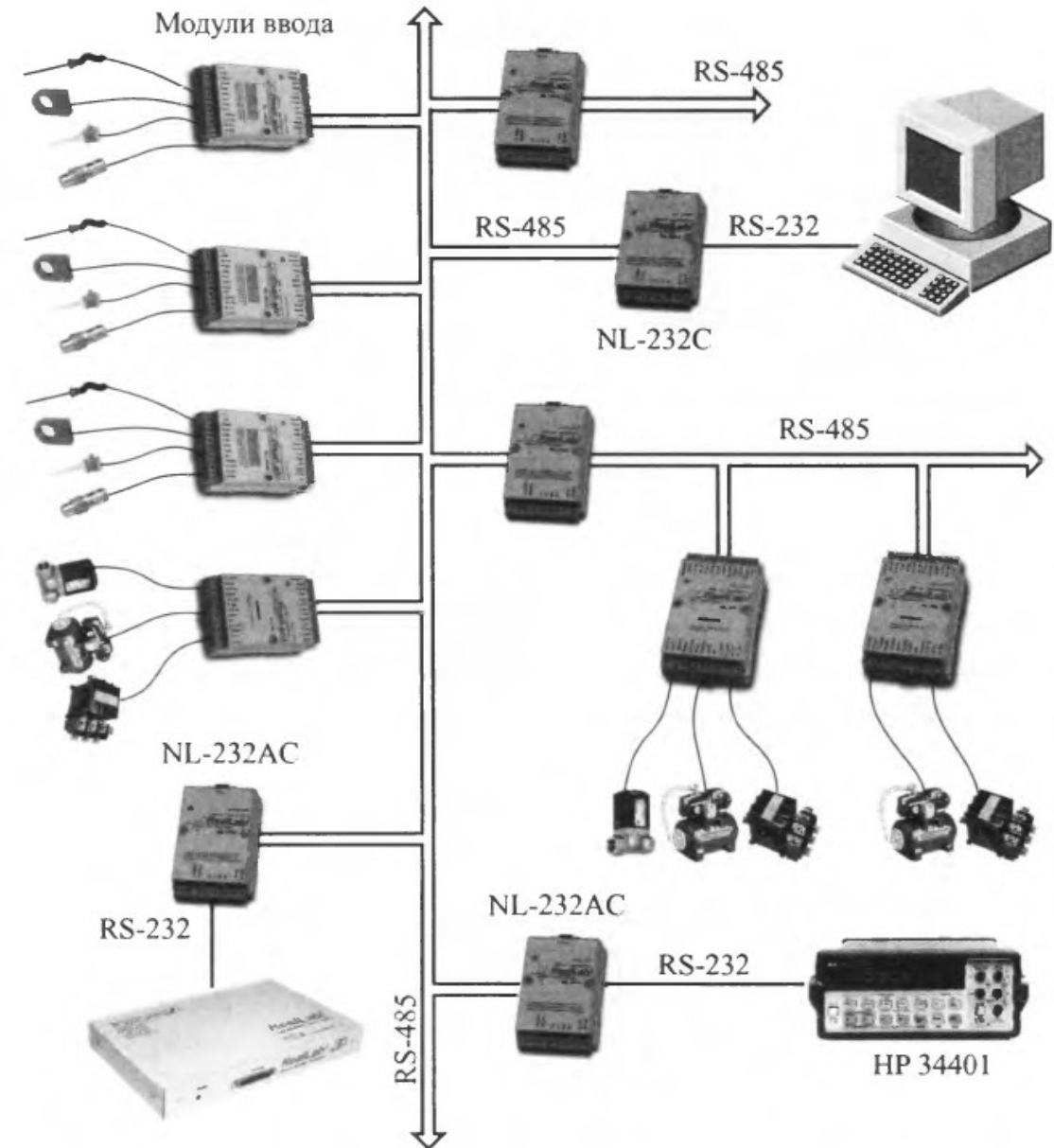
Модель програмного додатку

- Програмний додаток складається з мережі функціональних блоків, гілок які переносять дані і подій.
- Потік подій визначає виконання алгоритмів, що містяться в функціональних блоках. До складу функціональних блоків можуть входити і інші програмні додатки.
- Програмні додатки можуть бути розподілені між кількома ресурсами в одному або в декількох пристроях (ПЛК). Ресурс реагує на події, що надходять з інтерфейсів, наступними способами:
 - плануванням і виконанням алгоритму;
 - модифіцированием змінних;
 - генерацією відповідних подій;
 - взаємодією з інтерфейсами.



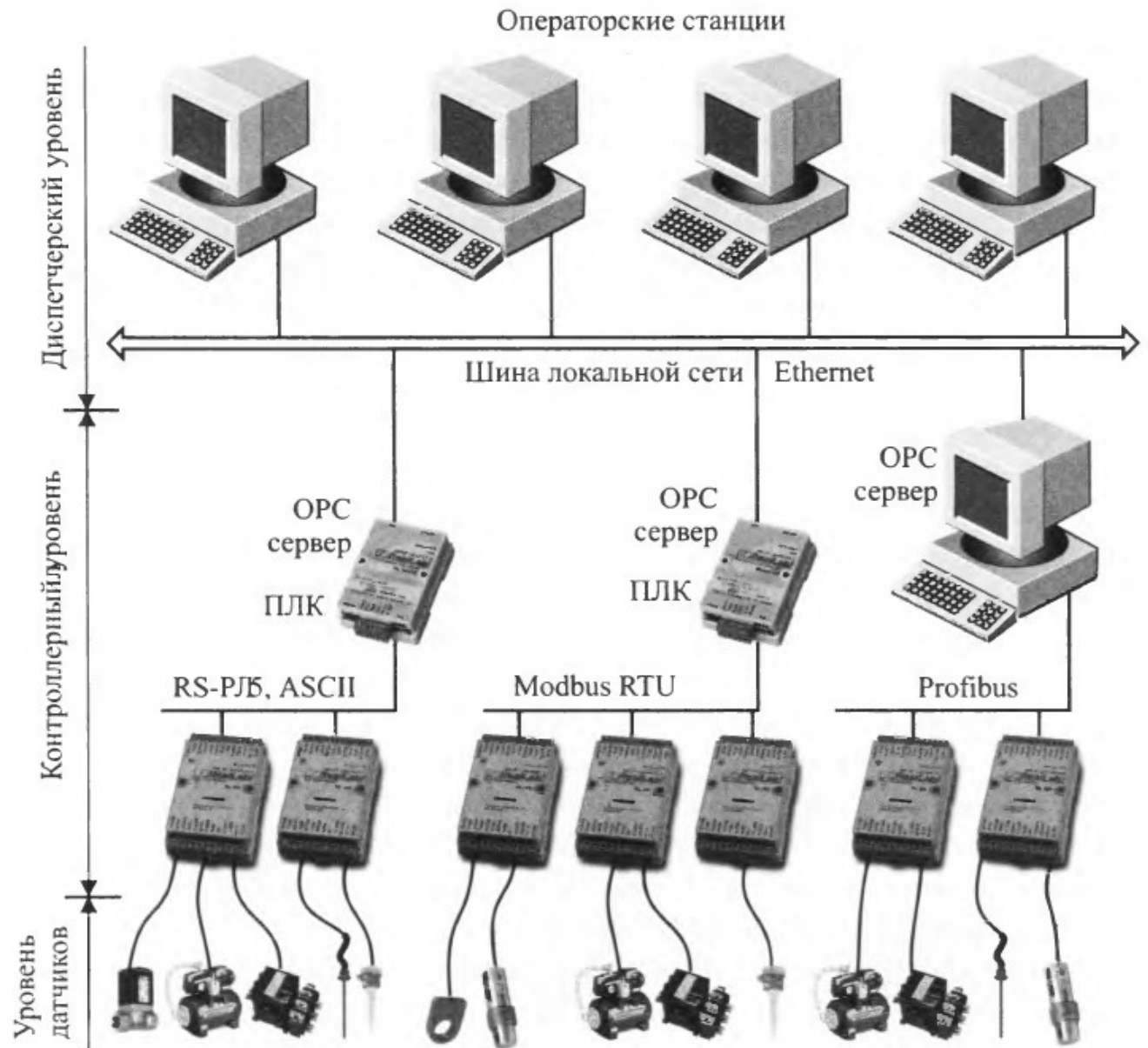
Архітектура системи КІ управління із загальною шиною

- Для того щоб отримати дані з модуля або контролера, комп'ютер (або контролер) посилає в шину його адресу і команду запиту даних. Мікропроцесор, що входить до складу кожного модуля або контролера, звіряє адреса на шині з його власною адресою, записаним в ПЗУ, і, якщо адреси співпадають, виконує наступну за адресою команду. Команда дозволяє вважати дані, що надходять на вхід пристрою, або встановити необхідні дані на його виході.
- Додаткові проблеми:
- необхідність адресації пристроїв,
- необхідність очікування в черзі.



Багаторівнева архітектура КІ управління

- Така архітектура автоматизованої системи зручна при колективній роботі з системою автоматизації або для зв'язку технологічного рівня АСУ з управлінським. Доступ будь-якого комп'ютера мережі до пристроїв введення-виведення або контролерам здійснюється за допомогою OPC-сервера).
- Основою програмного забезпечення, встановленого на комп'ютерах мережі, є SCADA-пакети - програмні засоби диспетчерського управління та збору даних. У контролерах виконуються завантажувальні модулі програм, які генеруються засобами візуального програмування ПЛК на мовах стандарту MEK 61131-3.
- Системи управління з багаторівневою архітектурою зазвичай будуються по об'єктному принципу.



Ієрархія автоматизованих систем управління



Нижні рівні ієрархії

- Нульовий рівень включає в себе датчики і виконавчі пристрої (актуатори): датчики температури, тиску, кінцеві вимикачі, дискретні датчики наявності напруги, вимірювальні трансформатори, релепускателі, контактори, електромагнітні клапани, електроприводи та ін. Датчики і актуатори можуть мати інтерфейси типу AS-інтерфейс (ASI), 1-Wire або CAN, HART і ін. Морально застарілими інтерфейсами нульового рівня є аналогові інтерфейси 4 ... 20 мА, 0 ... 20 мА (струмова петля), 0 ... 5 В і ін. В нині намітилася стійка тенденція до використання інтелектуальних датчиків, які мають цифровий інтерфейс, вбудований мікроконтролер, пам'ять, мережеву адресу і виконують автоматичне калібрування і компенсацію нелінійностей датчика. Інтелектуальні датчики в межах мережі повинні мати властивість взаємозамінності, зокрема мати один і той же протокол обміну і фізичний інтерфейс зв'язку, а також нормовані метрологічні характеристики і можливість зміни адреси перед заміною датчика.
- Перший рівень складається з програмованих логічних контролерів і модулів аналого-цифрового і дискретного введення-виведення, які обмінюються інформацією з промислової мережі (Fieldbus) типу Modbus RTU, Modbus TCP, Profibus і ін. Іноді модулі введення-виведення виділяють в окремий рівень ієрархії.

Верхні рівні ієрархії

- Другий (диспетчерський) рівень складається з робочих станцій - комп'ютерів з людино-машинним інтерфейсом (ЧМІ, НМІ - Human Machine Interface), найбільш поширеними варіантами якого є SCADA-пакети. Диспетчер (оператор) здійснює спостереження за ходом технологічного процесу або управління ним за допомогою мнемосхеми на екрані монітора комп'ютера. Диспетчерський комп'ютер виконує також архівування зібраних даних, записує дії оператора, аналізує сигнали системи технічної діагностики, дані аварійної та технологічної сигналізації, сигнали спрацьовування пристроїв протиаварійних захистів, а також виконує частину алгоритмів управління технологічним процесом. Завдяки об'єднанню диспетчерських комп'ютерів в мережу спостереження за процесами може бути виконано з будь-якого комп'ютера мережі, але управління, щоб уникнути конфліктів, допускається тільки з одного комп'ютера або функції управління поділяються між декількома комп'ютерами. Права операторів встановлюються засобами обмеження доступу мережевого сервера. Важливою частиною другого рівня є також бази даних реального часу, є сховищами інформації та засобом обміну з третім рівнем ієрархії системи управління.
- Третій рівень (рівень управління цехом) з'являється як засіб інтеграції системи АСУ ТП з АСУП - автоматизованою системою управління підприємством. АСУП в залежності від розмірів корпорації може включати ще більш високий (четвертий) рівень та забезпечувати інтеграцію з вищим керівництвом, яке може бути розташоване в різних країнах і на різних континентах земної кулі. На рівні АСУП вирішуються наступні завдання:
 - ERP - планування ресурсів підприємства;
 - MRP - планування ресурсів технологічних підрозділів підприємства;
 - MES - управління виробничими ресурсами;
 - HRM - управління людськими ресурсами;
 - EAM - управління основними фондами, технічним обслуговуванням і ремонтами.

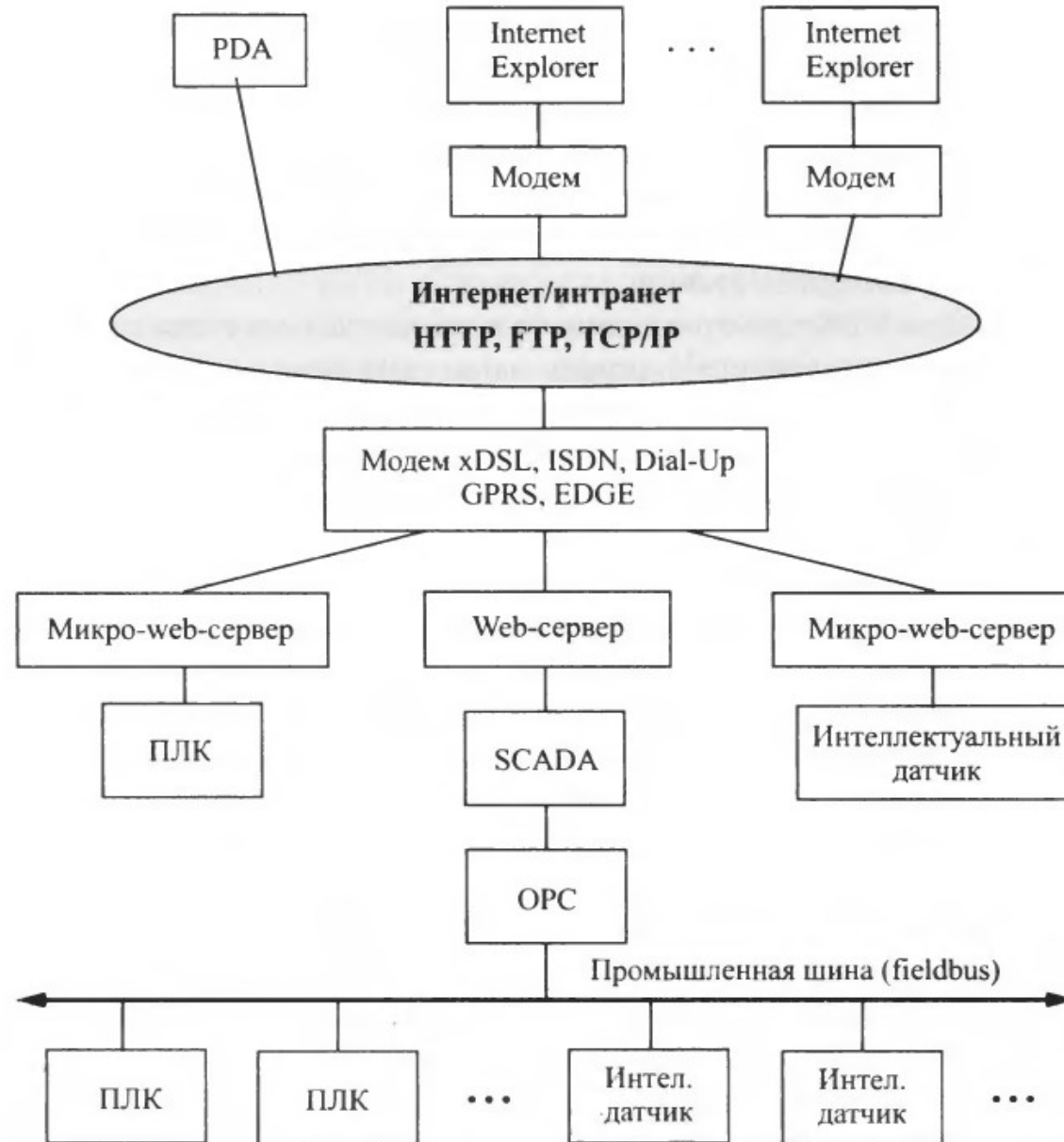
Застосування технологій Internet

- Коли частина компонентів системи автоматизації виходить за межі локальної мережі і переходить на рівень глобальної мережі WAN, вартість каналів зв'язку різко зростає внаслідок високих тарифів на дальній телефонний зв'язок. У цих умовах найбільш економічно вигідним виявляється застосування Інтернету.
- Другою істотною перевагою застосування Інтернет-технологій в АСУ ТП є можливість використання на комп'ютері диспетчера будь-якого веб-браузера.
- Управління та моніторинг через Інтернет привабливіше тим, що можуть здійснюватися з будь-якої точки земної кулі за допомогою комп'ютера або мобільного телефону (комунікатора).
- Недоліки: Інтернет має низьку надійність і погану захищеність від несанкціонованого доступу.
- Найбільш безпечним застосуванням Інтернету є системи моніторингу, наприклад публікація на веб-сторінці інформації про параметри технологічного процесу, дії оператора, а також зведених звітів і графіків без впливу на сам технологічний процес.

Використання мікро-`web` серверів

- Веб-сервери для Інтернету зазвичай розташовуються на потужних комп'ютерах і містять жорсткі диски великої ємності.
- Однак для віддаленого управління в АСУ ТП часто досить мати на сервері всього одну нескладну веб-сторінку. Для цієї мети використовують мікро-веб-сервери (вбудовуються веб-сервери, Embedded Web Server), виконані у вигляді мікросхеми, яка розташовується на друкованій платі ПЛК або інтелектуального датчика.
- Кожен мікро-веб сервер доступний за своєю Інтернет-адресою.
- У попередні роки проблемою технічної реалізації мікро веб-серверів була необхідність великої обчислювальної потужності для реалізації протоколу TCP / IP. В даний час з'явилися дешеві однокристальних мікроконтролери фірм Crystal Semiconductor, Winbond, Realtek з вбудованою реалізацією протоколу TCP / IP. Це дозволило застосовувати веб-сервери навіть всередині датчика. Технологію застосування мікро-веб-серверів називають «вбудованим Інтернетом» (Embedded Internet).

Узагальнена архітектура АСУ + Internet



Дякую за увагу

Ваші запитання?

Промислові мережі та інтерфейси

Лекція №2

Характеристика промислових мереж

- Захист від пилу та вологи (IP 54 и вище)
- Температурний діапазон -40 +70 С
- Захист роз'ємів від випадкового від'єднання
- Захист від електромагнітних завад в широкому спектрі
- Резервування каналів передачі даних, стійкість до збоїв та можливість автоматичного відновлення передачі даних
- Передача даних на великих відстанях

Технології реалізації віддалених мереж

На базі Ethernet та Internet

- LAN — локальні мережі для організації обміну на території підприємства
- MAN — мережі рівня міста, що дозволяють поєднувати мережі підрозділів підприємств
- WAN — мережі світового масштабу з можливістю поєднання територіально віддалених мереж

Поєднання мереж та їх КОМПОНЕНТІВ

Інтерфейс — фізична чи логічна межа між пристроєм та середовищем передачі даних

- CAN
- HART
- Ethernet
- RS-485, RS-232, RS-422
- AS тощо

Можливість обміну даними

Протокол — набір правил для забезпечення передачі даних (структура, система команд, режим обміну)

- Реалізується:
- Апаратно
- Програмно
- Програмно-апаратно

Стек протоколів — набір протоколів для різних пристроїв, що взаємодіють у мережі

Мережеві моделі взаємодії

- Клієнт — сервер. Одночасна активність множини пристроїв у сеансі зв'язку. Можливість роботи декількох серверів, що надають сервіс декільком клієнтам. Ефективна при детермінованому характері подій.
- Видаєвник — підписник. У мережі віщає один пристрій-видаєвник а інші — підписники прослуховують інформацію на попередньо сформованими запитами (тегами) на початку сеансу зв'язку. Ефективна при визначених типах інформації у сеансі зв'язку.

Роль пристроїв в ініціації передачі даних

- Ведучий (master) — пристрій, що ініціює передачу даних
- Відомий (slave) — пристрій, що відповідає на ініціалізацію передачі даних.

Допускається організація одномастерних та багатомастерних мереж.

- Клієнт — ведучий, сервер — відомий.
- Видає при роздачі тегів — ведучий, у сеансі передачі даних - відомий

Режими передачі даних

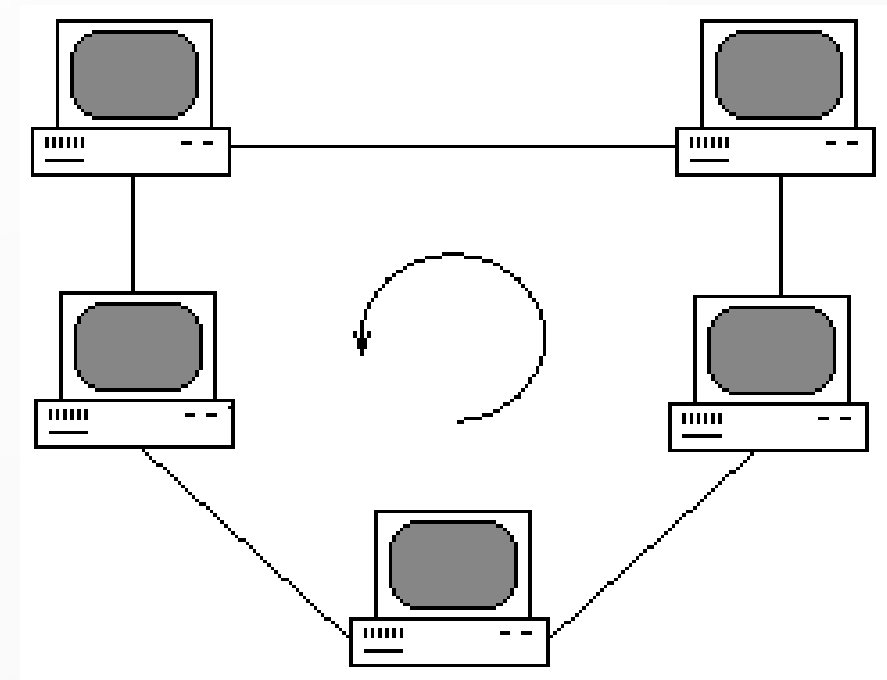
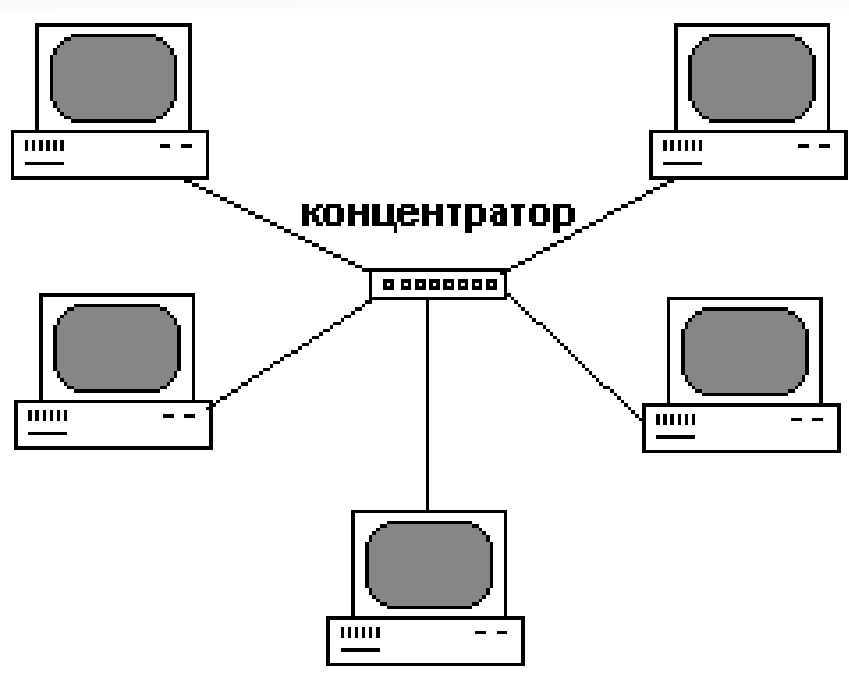
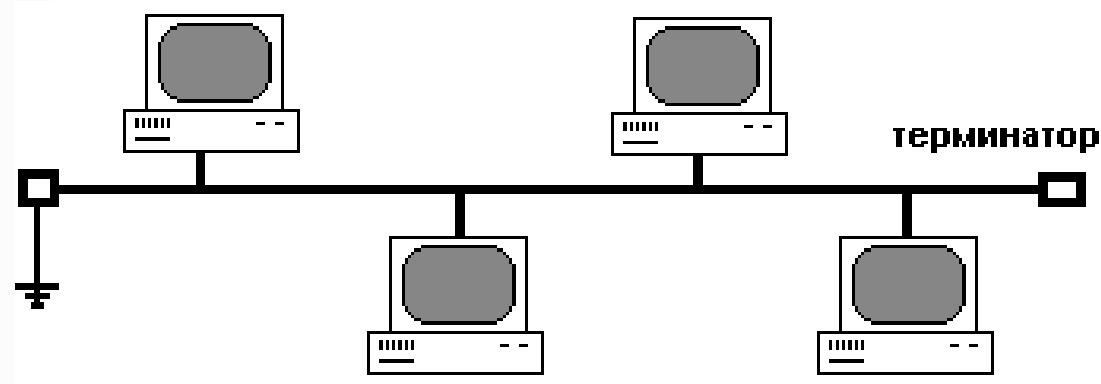
- Широкоповіщувальний режим — передача повідомлення усім пристроям мережі безадресно
- Одно абонентський режим — передача даних конкретному пристрою за адресою
- Багато абонентський режим — передача даних декільком пристроям одночасно за адресами

Типи даних каналів передачі

- Сигнал — короткотривалий у використанні каналу передачі з необхідністю швидкої доставки
- Команди — передається один раз з високою надійністю, ініціює дію у системі
- Стан — відображає зміну поточних процесів та має низький пріоритет у передачі
- Подія — є результатом досягнення межових значень та потребує гарантованої у часі доставки
- Запрос — команда ініціації відповіді чи обробки даних

Топологія мереж

- Зірка
- Кільце
- Шина



Параметри промислових мереж

- Час реакції — час між запитом та відповіддю
- Пропускна здатність — кількість інф-ії (біти) за секунду
- Коефіцієнт готовності — $T_{нар.о}/(T_{нар.о} + T_{вост.})$
- Ймовірність та час доставлення повідомлення
- Безпека та відмовостійкість передачі

Еталонна модель OSI

Open system interconnection

Номер уровня	Название уровня	Протокол	Примеры	Единица обмена
7	Прикладной	Прикладной протокол	FTP, HTTP, SMTP	APDU, сообщение
6	Уровень представления	Протокол уровня представления	SSL	PPDU
5	Сеансовый	Сеансовый протокол		SPDU
4	Транспортный	Транспортный протокол	TCP, UDP, SPX	TPDU
3	Сетевой	Сетевой протокол	IP, IPX	Пакет
2	Канальный (передачи данных)	Протокол канального уровня		Кадр
1	Физический	Протокол физического уровня		Бит

Фізичний та каналний рівні OSI

- Фізичний рівень — гарантує можливість передачі даних між приймачем та передавачем на рівні біта шляхом модуляції, фільтрації, синхронізації по фронтах, узгодження рівнів
- Канальний рівень — забезпечує контроль доступу до лінії та формування кадру (набору бітів) з контролем колізії кодової послідовності (контрольна сума)

Мережевий та транспортний рівні OSI

- Мережевий рівень — забезпечує маршрути передачі даних між пристроями з урахуванням трафіку та пріоритетів посилок, реалізує сегментацію пакетів даних
- Транспортний — забезпечує адресацію, пакетування, буферизацію, рівень якості передачі та формування пріоритетів, виявлення та усунення колізій

представлення прикладний рівні OSI

- Сеансовий рівень — забезпечує режим зв'язку (дуплексний, напівдуплексний), сегментує довгі повідомлення, формує черги повідомлень
- Рівень представлення — кодування та захист інформації логічного рівня. ASCII, SSL тощо.
- Прикладний рівень реалізує об'єктну модель доступу до вайлових систем і пам'яті через стандартні протоколи. HTTP, FTP, SMTP, POP тощо

Критика моделі OSI

- Застарілість — пізно вийшла на ринок, коли виникли редуковані протоколи (TCP/IP)
- Погана технологія та реалізація — занадто складна та збиткова, складно масштабована
- Політичне забарвлення — штучно просувалась на ринок асоціацією та великими розробниками на ринку США та Європи. Протекціонізм мав погані наслідки

Дякую за увагу

Ваші запитання?

Інтерфейси промислових мереж

Лекція №3

Інтерфейс RS-485

Переваги та особливості

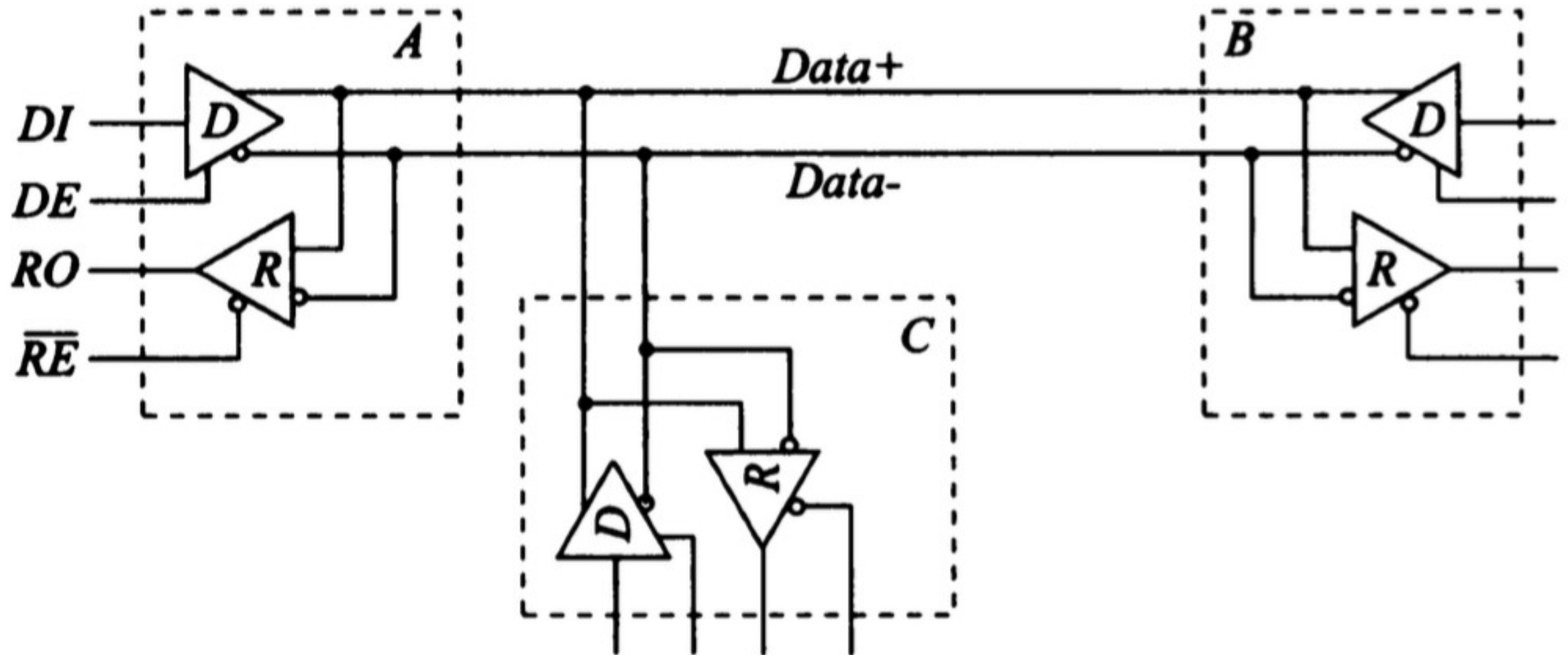
- Двосторонній обмін даними по вітій парі дротів
- Робота з декількома трансиверами на одній лінії — побудова мережі
- Довга лінія зв'язку
- Відносно висока швидкість передачі даних

Використовується Modbus Profibus DP, Arcnet, Bitbus тощо

Принципи побудови RS-482

- Диференційний спосіб передачі даних (Data+ і Data- відносно “землі”)
- Кожна лінія відносно землі має розкид потенціалів -7 $+12$ V
- Розрізнення логічної “1” в межах $+200$ mV $+ 12$ V
- Розрізнення логічного “0” в межах -200 mV -7 V
- Різниця між Data+ і Data- не менше 1.5V
- Максимальна довжина лінії зв’язку 1200м
- Симетрія Data+ і Data- та віта пара прибирають похибки лінії

RS-485



Високоємвідансний стан трансивера

- Реалізує запирання каналу передатчика для обміну даними в напівдуплексному режимі сигналом DE (з боку мережі ініціюється сигналом RTS)

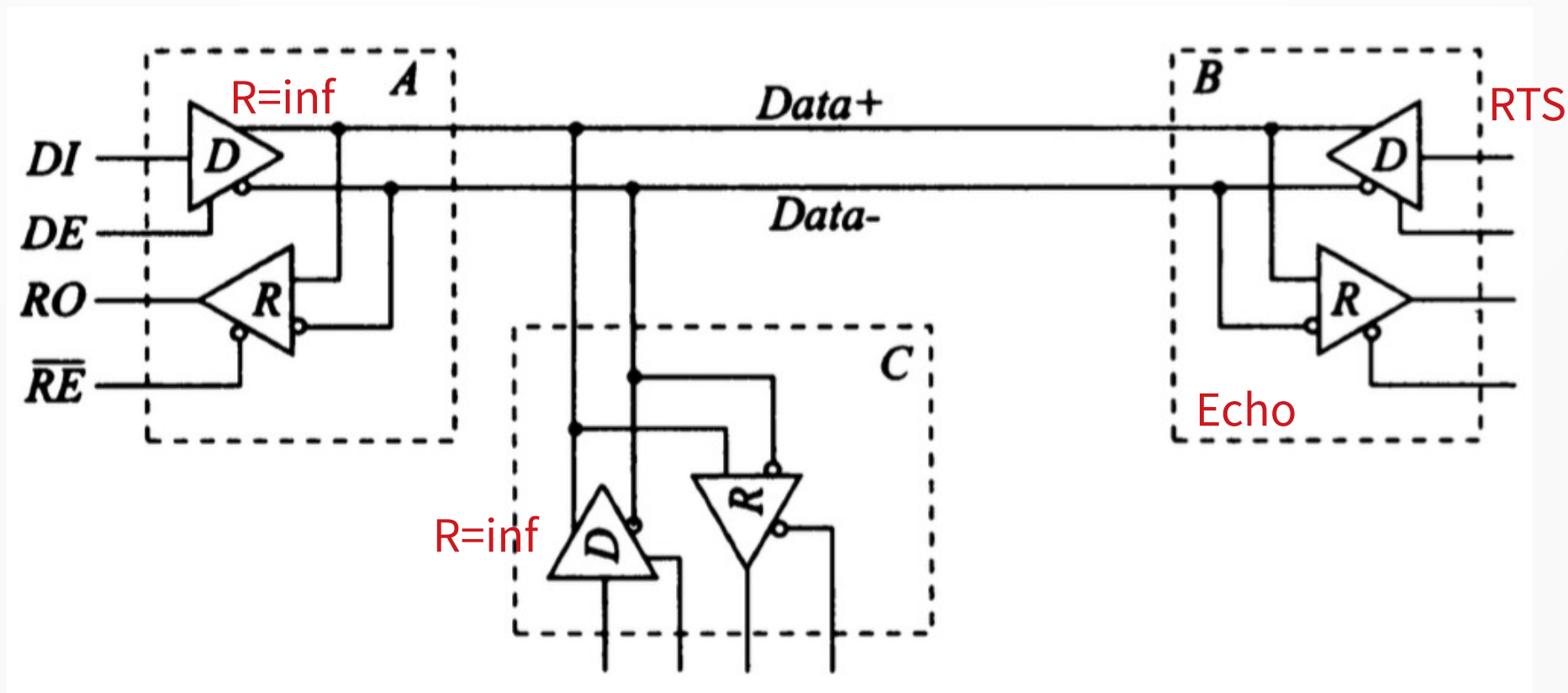
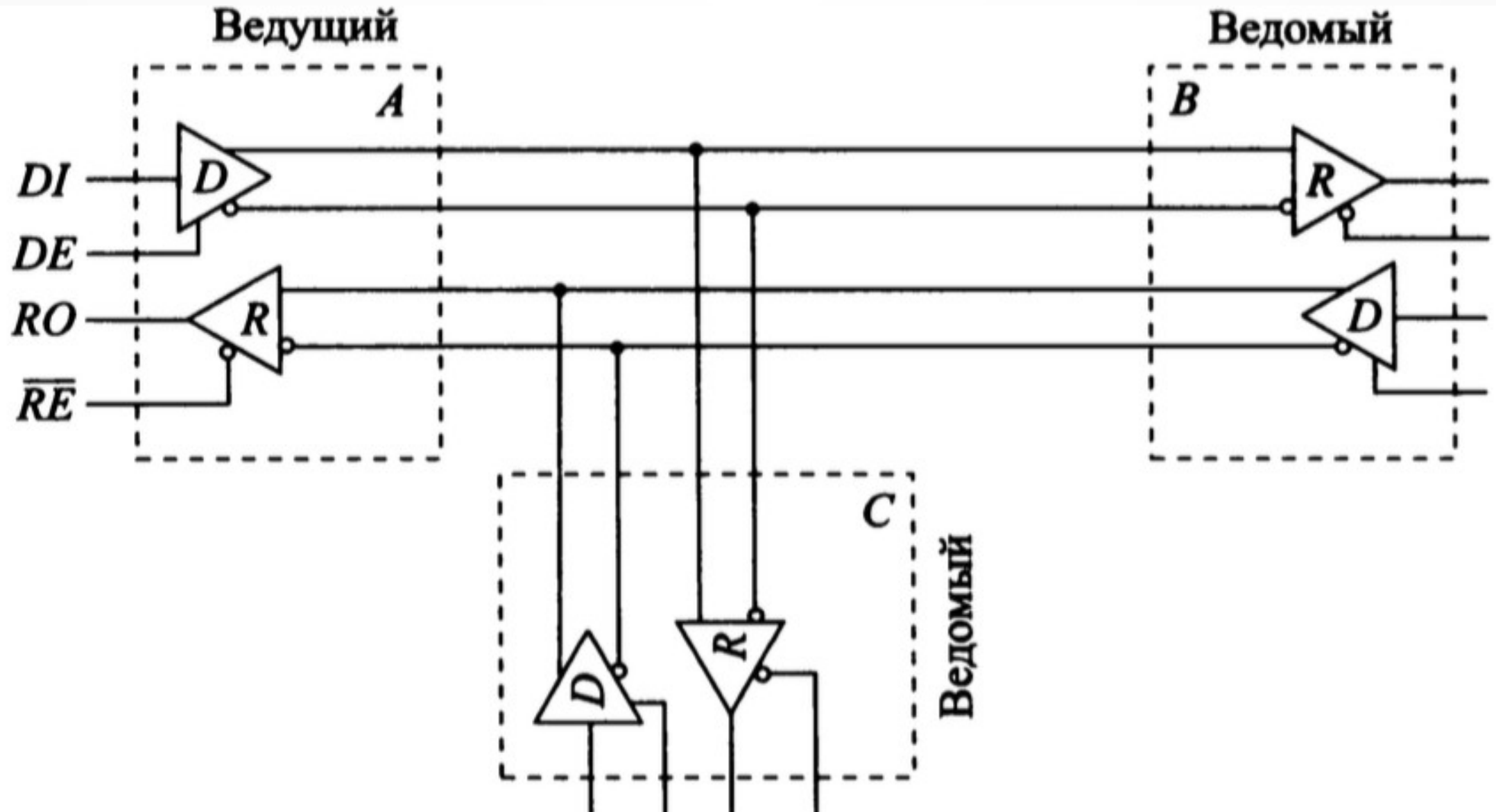


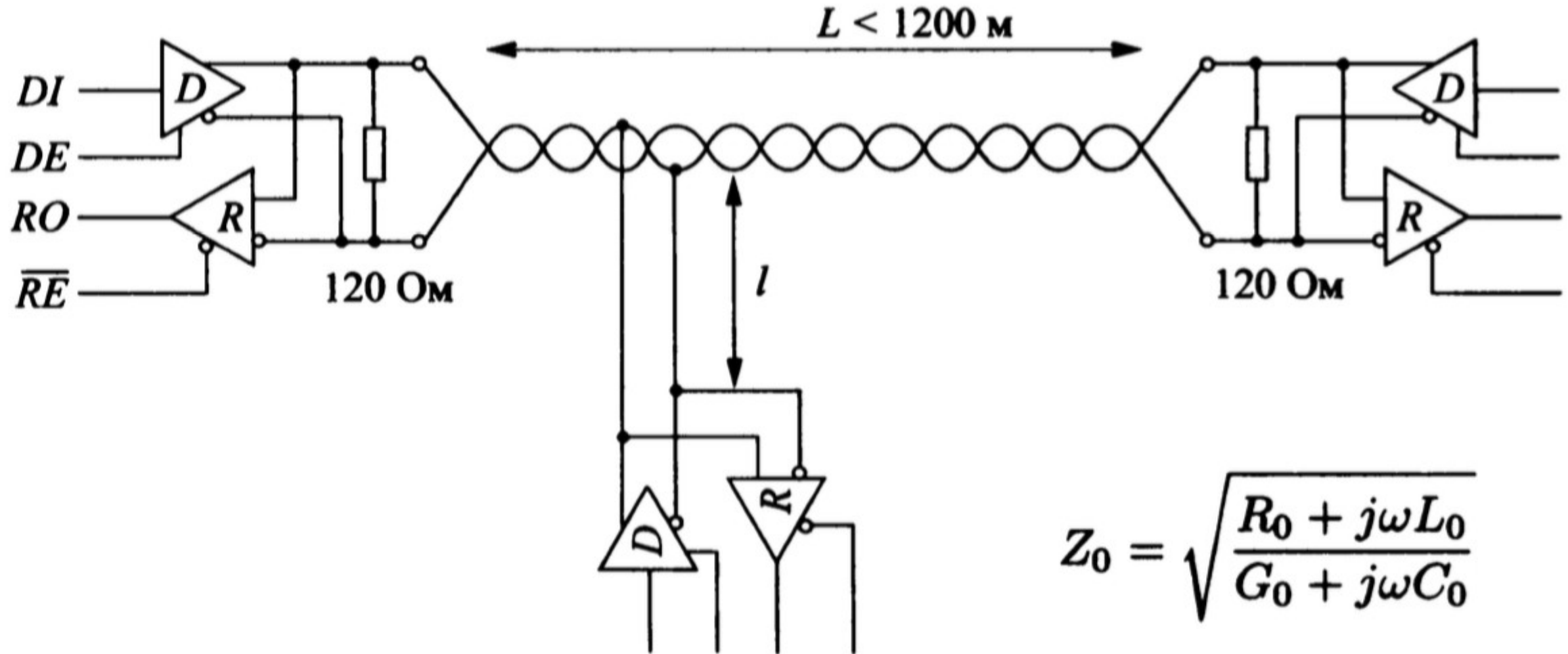
Схема RS-485



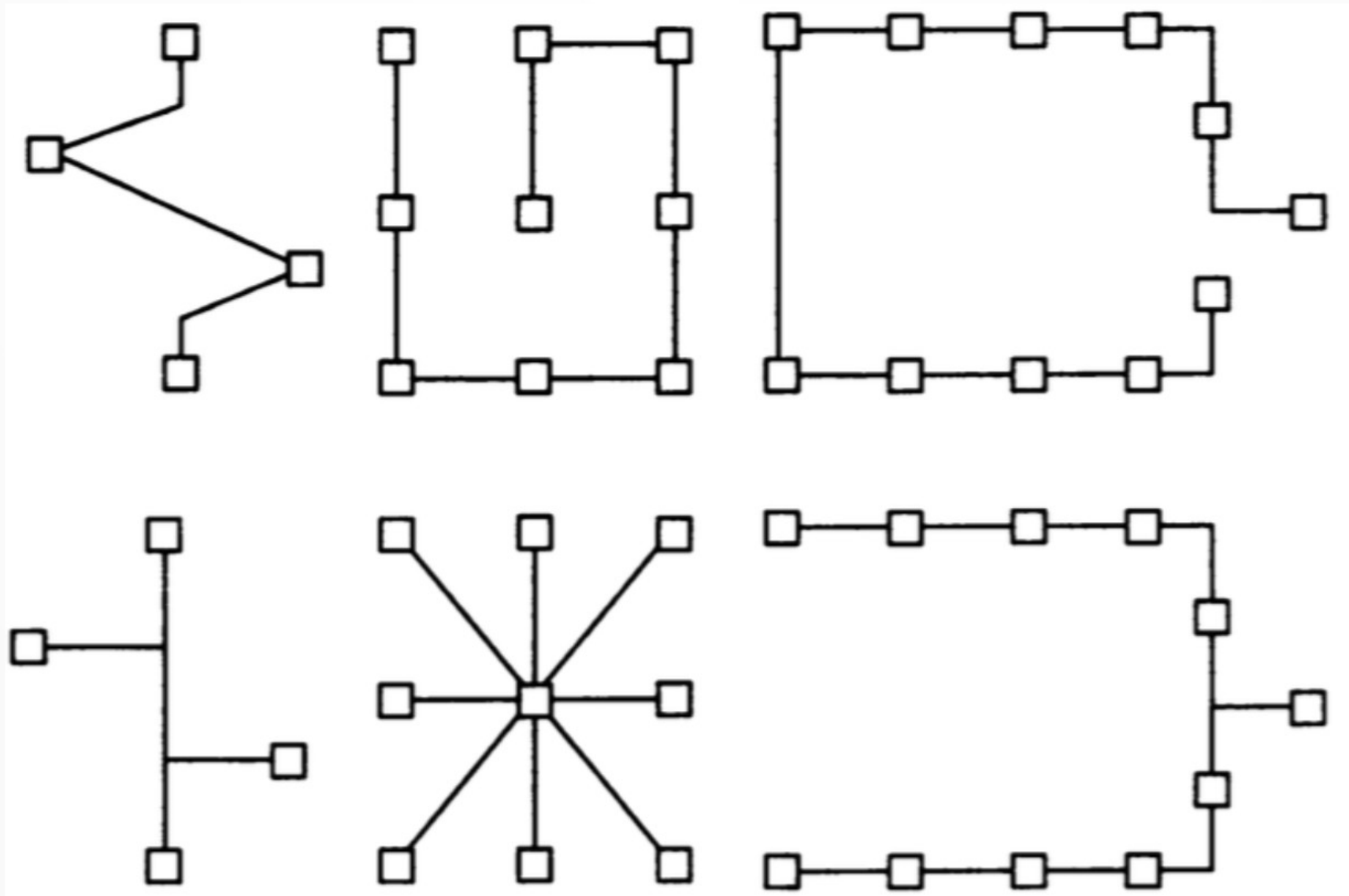
Параметри інтерфейса RS-485

Параметр	Минимум	Максимум	Условие
Выходное напряжение передатчика, В:			
без нагрузки	1,5...-1,5	6...-6	$R_{\text{нагр}} = 0$
с нагрузкой	1,5...-1,5	5...-5	$R_{\text{нагр}} = 54 \text{ Ом}$
Ток короткого замыкания передатчика, мА	-	± 250	Короткое замыкание выхода на источник питания +12 В или на -7 В
Длительность переднего фронта импульсов передатчика, % от ширины импульса	-	30	$R_{\text{нагр}} = 54 \text{ Ом};$ $C_{\text{нагр}} = 5 \text{ пФ}$
Синфазное напряжение на выходе передатчика, В	-1	3	$R_{\text{нагр}} = 54 \text{ Ом}$
Чувствительность приемника, мВ	-	± 200	При синфазном напряжении от -7 до +12 В
Синфазное напряжение на входе приемника, В	-7	+12	
Входное сопротивление приемника, кОм	12	-	
Максимальная скорость передачи, кбит/с, для кабеля длиной:			
12 м	10	-	
1200 м	100	-	

Компенсація хвильового опору на термінальних резисторах

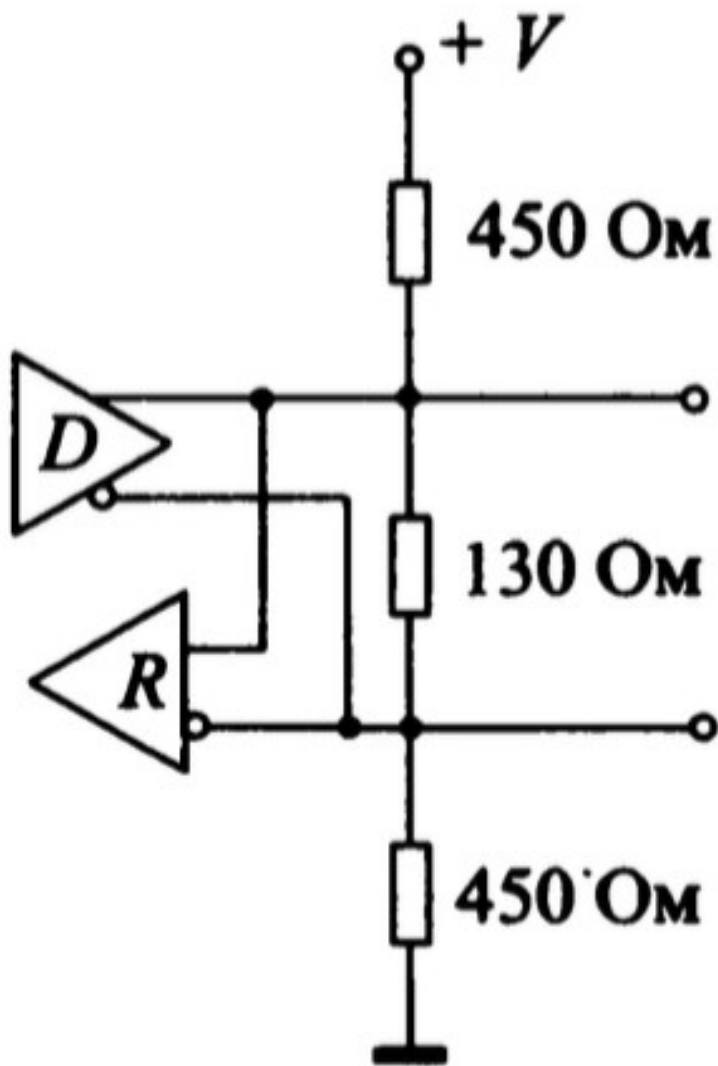


Топологія RS-485



32
пристрої

НЕВИЗНАЧЕНОСТІ НА ЛІНІЇ ТА НАСКРІЗНІ СТРУМИ

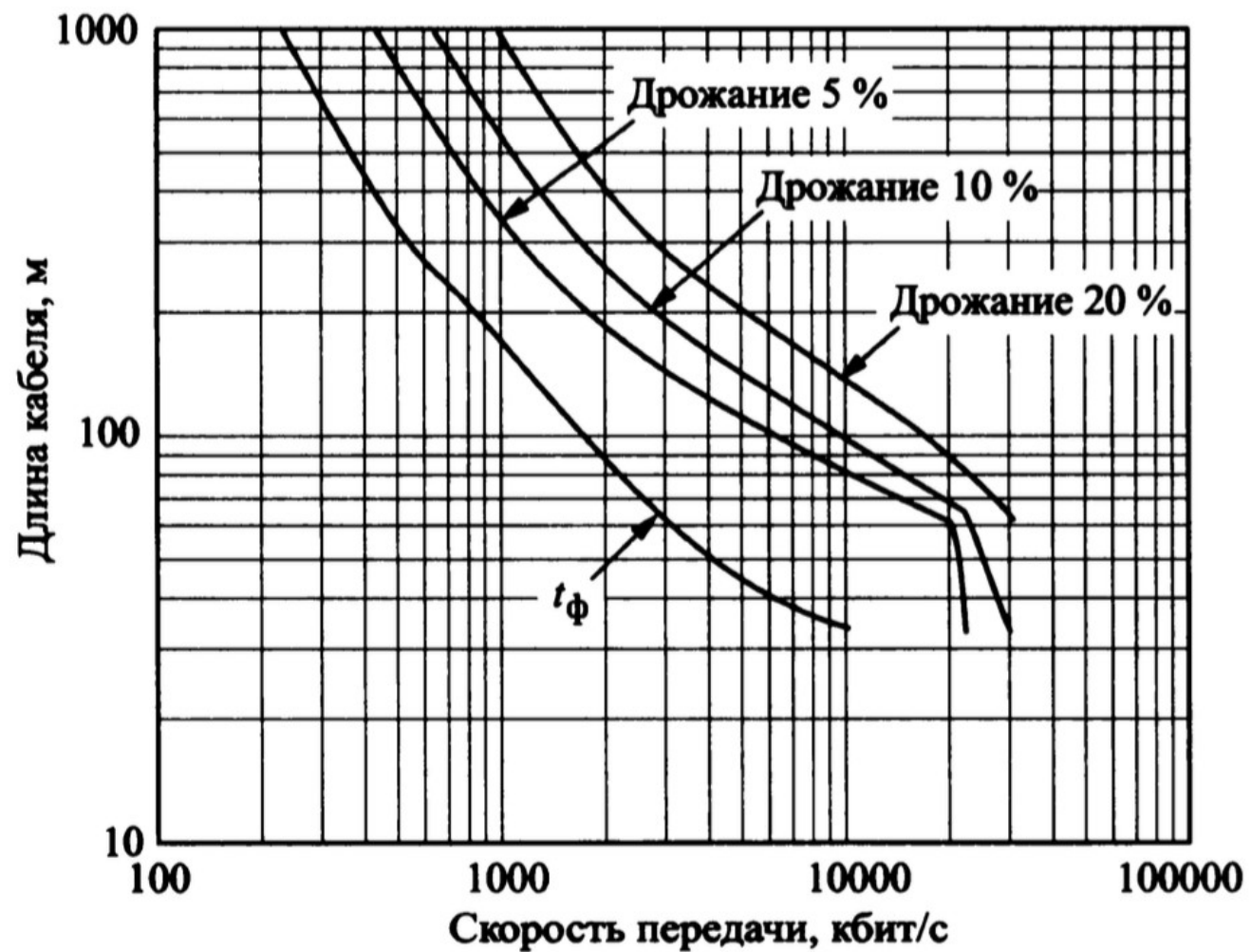
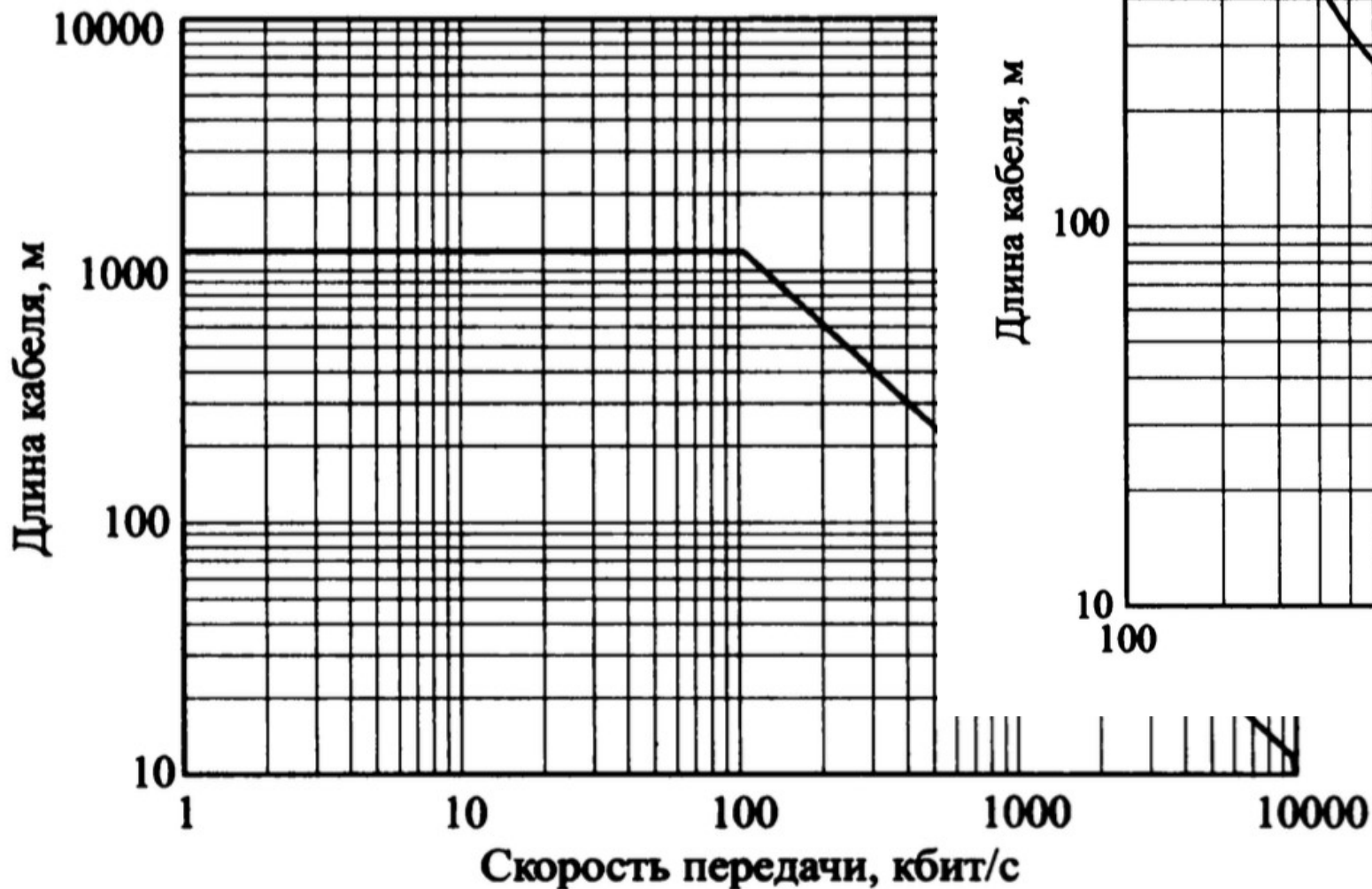


Стан невизначеності виникає, якщо всі передавачі опиняються у високоемпідансному стані. Для подання даного стану необхідно забезпечити поріг від “землі” понад $\pm 200\ \text{mV}$

Наскрізні струми виникають при одночасній роботі двох передавачів на лінії. Через них протікає великий струм, що може ушкодити трасивери в лінії.

Вибір кабелю для RS-485

$Z_0 = 120 \text{ Ом}$

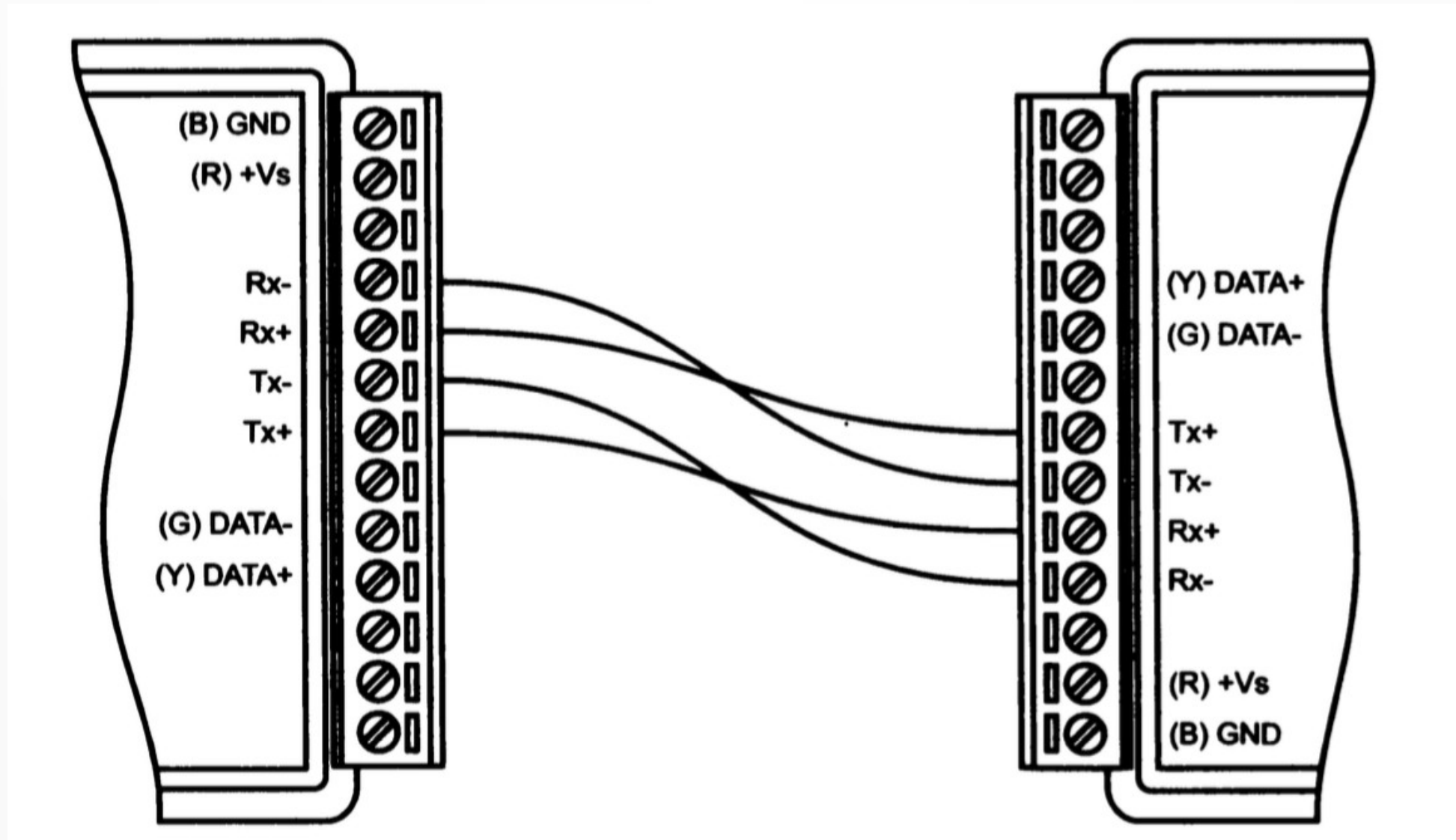


Интерфейсы RS-232 RS-422

Параметр	RS-232	RS-422	RS-485
Способ передачи сигнала	Однофазный	Дифференциальный	
Максимальное количество приемников	1	10	32
Максимальная длина кабеля, м	15	1200	1200
Максимальная скорость передачи, Мбит/с	0,460	10	30*
Синфазное напряжение на выходе, В	± 25	$-0,25...+6$	$-7...+12$
Напряжение в линии под нагрузкой, В	$\pm 5... \pm 15$	± 2	$\pm 1,5$
Импеданс нагрузки, Ом	3000...7000	100	54
Ток утечки в «третьем» состоянии, мкА	-	-	± 100
Допустимый диапазон сигналов на входе приемника, В	± 15	± 10	$-7...+12$
Чувствительность приемника, В	± 3	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Входное сопротивление приемника, кОм	3...7	4	≥ 12

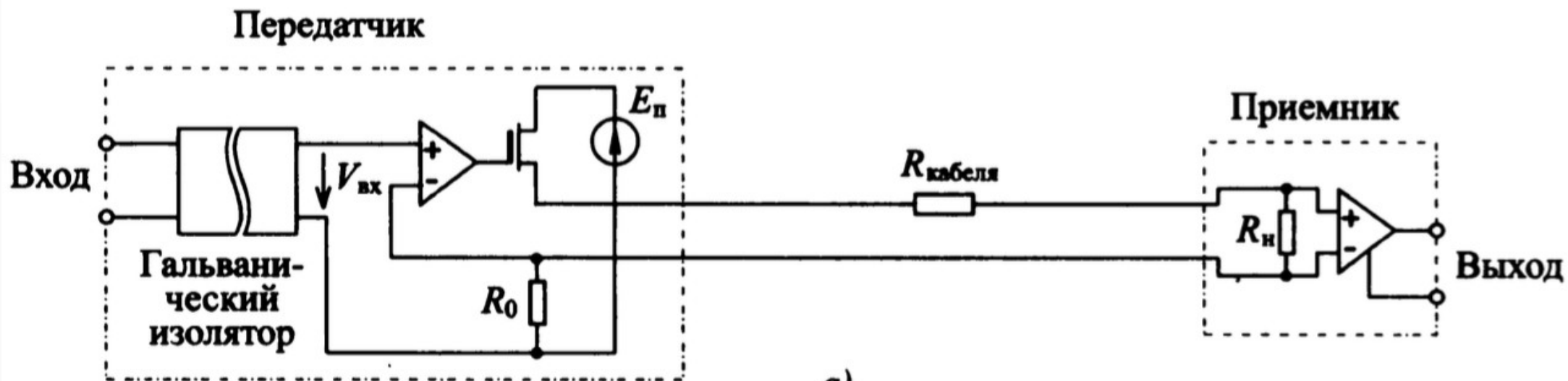
Дякую за увагу

Підключення інтерфейсів RS-232 RS-422

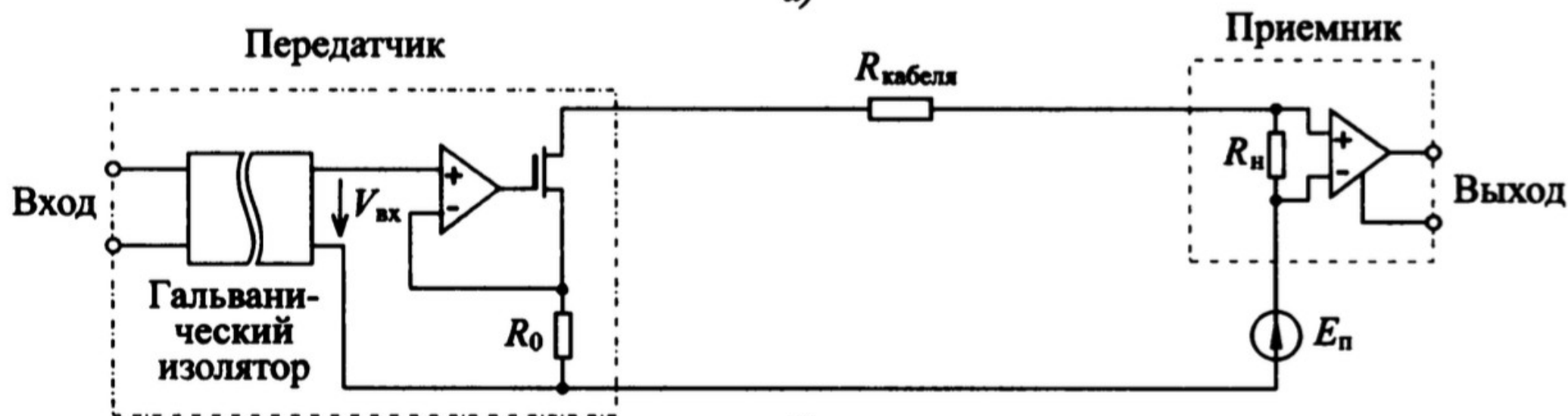


Інтерфейс “струмова петля”

Джерело струму 60мА, 20мА, 4..20мА

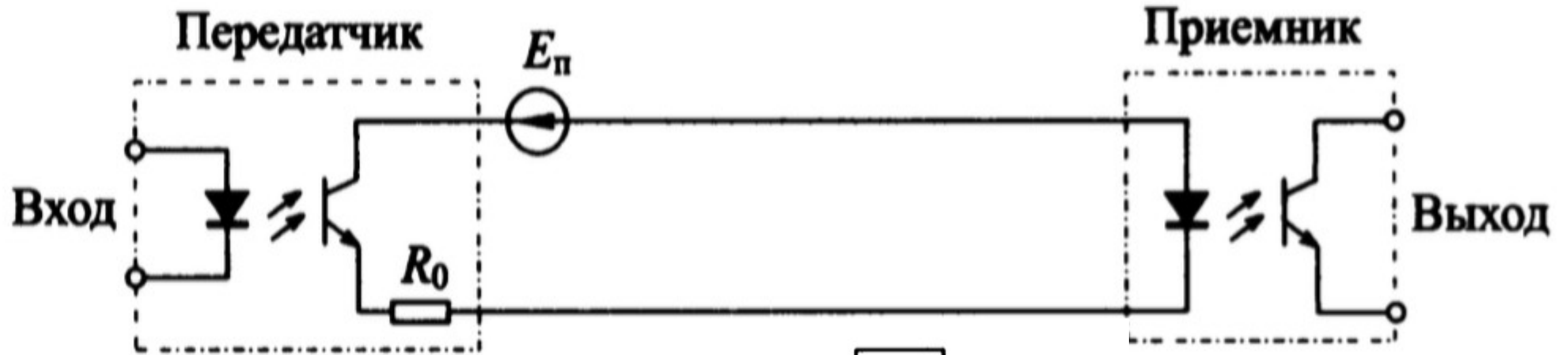


а)

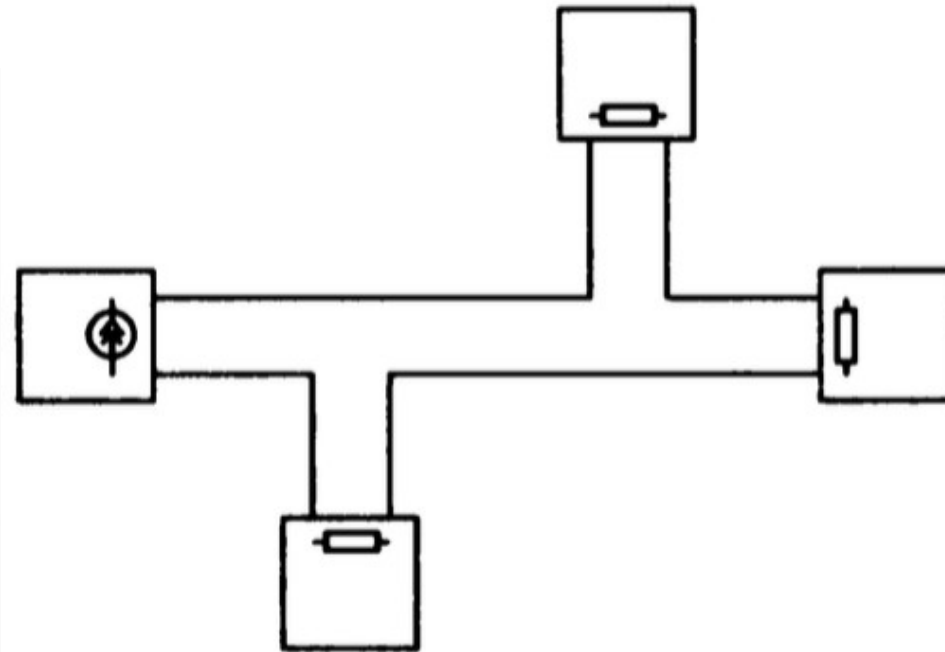


б)

Цифрова “струмова петля”



Підключення декількох
приймачів

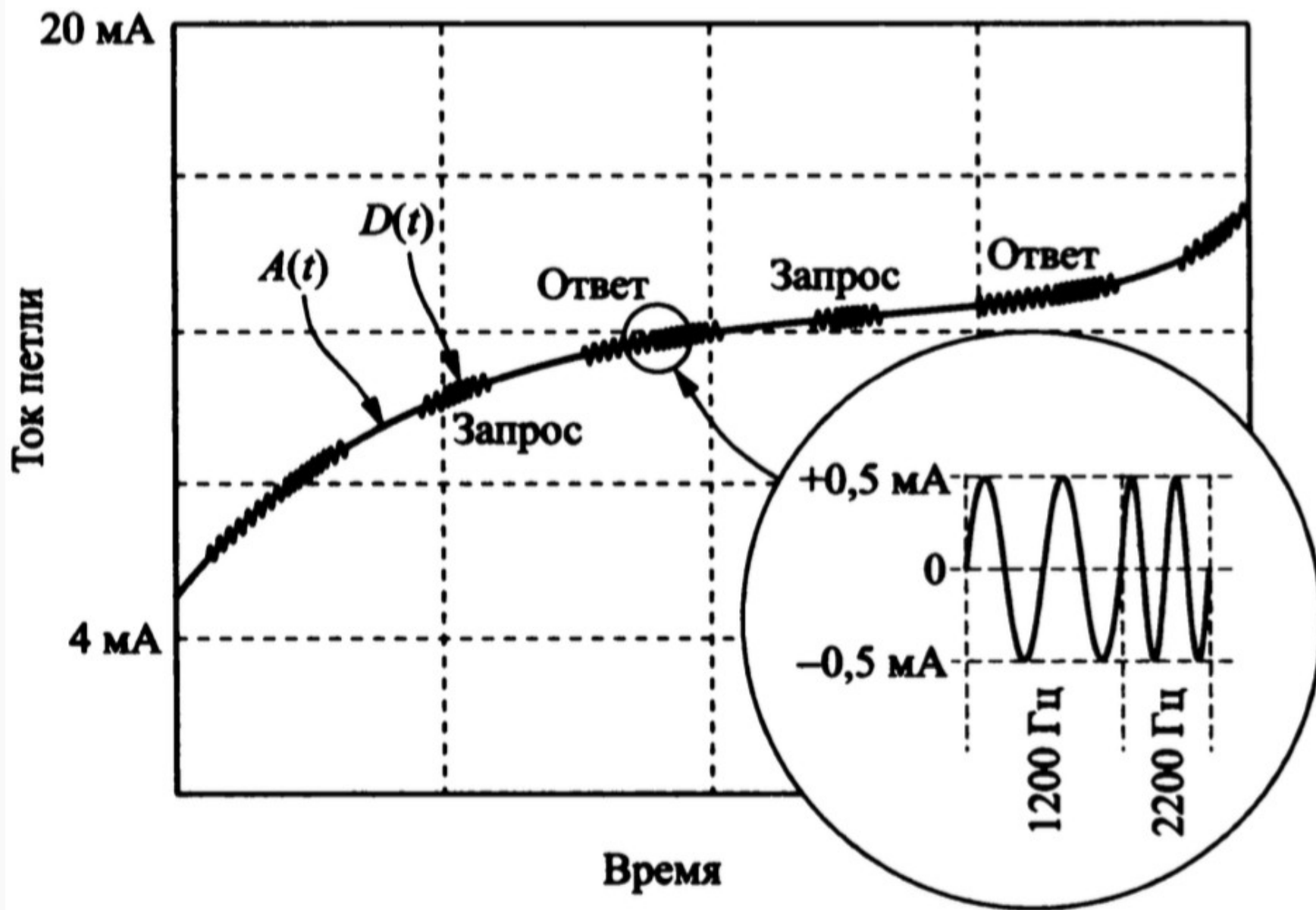


НАRT протокол на інтерфейсі “струмова петля”

Модель OSI НАRT-протокола

Номер уровня	Название уровня	НАRT
7	Прикладной	НАRT-команды, ответы, типы данных
6	Уровень представления	Нет
5	Сеансовый	Нет
4	Транспортный	Нет
3	Сетевой	Нет
2	Канальный (передачи данных)	Ведущий/ведомый, контрольная сумма, контроль четности, организация потока битов в сообщении, контроль приема сообщений
1	Физический	Наложение цифрового ЧМ сигнала на аналоговый 4...20 мА; медная витая пара

Частотна модуляція за HART ПРОТОКОЛОМ

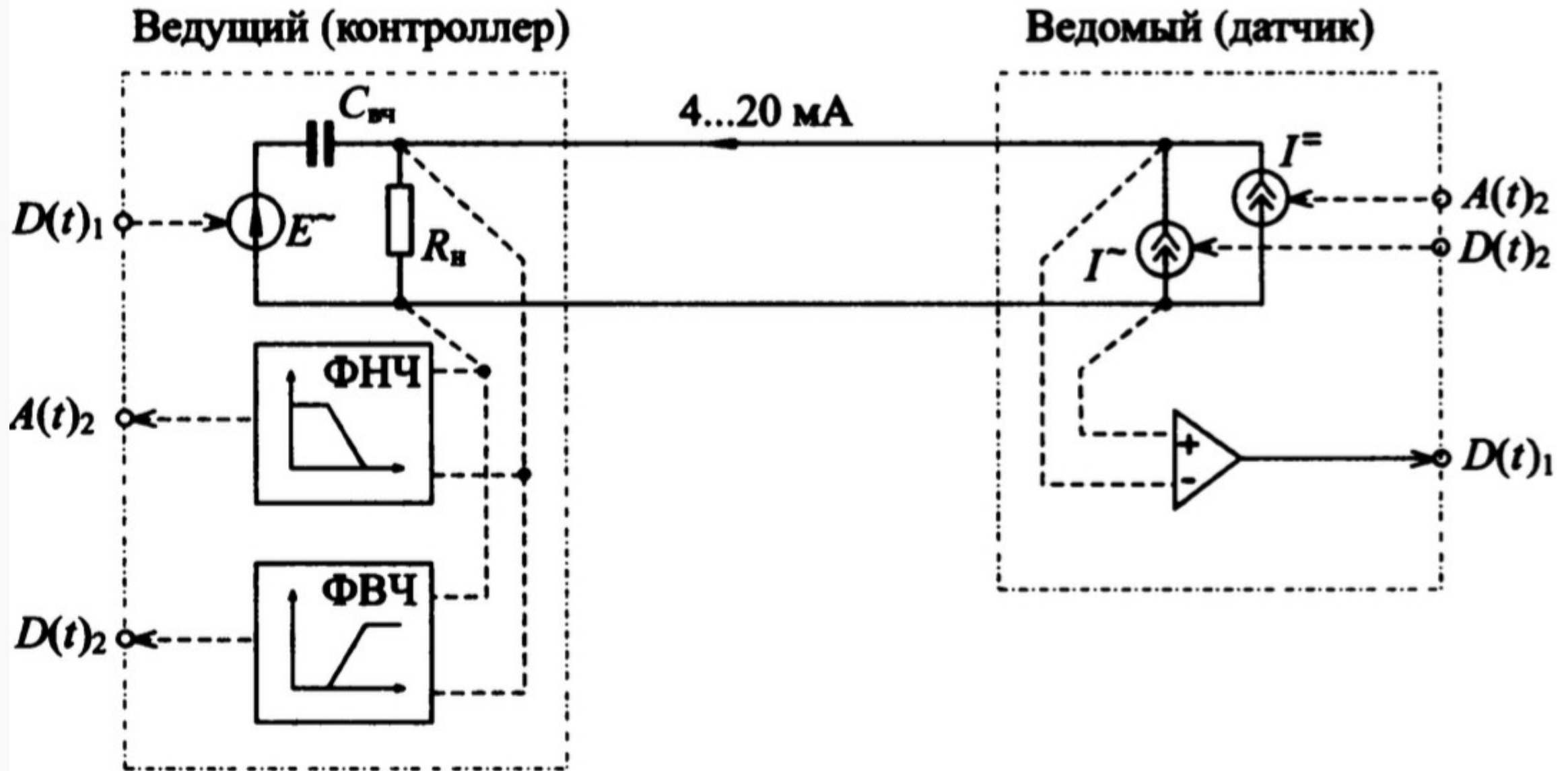


"1" = 1200 Гц
"0" = 2200 Гц

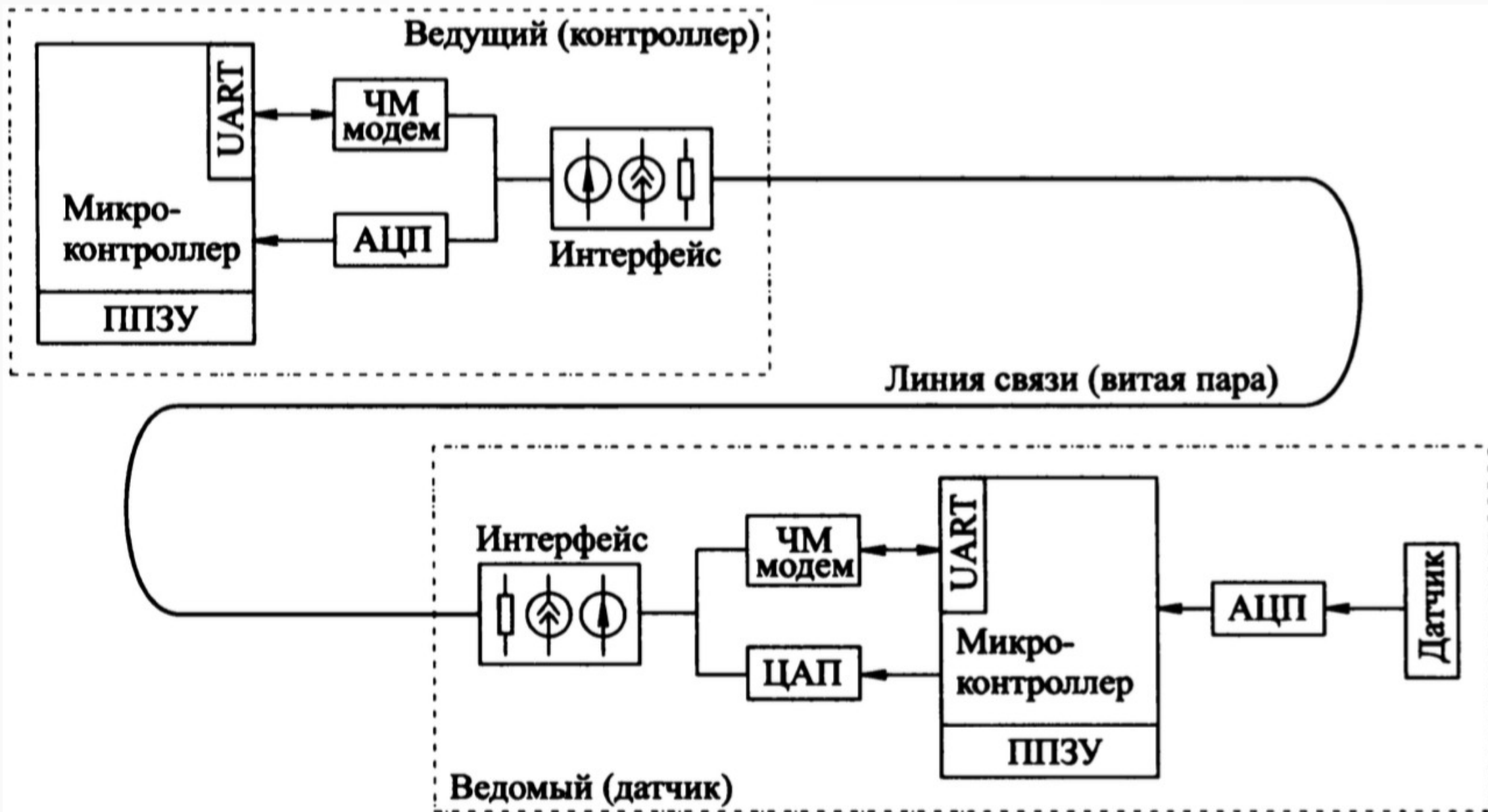
Запит-відповідь у
послідовності

A — аналоговий
D — цифровий

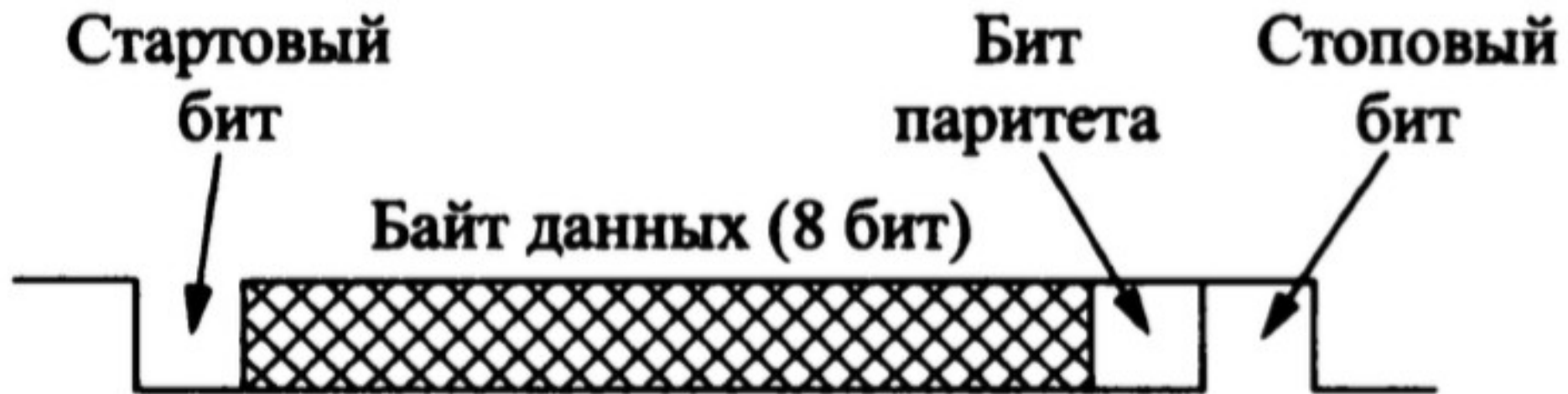
Фізична реалізація протоколу HART



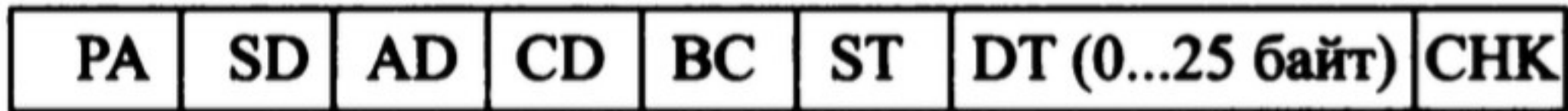
Реалізація NAKI протоколу у пристроях передачі даних



повідомлення у НАКІ протоколі



a)



б)

Стандартні слова НАКІ протоколу

Обозначение	Название	Длина, байт	Назначение
PA	Преамбула	5...20	Синхронизация и обнаружение несущей
SD	Признак старта	1	Указывает формат сообщения и источник сообщения
AD	Адрес	1 байт или 38 бит	Указывает адреса обоих устройств
CD	Команда	1	Сообщает подчиненному, что нужно сделать
BC	Число байт в DT	1	Показывает число байт между BC и СНК
ST	Статус	0, если ведущий; 2, если ведомый	Сообщает ошибки обмена данными, состояние устройства
DT	Данные	0...253	Аргумент, соответствующий команде CD
СНК	Контрольная сумма	1	Обнаружение ошибок

Дякую за увагу

Ваші запитання?

Промислові мережі CAN та ProfiBUS

Лекція № 4-5

Стандарт CAN

- Дозволяє об'єднати в мережу різноманітні пристрої, використовуючи послідовний інтерфейс
- Розвинений стек протоколів, що включає також і відкриті до розробки
- Продумана архітектура протоколу з акцентом на каналній рівень моделі OSI
- Відкритість прикладного рівня та можливість власних програмних розробок групової автоматки

Характеристики CAN

- Можливість надання пріоритету повідомленням а не пристроям (гнучкість організації зв'язку)
- Гарантована пауза між сеансами обміну даних
- Гнучкість конфігурування та модернізації мережі
- Широкоповіщувальний прийом та часова синхронізація
- Відсутність протеріч повідомлень усієї системи
- Багатомастерність (множина ведучих пристроїв)
- Можливість сигналізувати, виправляти помилки передачі та автоматично поновлювати передачу

Відповідність моделі OSI

№	Название уровня	Подуровни CAN	Примечание
7	Прикладной		Стандартом CAN не установлен. Определен стандартами CAL, CANopen, DeviceNet, SDS, CAN Kingdom и др.
6	Представления	Нет	Нет
5	Сеансовый	Нет	Нет
4	Транспортный	Нет	Нет
3	Сетевой	Нет	Нет
2	Канальный (передачи данных)	LLC MAC	Подтверждение фильтрации, уведомление о перегрузке, управление восстановлением данных Формирование пакетов данных, кодирование, управление доступом, обнаружение ошибок, сигнализация об ошибках, подтверждение приема, преобразование из последовательной формы в параллельную и обратно
1	Физический	Физический	Обеспечение надежной передачи на уровне байтов (кодирование, контрольная сумма, временные диаграммы, синхронизация). Требования к линии передачи

Примечание: MAC (Medium Access Control) — управление доступом к каналу; LLC (Logical Link Control) — управление логическими связями.

Фізичний рівень CAN

Гарантує надійність побітної передачі даних незалежно від формату повідомлення. Не регламентує характеристики приймача та передавача. Кручена пара містить додатковий дріт з термінальними резисторами. Земля має бути спільною у всіх пристроїв.

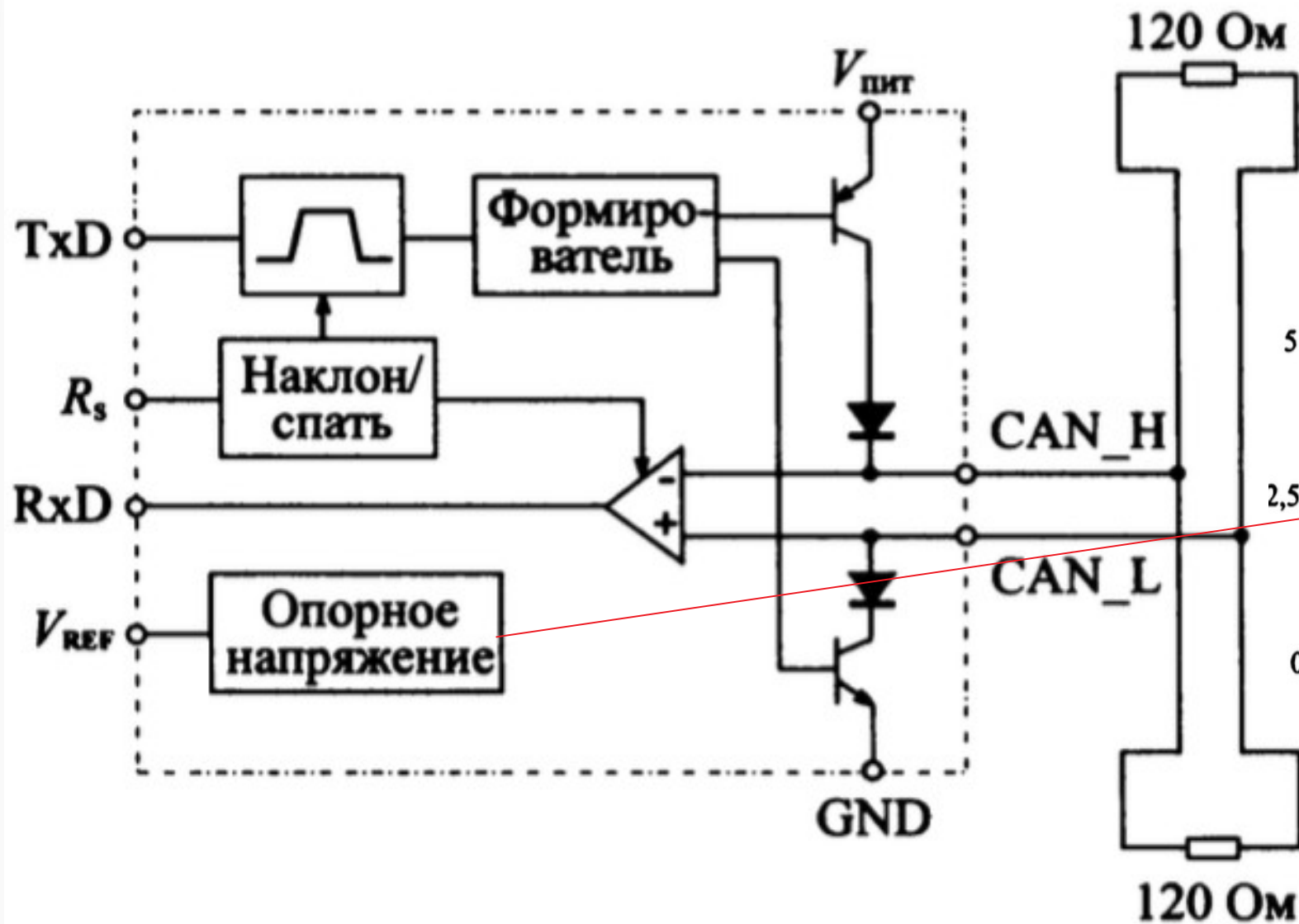
Для підключення пристроїв використовують T-подібний розгалужувач з 9-піновим роз'ємом D-Sub. CANopen припускає інші роз'єми RJ-45, RJ-10 тощо

Розпіновка D-Sub для CAN

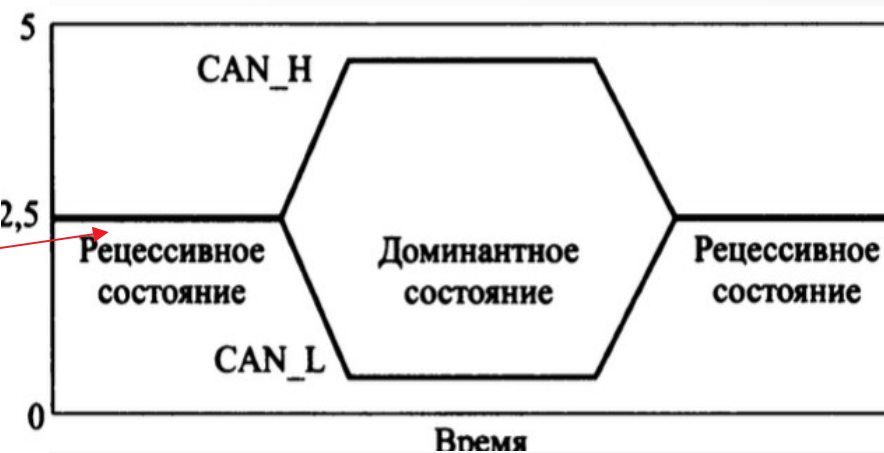
Контакт	Сигнал	Примечание
1	–	Зарезервирован
2	CAN_L	Сигнал линии
3	CAN_GND	«Земля»
4	–	Зарезервирован
5	(CAN_SHLD)	Экран кабеля (не обязательно)
6	(GND)	«Земля» (не обязательно)
7	CAN_H	Сигнал линии
8	–	Зарезервирован
9	(CAN_V+)	Внешнее питание (не обязательно, для питания передатчиков с гальванической изоляцией)

Примечание. В каждом модуле контакты 3 и 6 должны быть соединены.

Будова передавача CAN



Швидкість передачі від 20 до 1000 кбіт/с
CAN_H більше CAN_L
Домінантна одиниця



Синхронізація до 16 МГц
NRZ кодування до 5 доміантних бітів з біт-стаффінгом (паузою)

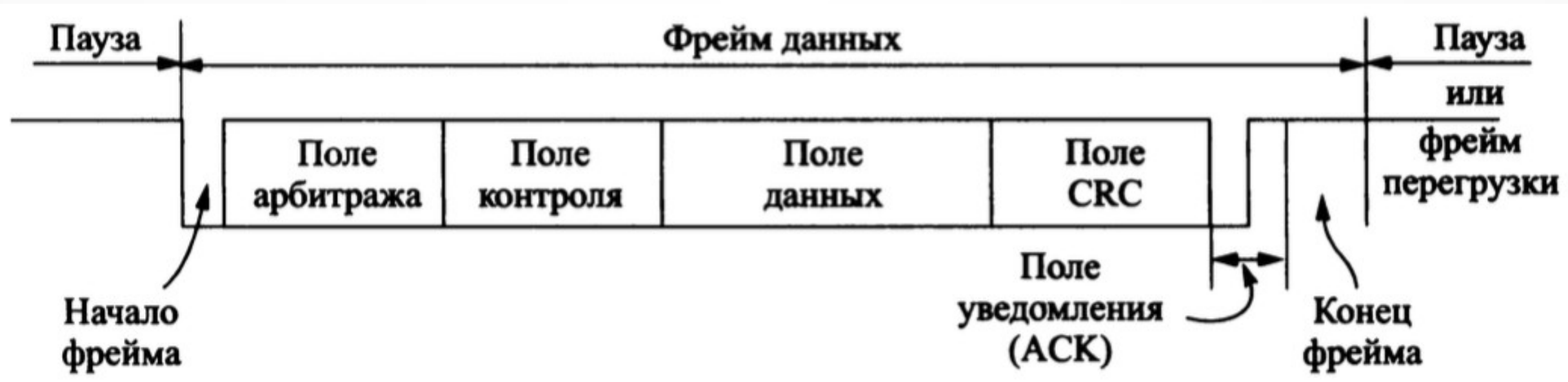
Електричні параметри передавача

Параметр	Обозначение	Минимальное	Номинальное	Максимальное	Условие
Для рецессивного состояния шины					
Потенциалы на выходе передатчика, В	CAN_H	2,0	2,5	3	Без нагрузки
	CAN_L	2,0	2,5	3	
Дифференциальное напряжение, В: на выходе передатчика на входе приемника	V_{diff}	-0,5	0	0,05	Без нагрузки
	V_{diff}	-1	-	0,5	Без нагрузки
Для доминантного состояния шины					
Потенциалы на выходе передатчика, В	CAN_H	2,75	3,5	4,5	С нагрузкой
	CAN_L	0,5	1,5	2,25	
Дифференциальное напряжение, В: на выходе передатчика на входе приемника	V_{diff}	1,5	2	3	С нагрузкой
	V_{diff}	-0,9	-	5	С нагрузкой

Канальний рівень CAN

- Два підрівня реалізації LLC та MAC
- Broadcast сповіщення усіх вузлів, за фільтром пристроїв
- Передача до появи на лінії домінантного стану — 1
- Гарантується прийняття повідомлення або відхилення усіма
- Арбітражна система на базі побітного порівняння ідентифікатору до рецесивного стану

Типи та структура фреймів



4 типи фреймів повідомлення:

Фрейм даних

фрейм виклику (такий же як даних по структурі, проте пустого змісту)

фрейм помилки (біту, стаффінгу, CRC, формату, повідомлення)

фрейм перевантаження (флаг перезавантаження та роздільник)

Специфікація CANopen

- Використовується для створення прикладного рівня у зв'язку з відсутністю класів, методів, властивостей змінних та операторів програмування а також програмних моделей взаємодії
- Сервіси протоколу: запит, індикація, відповідь, підтвердження
- Взаємодія: комунікаційний інтерфейс, програмний протокол, словник об'єктів, I/O інтерфейс, прикладна програма.
- EDS — електроний список параметрів ідентифікації пристроїв.

OSI специфікація ProfiBUS

Process field bus — польова шина для виробництва.
EN 50170 прийнята у Німеччині 1987 році.

№	Название уровня	Profibus DP	Profibus FMS	Profibus PA
7	Прикладной	Нет	Fieldbus Message Specification (FMS)	Нет
6	Представления	Нет		
5	Сеансовый	Нет		
4	Транспортный	Нет		
3	Сетевой	Нет	FDL	IEC 1158-2
2	Канальный (передачи данных)	FDL		
1	Физический	RS-485, оптоволоконный интерфейс	RS-485, оптоволоконный интерфейс	Интерфейс IEC 1158-2

Модицікації ProfiBUS

ProfiBUS DP — для децентралізованої периферії.

Використовується для прямого приєднання DDLМ на каналному рівні, забезпечуючи найбільшу швидкість.

ProfiBUS FMS — використовує складний протокол прикладного рівня для обміну на рівні реєстрів мікропроцесорних систем.

ProfiBUS PA — використовує протокол IEC-1158-2 живлення по шині для вибухонебезпечних об'єктів, не сумісний з RS-485 на фізичному рівні.

Фізичний рівень ProfiBUS DP FMS

Характеристика: RS-485, 32 пристрої послідовно, до 12Мбіт/с, D-SUB DB-9 до IP 65/67

Контакт	Сигнал	Примечание
1	Shield	Экран
2	M24	-24 В
3	Rx/Tx-DP	Прием/передача данных (положительный вывод, провод В)
4	CNTR-P	Сигнал для управления направлением передачи, положительный вывод
5	DGND	Общий провод данных
6	VP	Напряжение питания, «+»
7	P24	+24 В
8	Rx/Tx-N	Прием/передача данных (отрицательный вывод, провод А)
9	CNTR-N	Сигнал для управления направлением передачи, отрицательный вывод



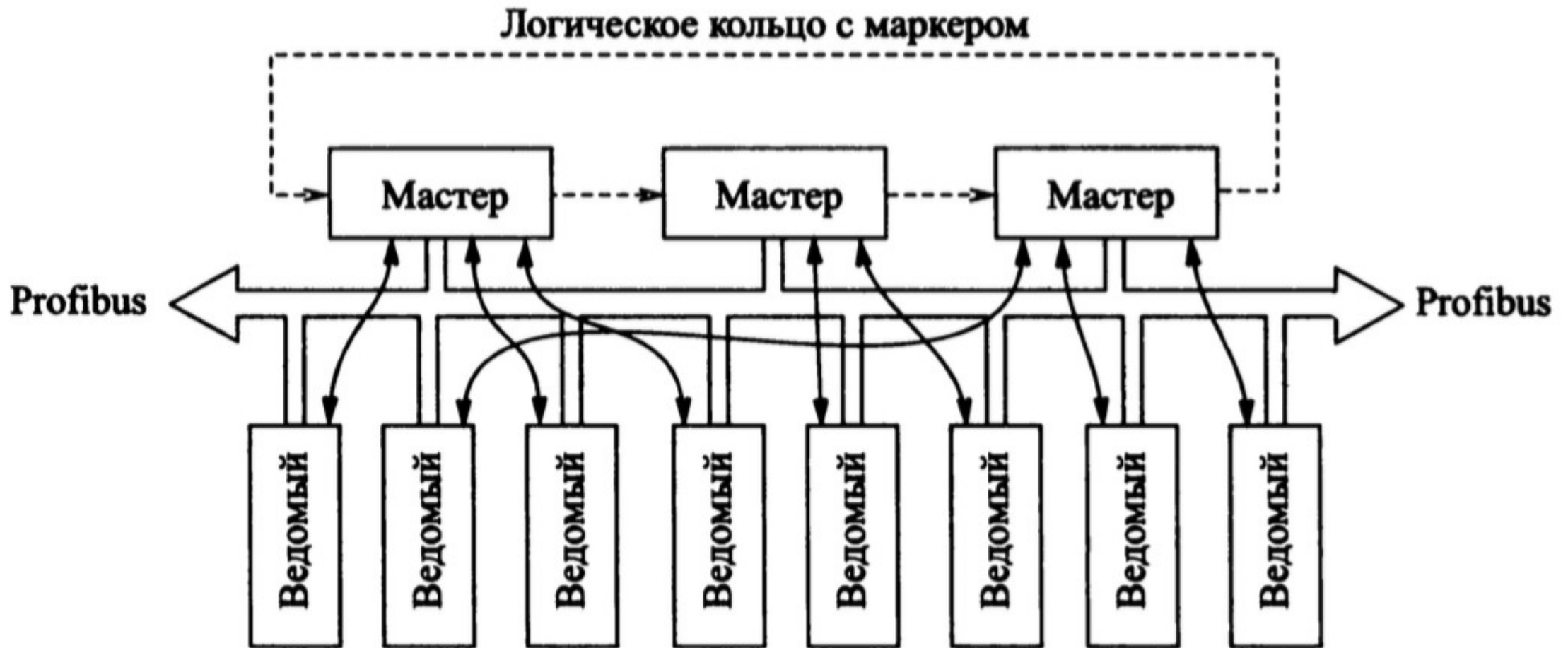
Фізичний рівень ProfiBUS PA

Характеристика: IEC-1158-2 струмова петля, 32 пристрої послідовно, до 32Кбіт/с, NRZ кодування в 11 біт — кадр. D-SUB DB-4 до IP 65/67



Канальный рівень ProfiBUS DP FMS

Характеристики: регламентований час задач обміну (реальний), максимально швидка взаємодія ведучий-відомий за протоколом MAC, широкоповіщення.



Комунікація та передача повідомлень

DPM1 — ведучій контролер, арбітраж та синхронізація станів stop, clear, operate

DPM2 — контролери конфігурування та параметризації задач передачі даних

SLAVE — керовані пристрої мережі

Передача даних: SRD — сповіщення з підтвердженням, SND — без підтвердження

Обмін у вигляді телеграм 256 байт зі структурою:



1. роздільник, 2. довжина даних, 3. резервування довжини, 4. адресат, 5. адресант, тип телеграми, 6. тип сервісу адресату, 7. COM-порт адресата, 8. данні, 9. Контрольна сума, 10. ознака кінця.

Резервування ProfiBUS

1. Відомі пристрої мають 2 різних інтерфейси в одному корпусі чи розділені.
2. Усі пристрої мають 2 стеки протоколів обміну.
3. Резервування виконує синхронно процес REDCom.
4. DPM1 має протокол діагностики, за яким зв'язується зі SCADA верхнього рівня.

OSI модель ModBUS

Апаратно не залежна шина. Простота реалізації та відкритість. Має лише однонаправлену процедуру опитування ведучій-відомий (недолік, немає переривання)

Підтримує режим RTU та ASCII

Номер уровня	Название уровня	Реализация
7	Прикладной	MODBUS Application Protocol
6	Уровень представления	Нет
5	Сеансовый	Нет
4	Транспортный	Нет
3	Сетевой	Нет
2	Канальный (передачи данных)	Протокол «ведущий/ведомый». Режимы RTU и ASCII
1	Физический	RS-485 или RS-232

ModBUS відео

ModBUS TRU/TCP Architecture (Eng) 12 min

<https://www.youtube.com/watch?v=k993tAFRLSE>

ModBUS (RU) OWEN

<https://www.youtube.com/watch?v=wjj7lm4nDdl>

ModBUS (RU) 46 min

<https://www.youtube.com/watch?v=Jird6ZLT3Ds>

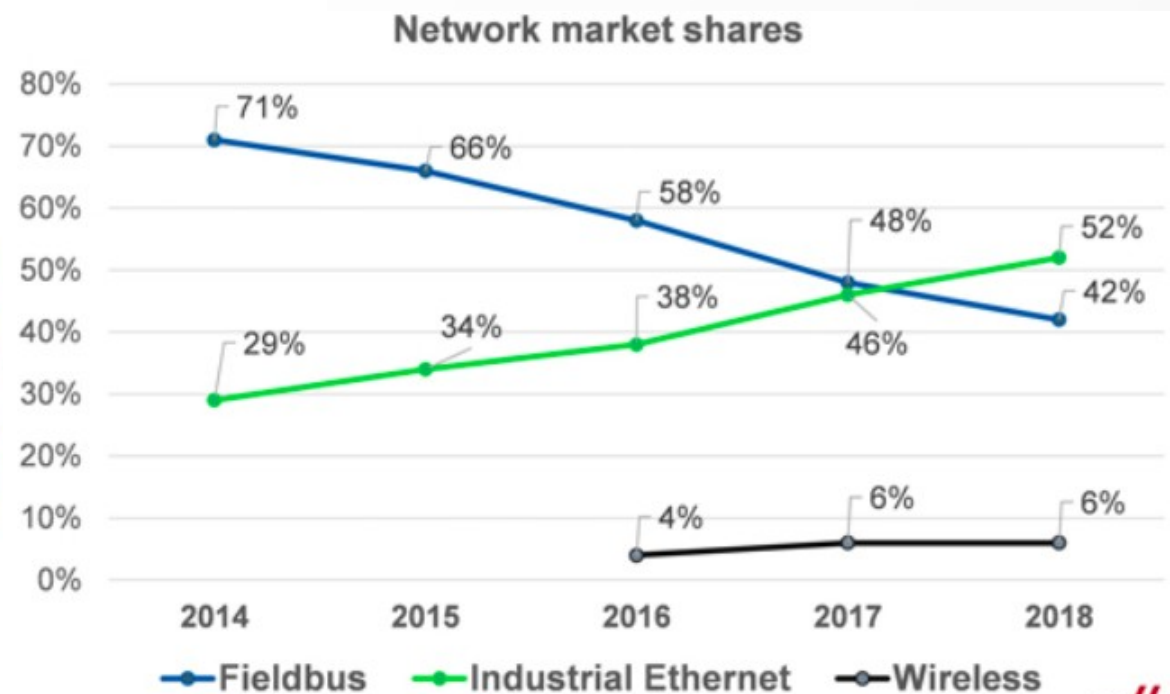
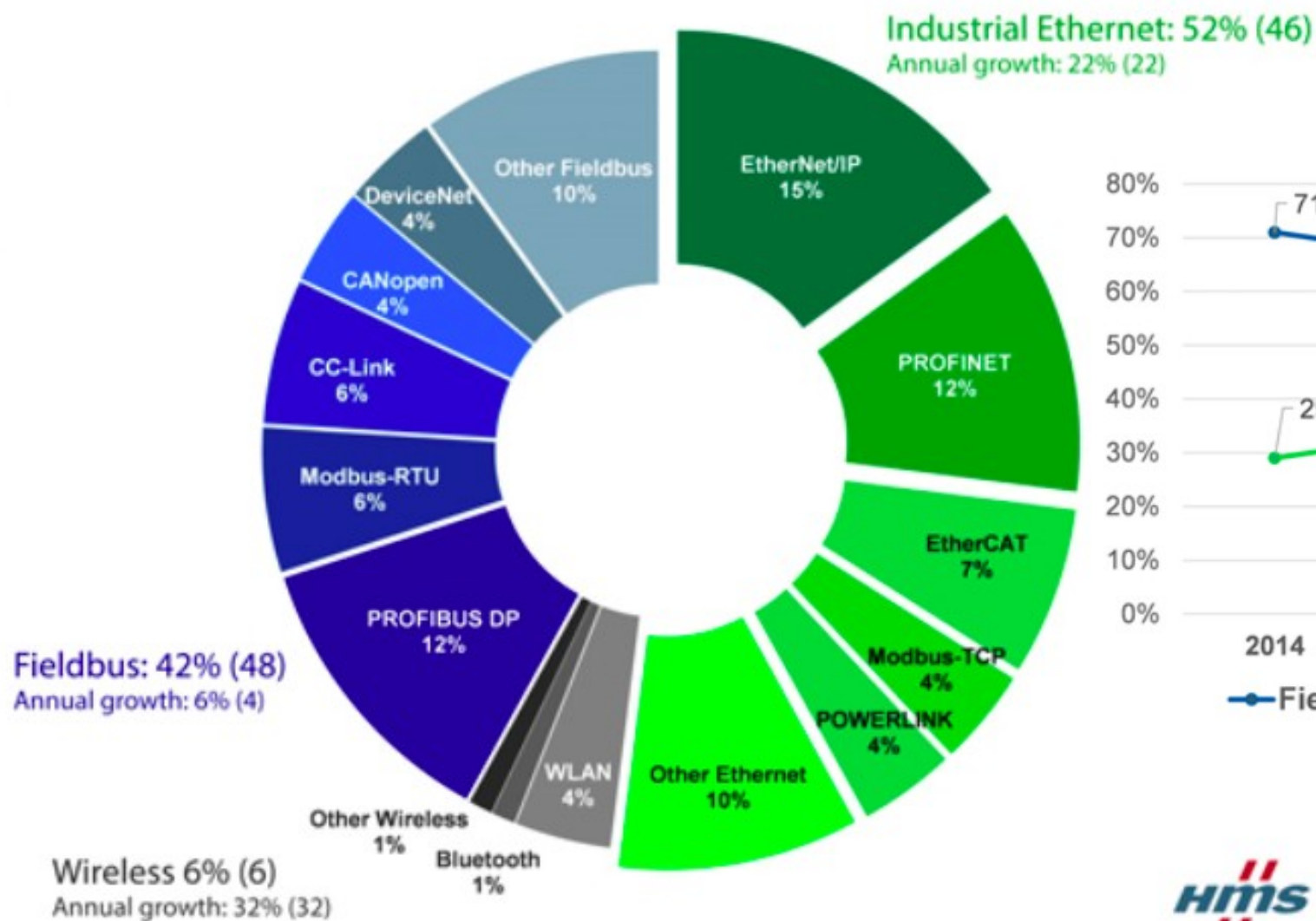
Дякую за увагу

Ваші запитання?

Промисловий Ethernet, Modbus TCP та DCON

Лекція №6

Доля ринку промислового Ethernet



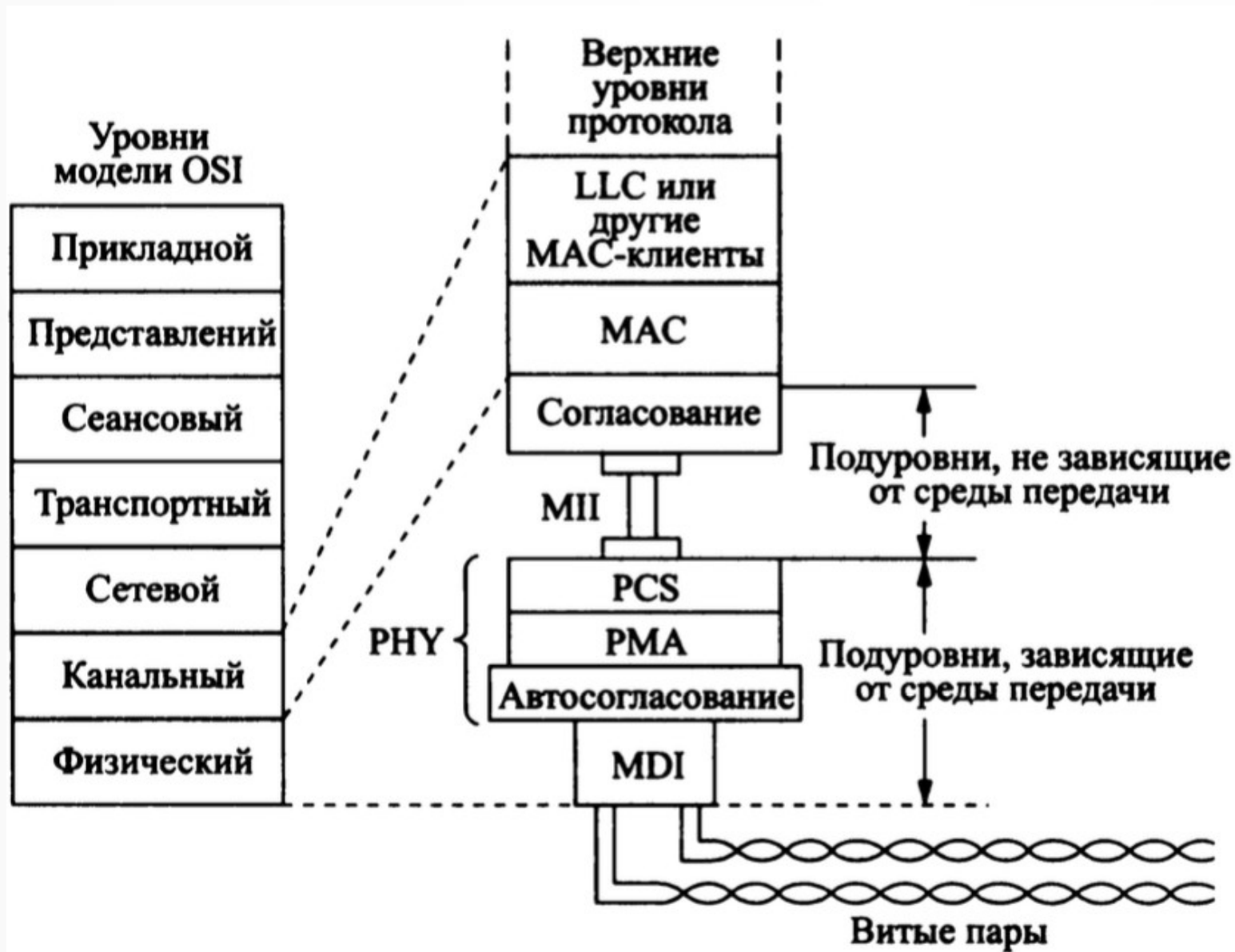
Загальна характеристика промислового Ethernet

- Висока швидкість передач (до 10 Гбіт/с)
- Простота інтеграцій з інтернетом (FTP, HTTP, SNMP.. IIoT)
- Велика кількість фахівців ІСТ
- Можливість створення багатомастерних систем
- Ефективна інтеграція з офісними мережами
- Здешевлення вартості обладнання з часом

Архітектура OSI | Ethernet

Уровень	OSI-модель	Сеть Ethernet	Варианты реализации	
7 6 5	Прикладной Уровень представления Сеансовый	Прикладной	HTTP, FTP, SMTP, DNS	NFS, XDR, RPC
4	Транспортный	Транспортный	TCP	UDP
3	Сетевой	Интернет-протокол	IP	
2	Канальный (передачи данных)	LLC или другие клиенты MAC	Ethernet IEEE 802.3	
		MAC		
1	Физический	PHY	Витая пара, оптический кабель, коаксиальный кабель	

Реалізація фізичного та каналного рівнів OSI Ethernet



MII:

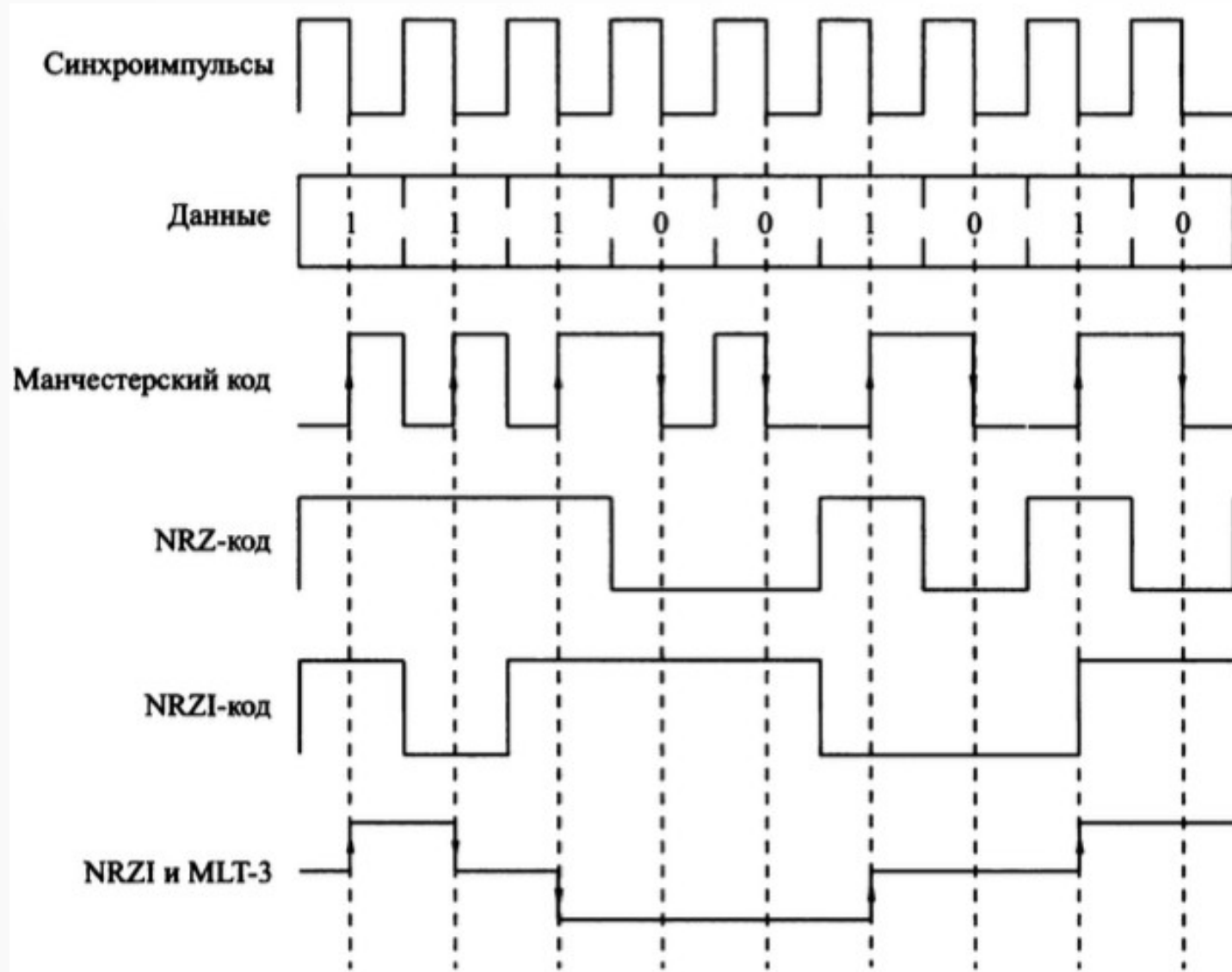
100BASE-T2 (cat3)

100BASE-T4 (cat3)

100BASE-TX (cat5)

100BASE-FX (opt)

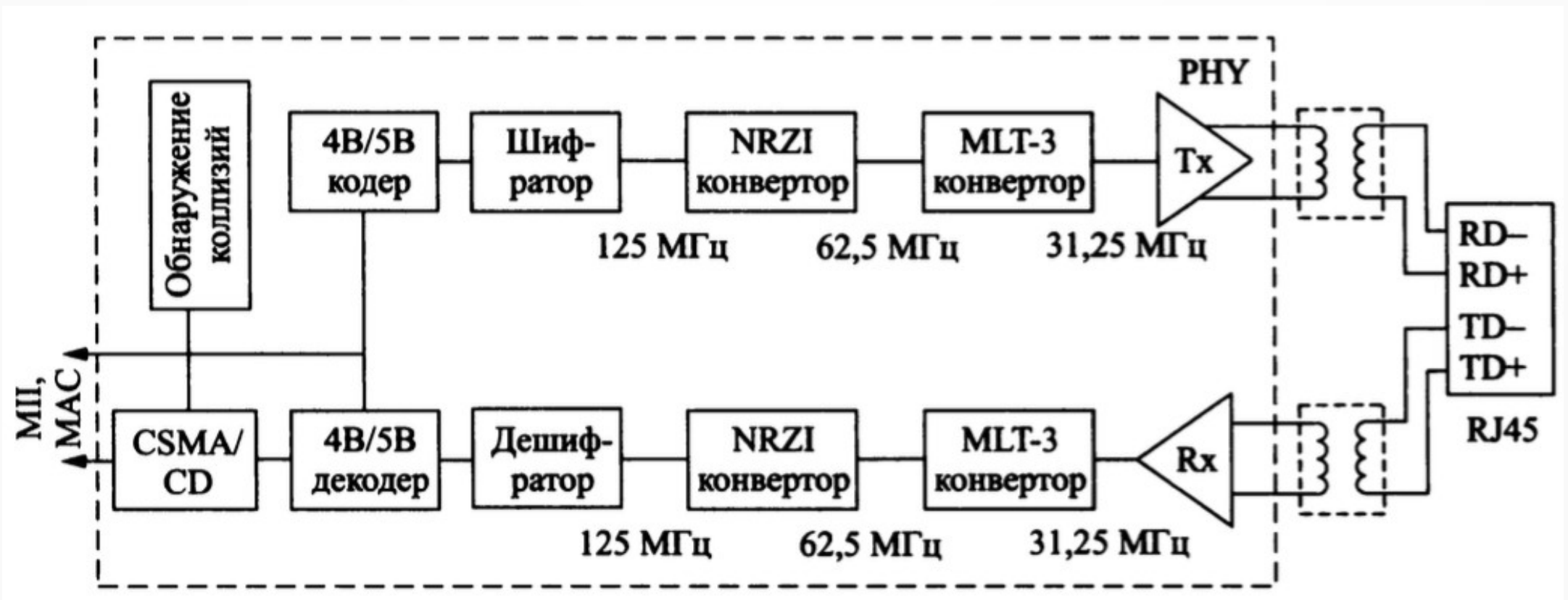
Кодування на фізичому рівні 100BASE-TX



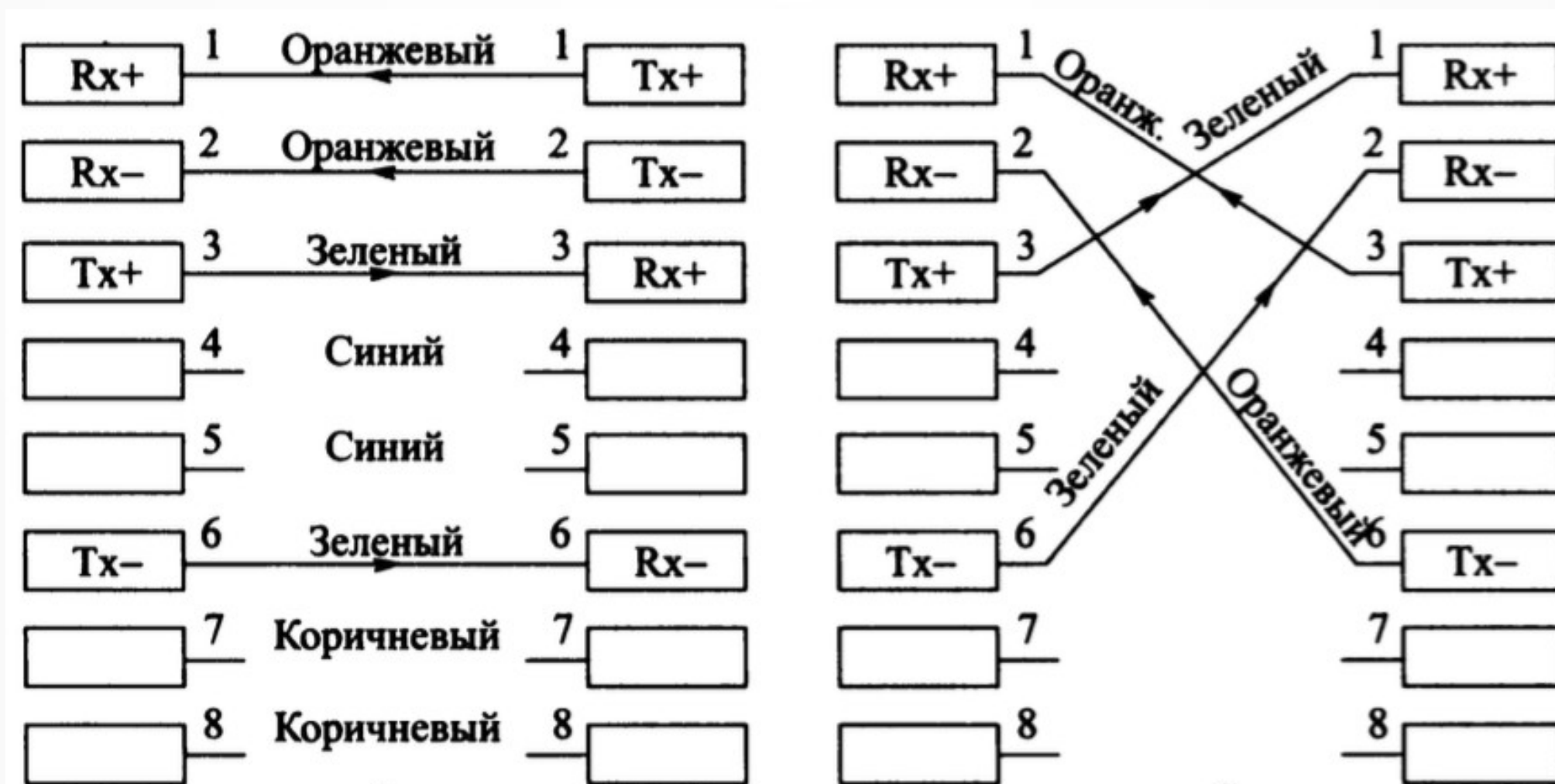
Швидкість до 10 Мбіт/с

Швидкість до 100 Мбіт/с

Структура блоку зв'язку з периферією РНУ Ethernet



Цокольовка на RJ-45 Ethernet



Канальный уровень Ethernet

Структура фрейма

1010101

MAC

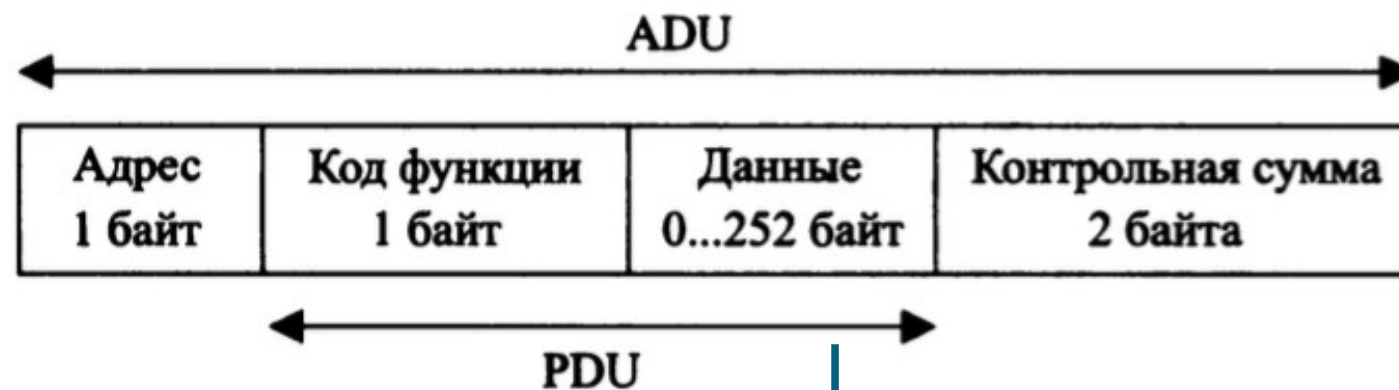
MAC

TCP/UDP

Преамбула	Флаг начала	Адрес получателя	Адрес отправителя	Тип	Данные	CRC
7 байт	1 байт	6 байт	6 байт	2 байт	46...1500 байт	4 байт

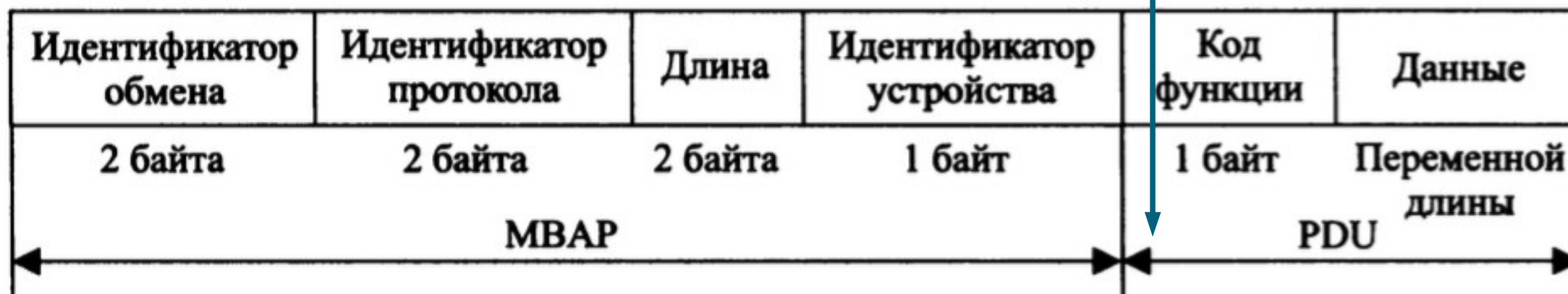
Modbus TCP

Modbus RTU



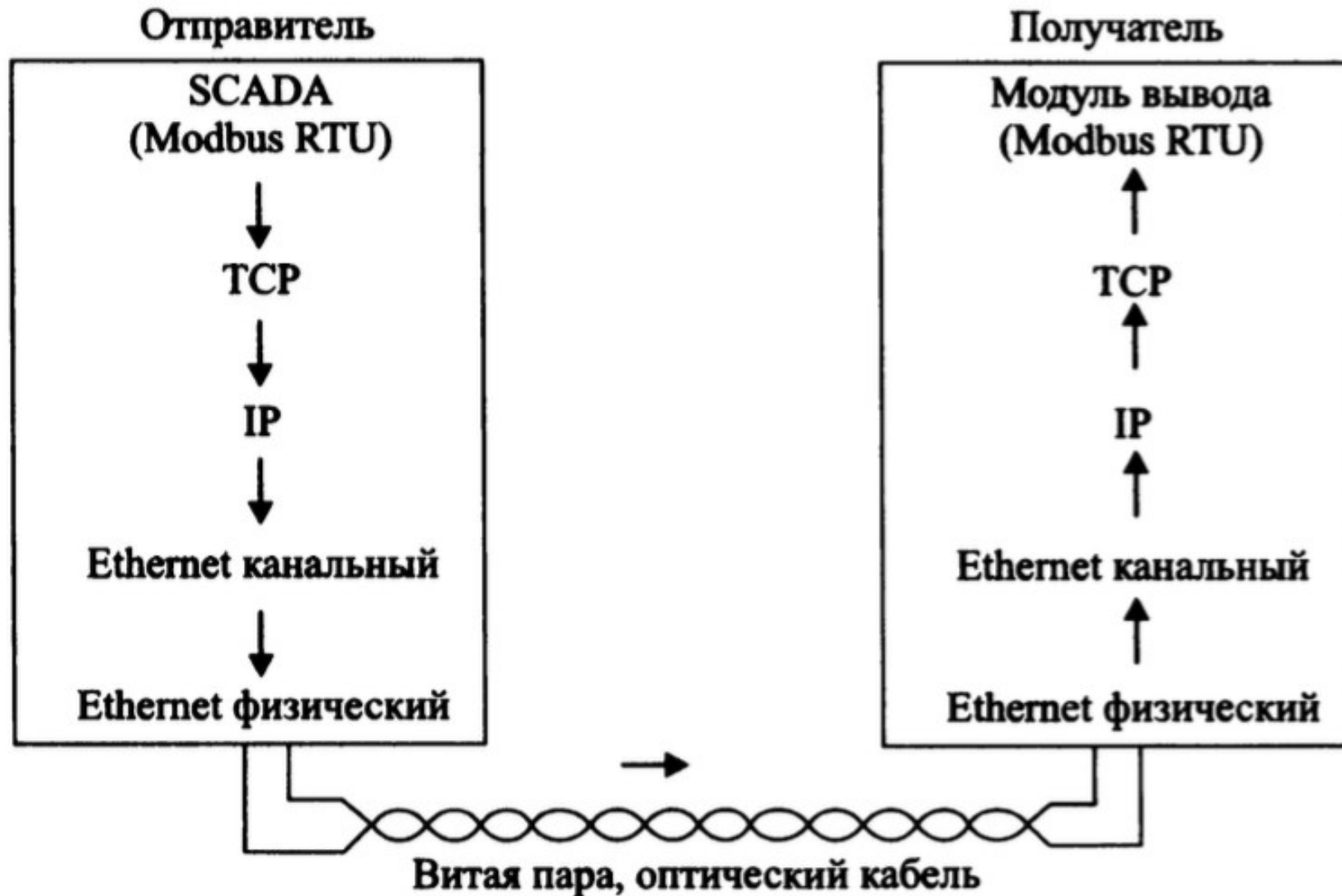
OSI 7

OSI 2



Modbus TCP в полі даних фрейму IEthernet

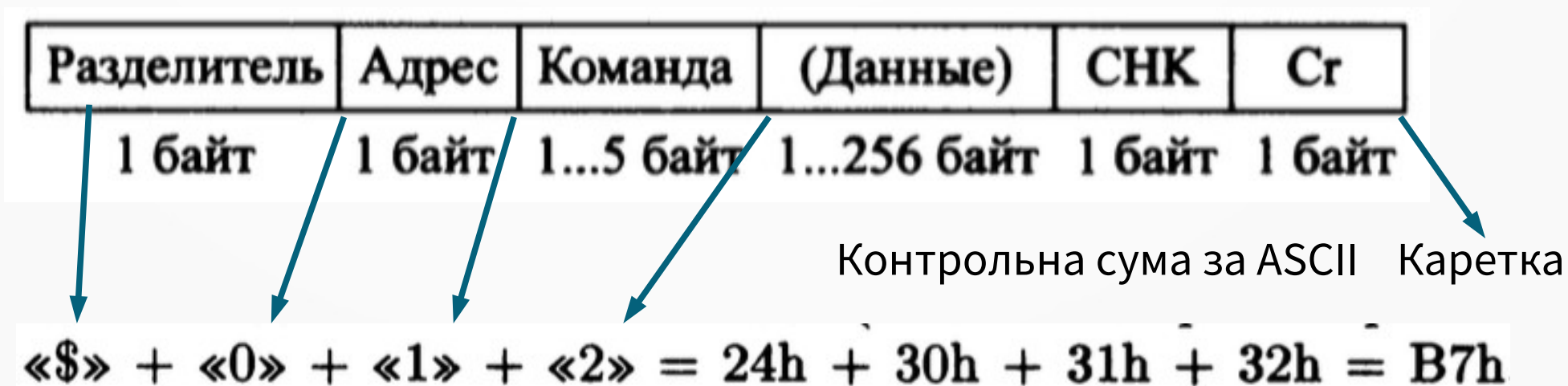
Модель передачі кадра Modbus RTU



Лише одноадресний зв'язок (немає багатоадресної розсилки тощо)

Протокол DCON

- Реалізує 1 та 7 рівні моделі OSI
- Фізичний інтерфейс RS-485, вита пара
- Одномастерна архітектура master-slave(до 255 пристроїв)
- Контроль помилок тощо - на рівні 7



Система команд DCON

Команда	Ответ	Описание
%AANNTTCCFF	!AA	Устанавливает адрес, диапазон входных напряжений, скорость обмена, формат данных, контрольную сумму
#AA	>(Data)	Возвращает все входные значения для заданного модуля
#AAN	>(Data)	Возвращает входное значение в канале номер N для модуля с заранее заданным адресом
\$AA0	!AA	Выполняет калибровку аналогового модуля для компенсации погрешности коэффициента передачи
\$AA1	!AA	Выполняет калибровку аналогового модуля для компенсации погрешности смещения нуля
\$AA2	!AATTCCFF	Возвращает параметры конфигурации модуля с указанным адресом
\$AA8	!AAV	Читает конфигурацию светодиодного индикатора
\$AA8V	!AA	Устанавливает конфигурацию светодиодного индикатора

Дякую за увагу

Ваші запитання?

Заземлення та екранування систем автоматизації

Лекція №7

Класифікація

- Захисне заземлення — приєднання загального дроту до Землі для захисту людей та обладнання
- Сигнальне заземлення — приєднання пристроїв автоматики до загального дроту із базовим потенціалом
- Глухо-заземлена нейтраль — нейтраль трансформатора, підключена через малий опір до заземляючого пристрою
- Ізольована нейтраль - нейтраль трансформатора, не підключена до заземляючого пристрою

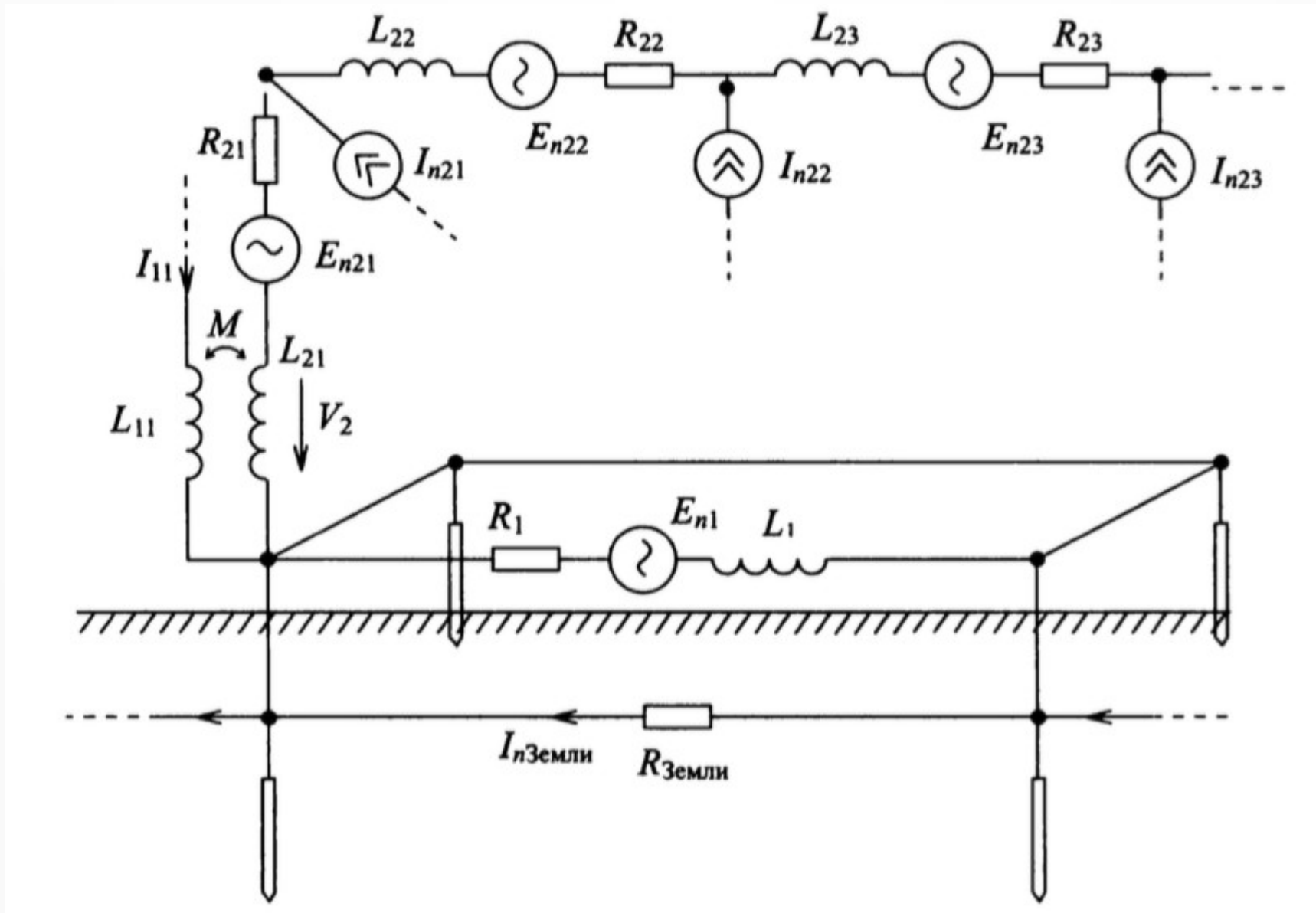
Використання сигнального заземлення

- Сигнальне заземлення (до $\sim 42\text{В} = 110\text{В}$). У випадку більших значень напруги обов'язкове захисне заземлення
- Використовуються базові та екрануючі землі. Базова земля забезпечує потенціал нуля, екрануюча земля слугує для заземлення екранів пристроїв та ліній зв'язку.

Захисне заземлення

- Природне (залізобетонні сваї, труби крім прямого цільового використання)
- Штучне (армована сітка та стрижні до 3м довжиною)
- Автономне (введення нейтралі для балансування землі а одній точці або мідним дротом за межі будівлі січенням не менше 13мм)

Модель землі



Види заземлень

- Силова земля (трансформатори та блоки живлення). Зазвичай нульовий провід землі приєднаний до від'ємного контакту генератора ЕРС
- Аналогова та цифрова земля. Окрема від силової для запобігання взаємним наводкам.
- Плаваюча земля — додаткова земля для ізоляції окремих пристроїв (наприклад, батарейні блоки)

Джерела сигналів за напругою

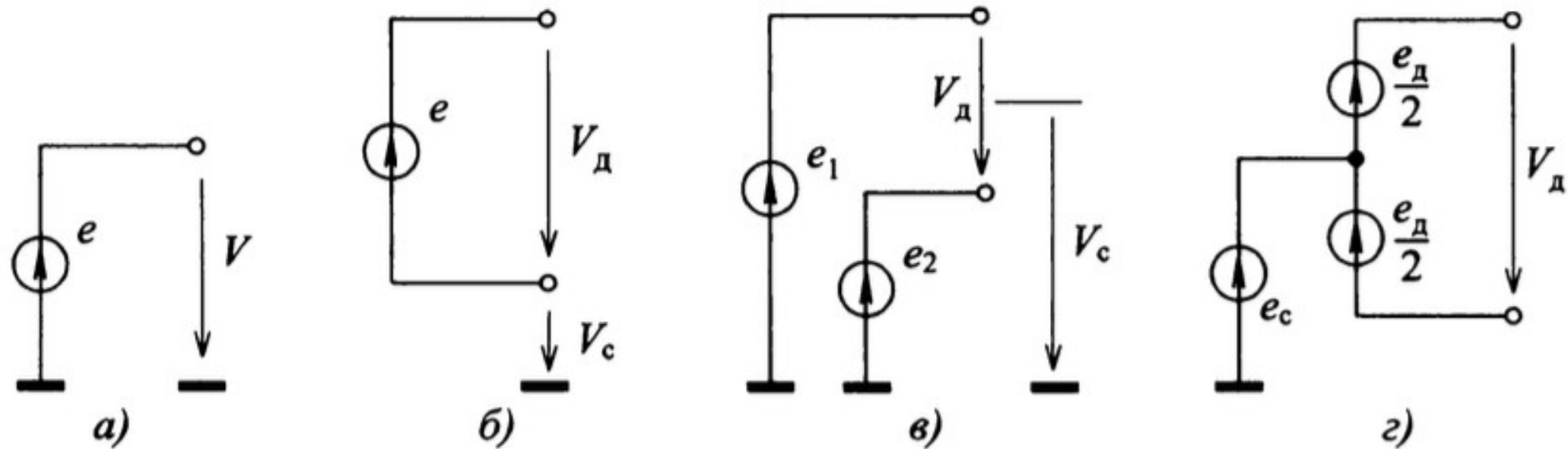
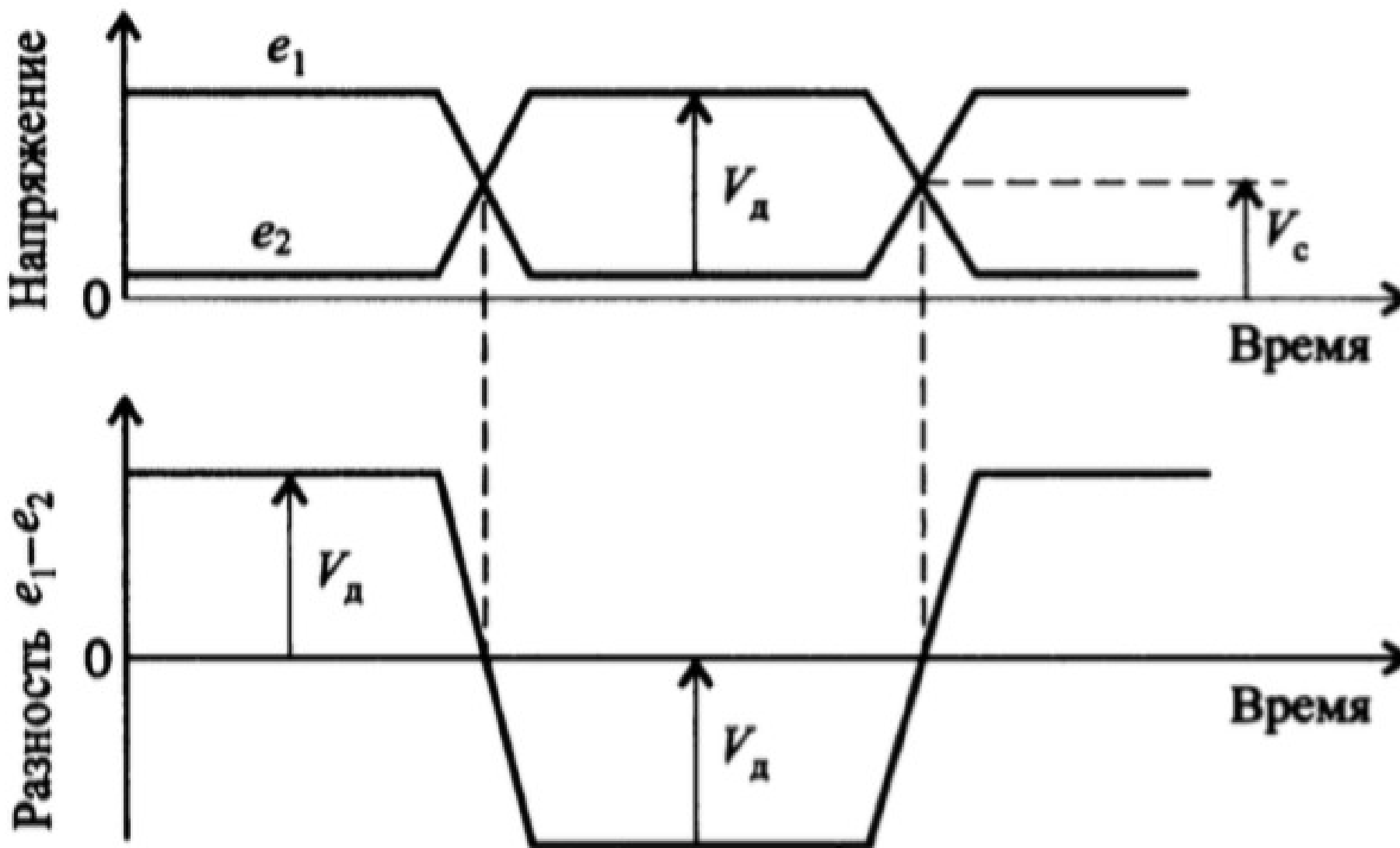


Рис. 3.17. Источники напряжения сигнала: а — заземленный; б — плавающий; в, г — балансный

Вихід балансного джерела



Джерела сигналів за струмом

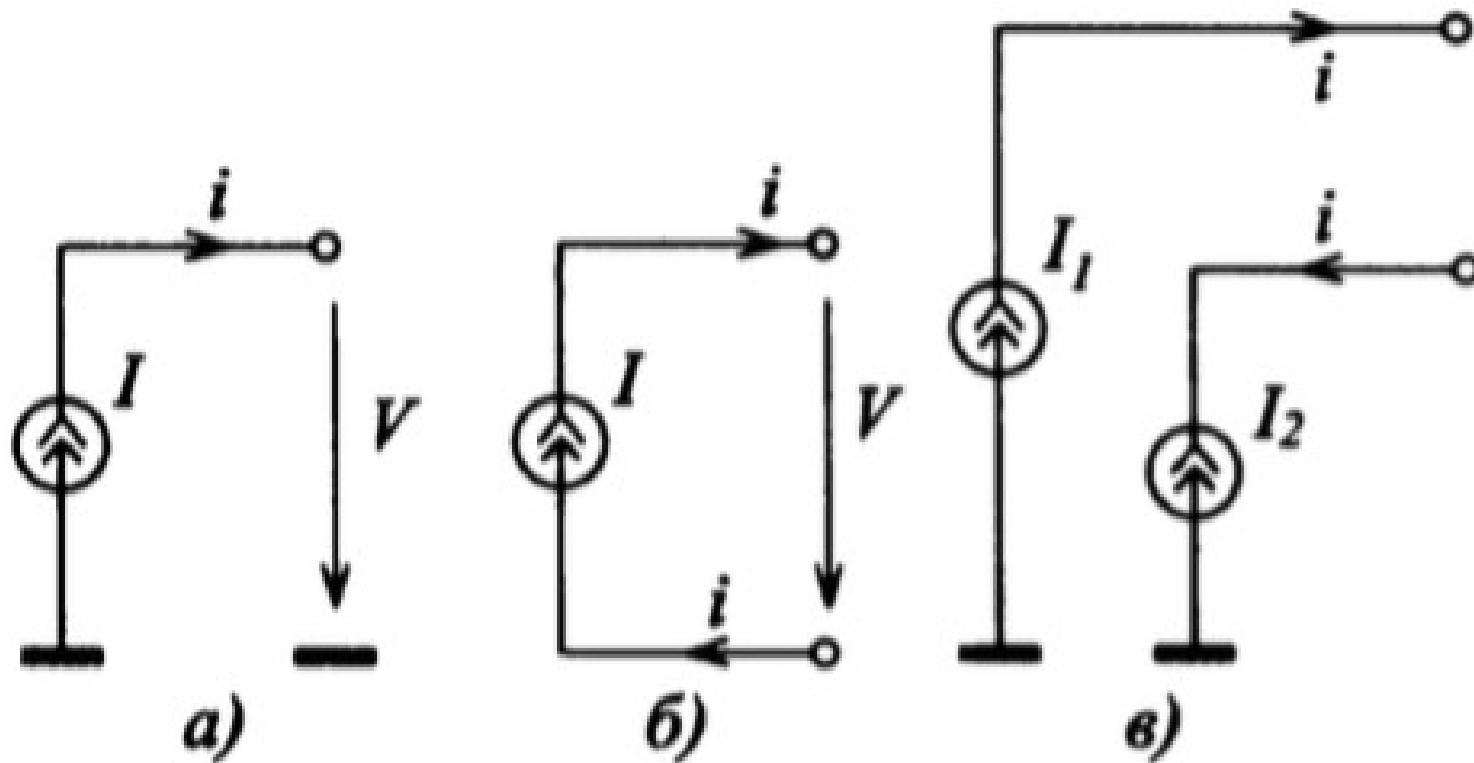


Рис. 3.19. Источники тока: **а** — заземленный; **б** — плавающий; **в** — балансный

Приймачі сигналів за напругою та струмом

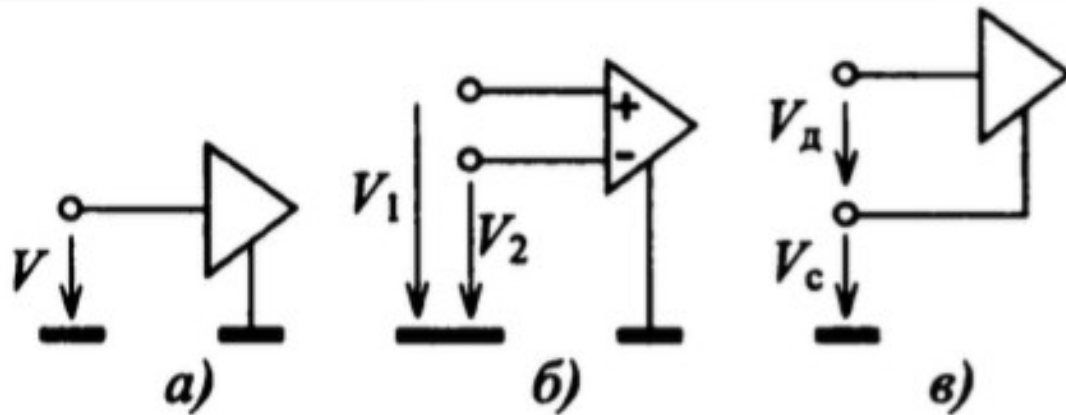


Рис. 3.21. Приемники напряжения сигнала:
a — однополярный; *б* — дифференциальный;
в — с плавающим источником питания

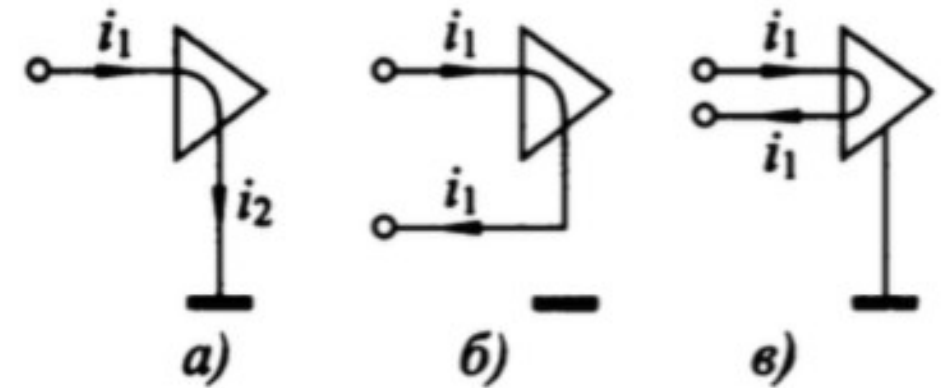


Рис. 3.22. Приемники токового сигнала:
a — однополярный;
б — плавающий; *в* — балансный

Покращення екіпотенціальності земель

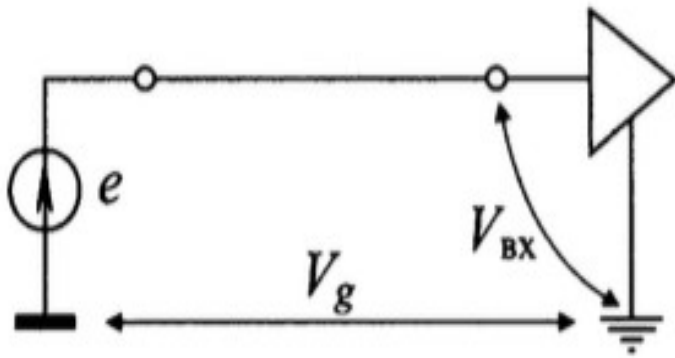


Рис. 3.24. «Земля» имеет разные потенциалы в разных точках

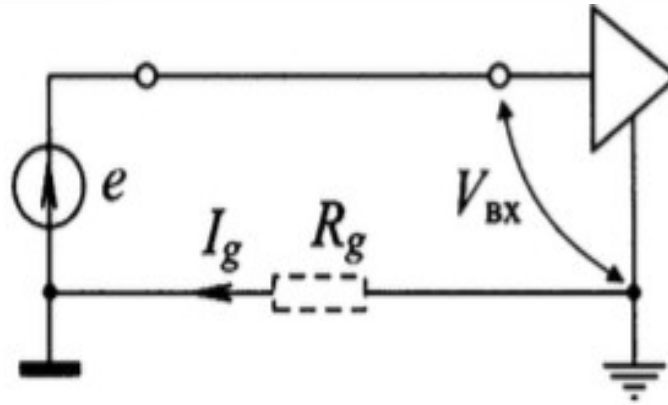


Рис. 3.25. Проводник, соединяющий «земли» источника и приемника сигнала, имеет ненулевое сопротивление

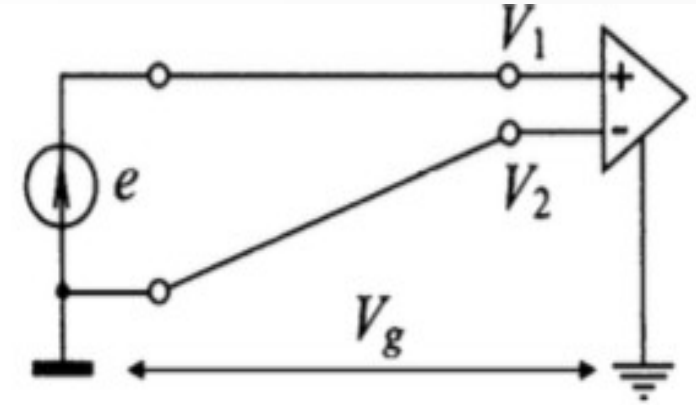


Рис. 3.26. Измерение сигнала заземленного источника с помощью дифференциального приемника

Прийом не заземленого джерела

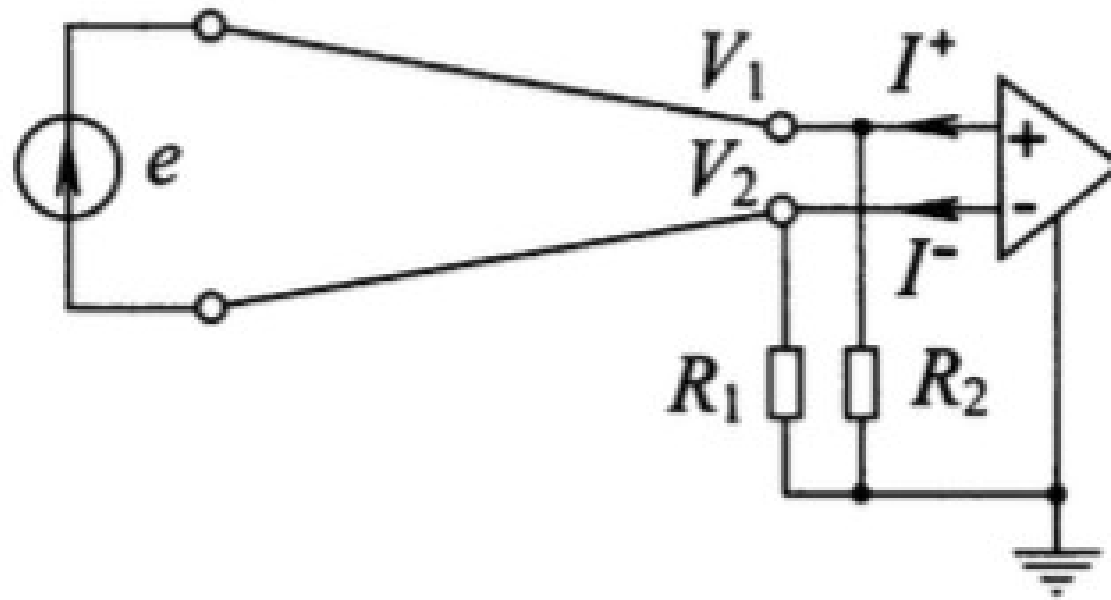
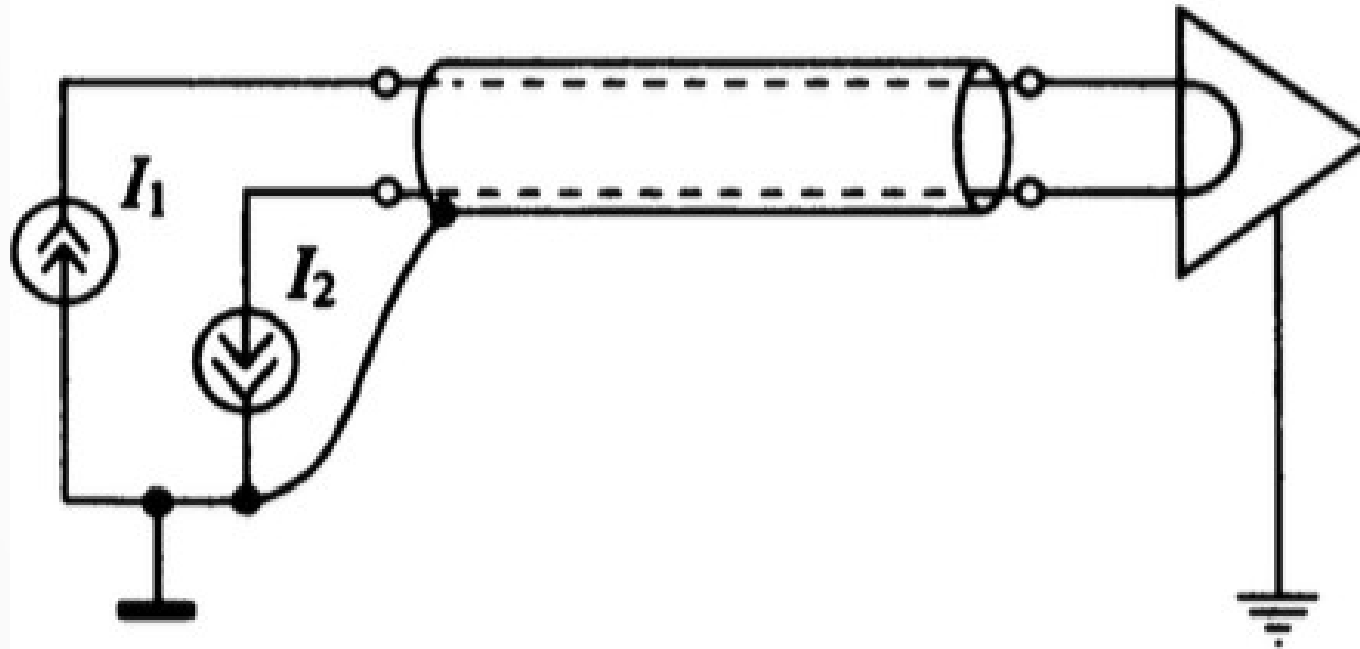


Рис. 3.27. Устранение насыщения дифференциального приемника с помощью резисторов

Опір R_1 R_2 має бути мінімальний проте більший за внутрішній опір джерела запобігаючи викривленням вимірювань

Дифференційне джерело струму



$I_1 = I_2$
Струми
мають
бути
рівні

Рис. 3.28. Дифференціальний источник и приемник тока — наилучшее решение проблемы качественной передачи сигнала

Балансний канал RS-485 та CAN

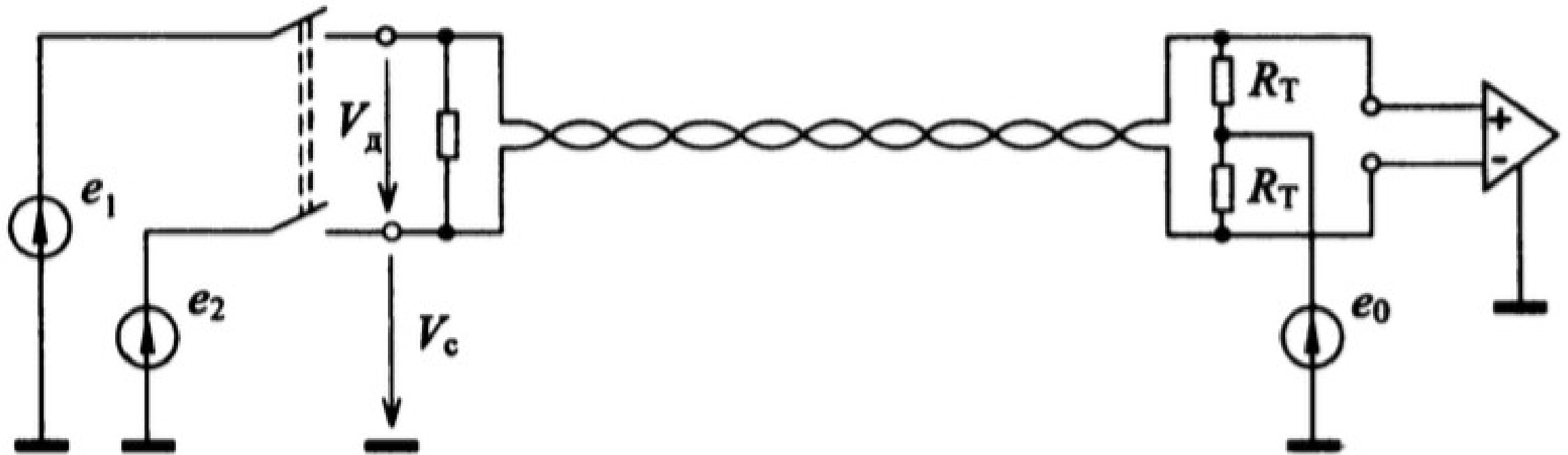


Рис. 3.29. Балансная схема передачи дифференциального сигнала

Досягнення більш високих швидкостей

Моделі аналізу паразитних кондуктивних, ємнісних та індуктивних зв'язків

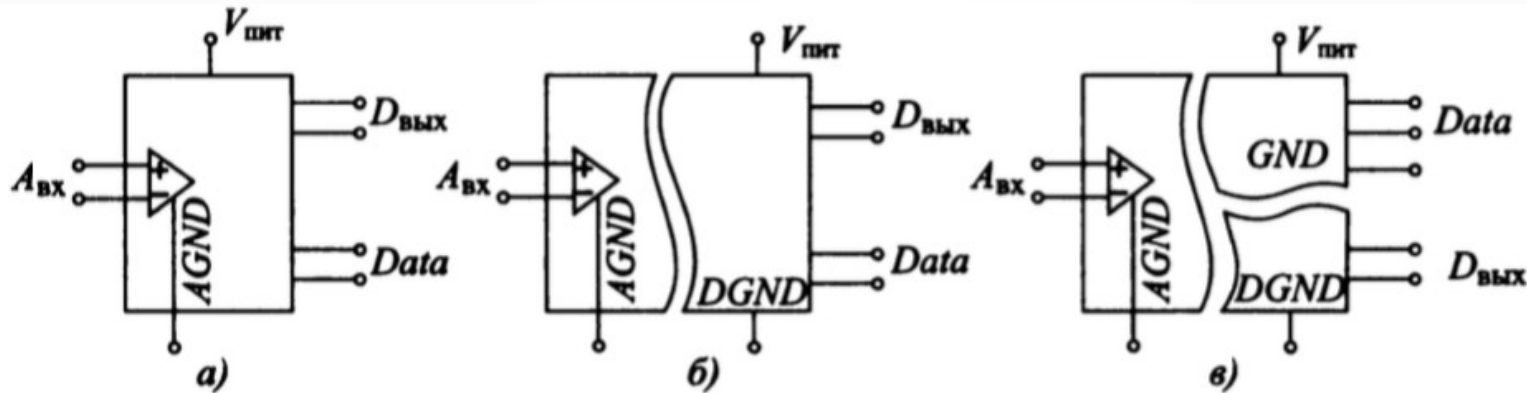


Рис. 3.30. Обобщенные модели аналоговых модулей ввода и дискретного вывода для анализа систем заземления: *а* — без гальванической изоляции; *б* — с гальванической изоляцией аналоговых входов; *в* — с изоляцией как входов, так и выходов

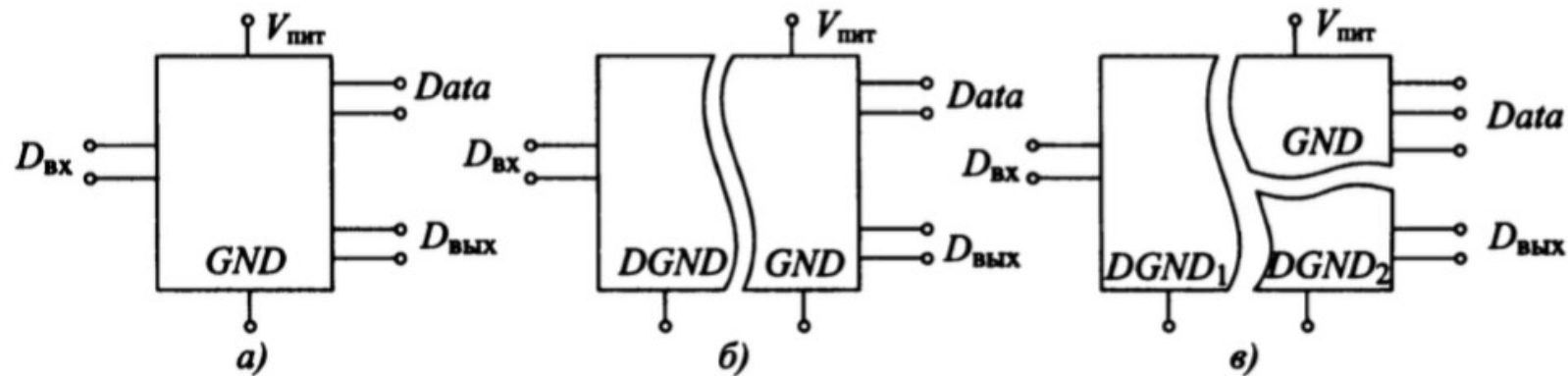


Рис. 3.31. Обобщенные модели дискретных модулей для анализа систем заземления: *а* — без гальванической изоляции; *б* — с изоляцией входов; *в* — с изоляцией и входов, и выходов

Паразитні кондуктивні зв'язки

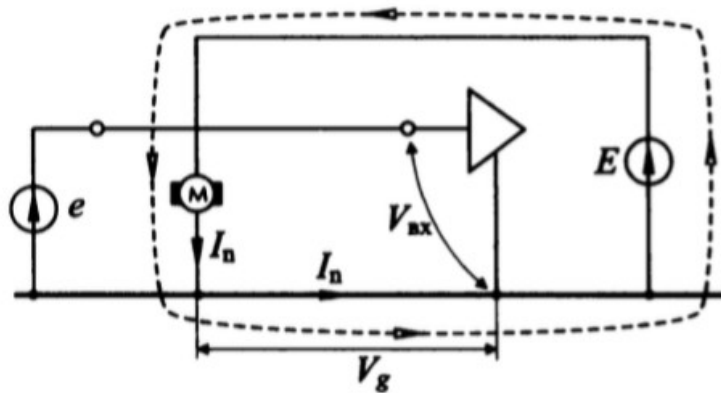


Рис. 3.33. Ток нагрузки M , равный I_n и протекающий по общему участку «земляного» провода, создает падение напряжения V_g

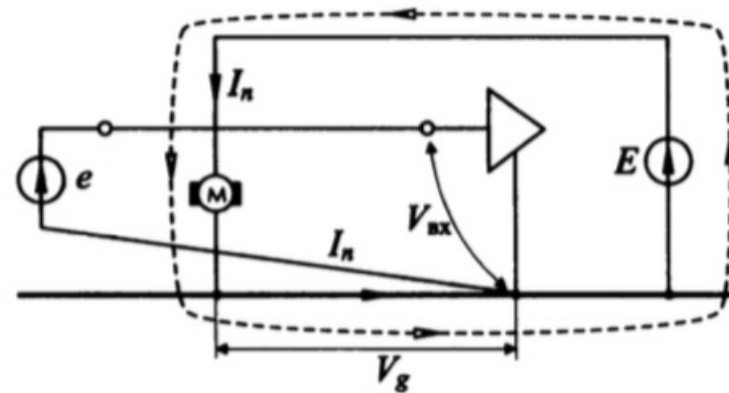


Рис. 3.34. Решение проблемы: «земли» источника сигнала и приемника следует соединять отдельным проводом

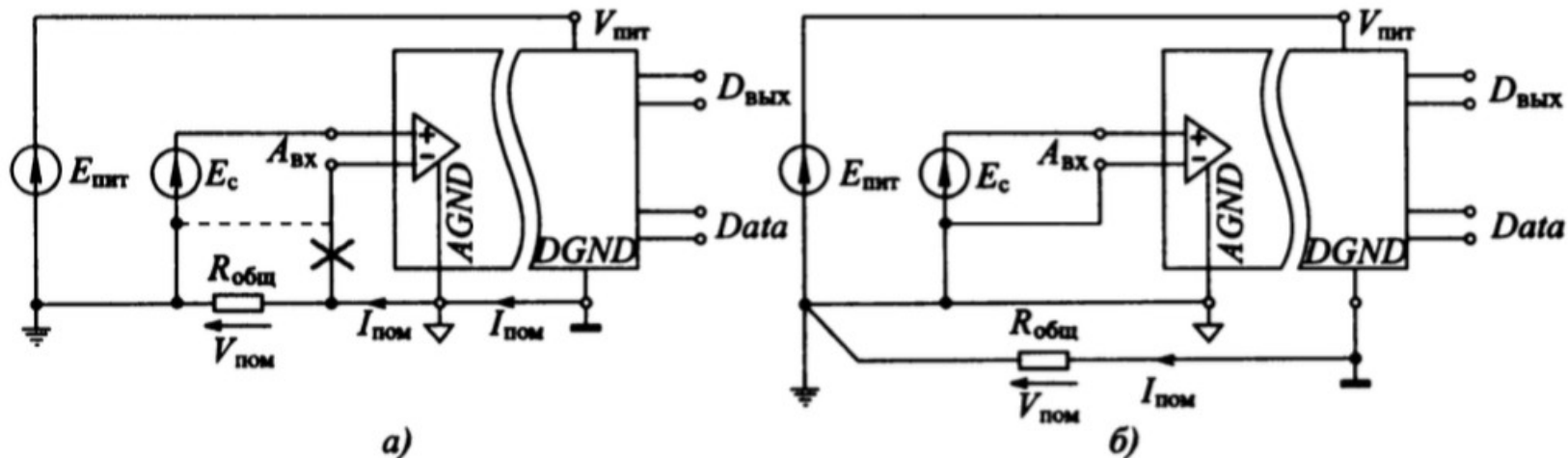
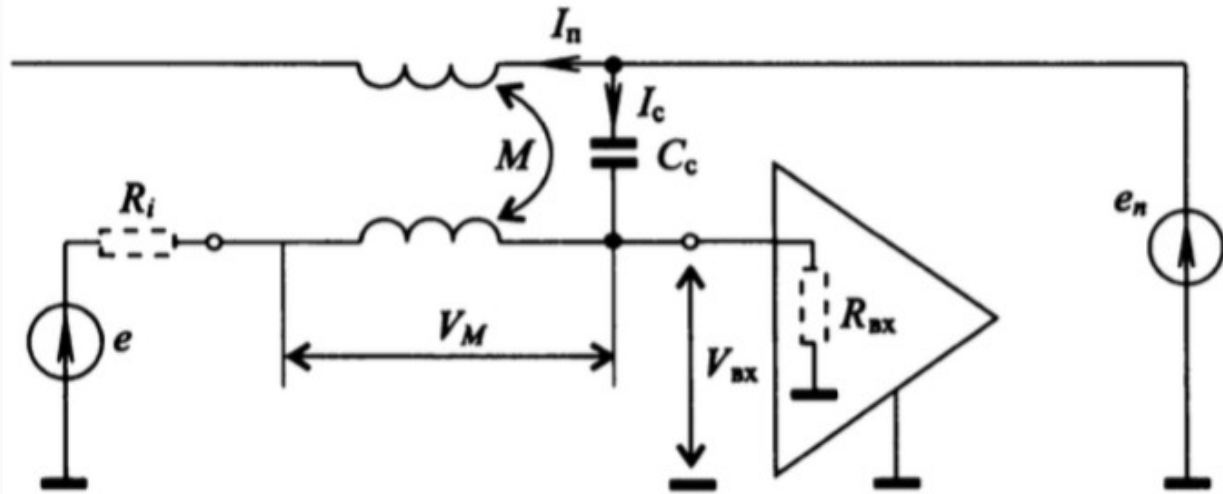
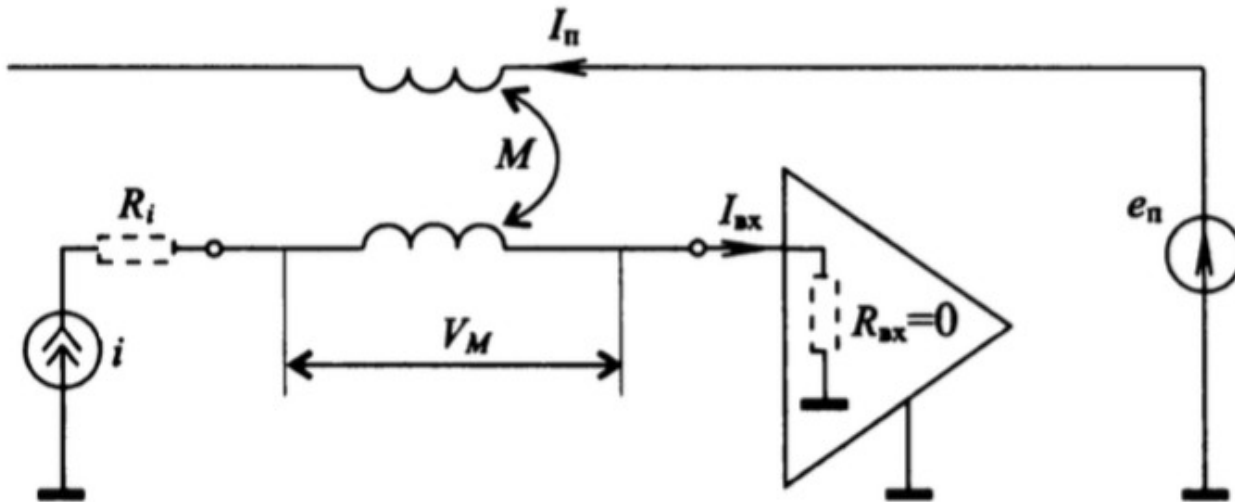


Рис. 3.35. Прохождение кондуктивной помехи из цифровой части в аналоговую: *а* — неправильное соединение земель и цепей сигнала; *б* — правильное соединение

Паразитні ємнісні та індуктивні зв'язки



Пути прохождения емкостной и индуктивной помехи от источника e_n



Канал передачи сигнала с помощью тока менее чувствителен к индуктивным наводкам

У системах із високою напругою бажано обирати струмову петлю. У силових системах з великим струмом бажано обирати диференційний спосіб передачі напругою

Екранування інтерфейсів

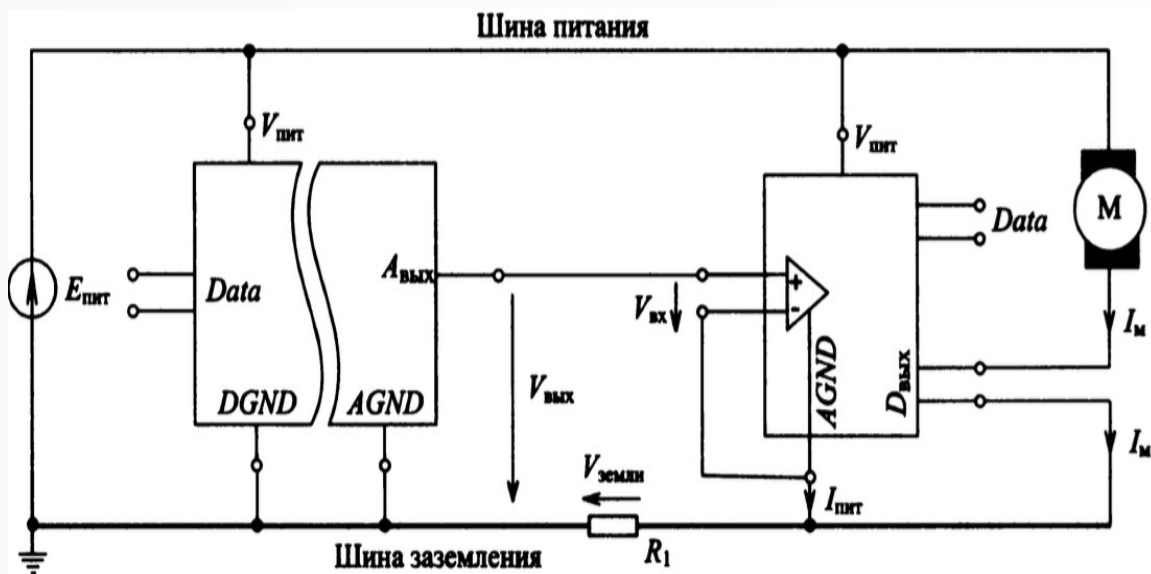


Рис. 3.38. Пример неправильного заземления

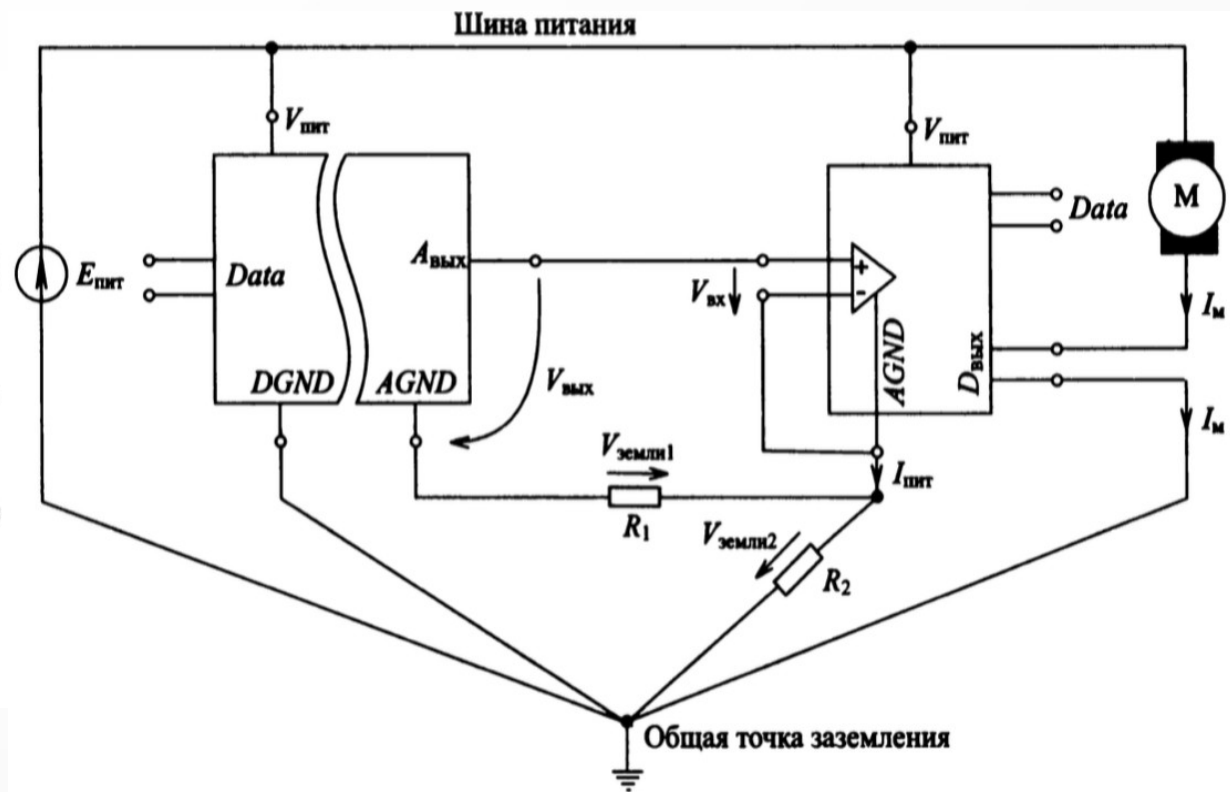
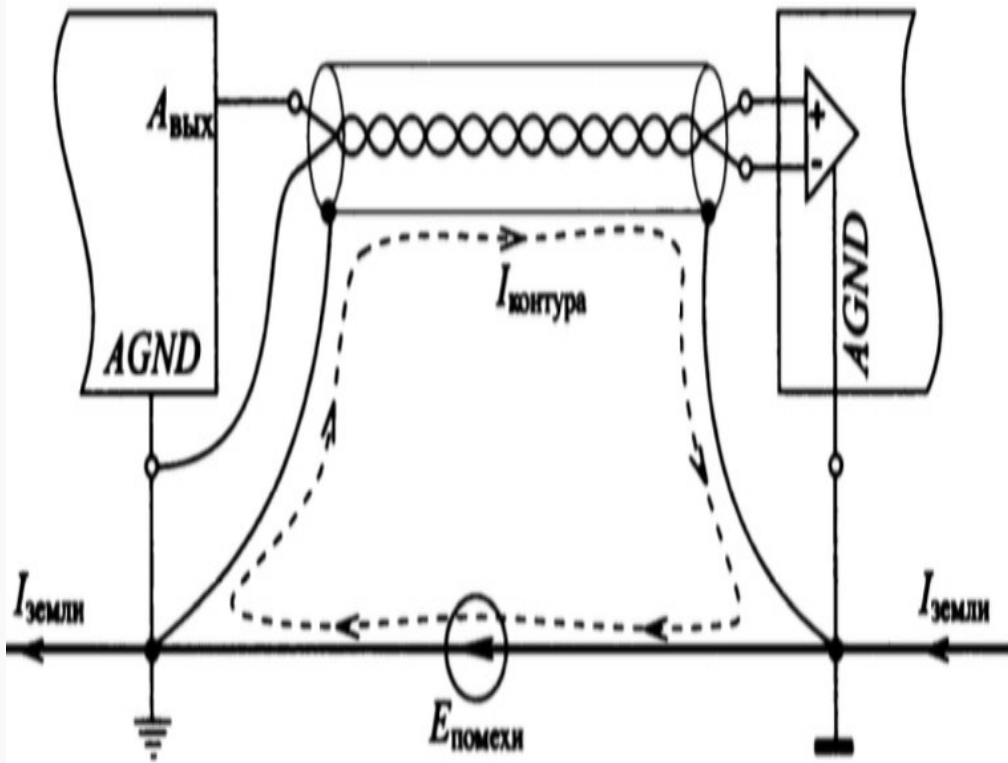
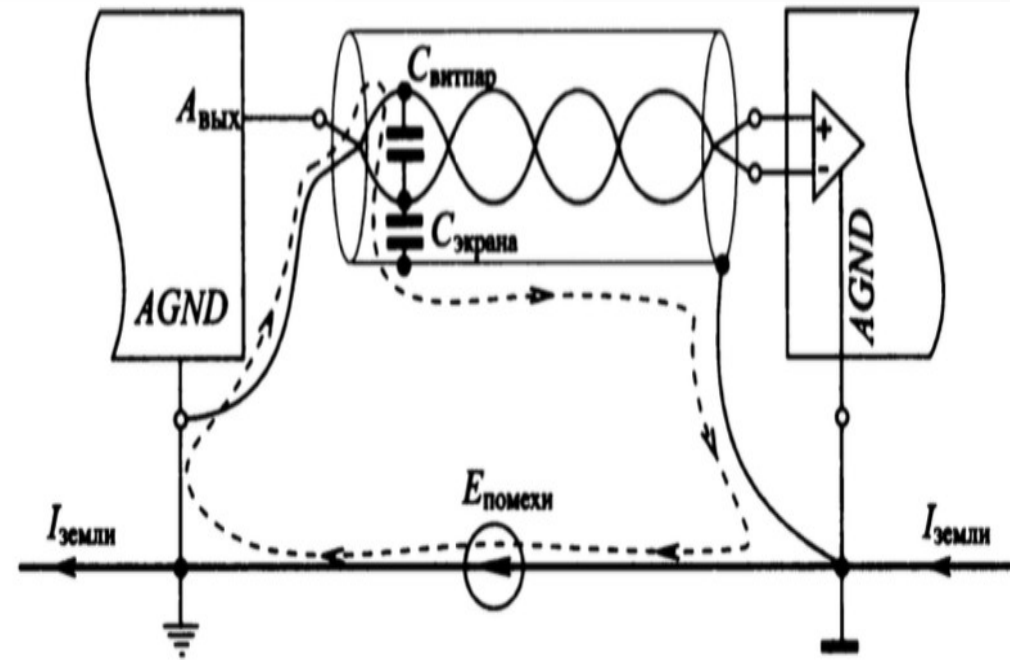


Рис. 3.39. Пример решения проблемы, указанной на рис. 3.38

Екранування кабелю каналу передачі

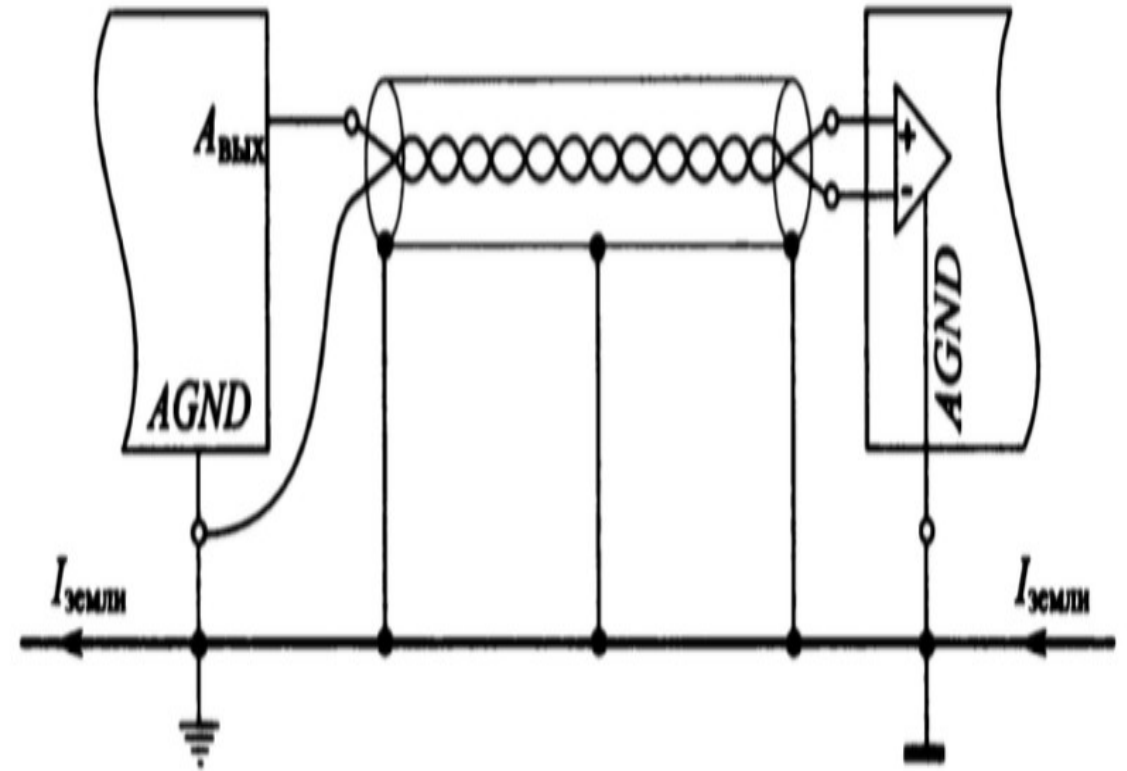
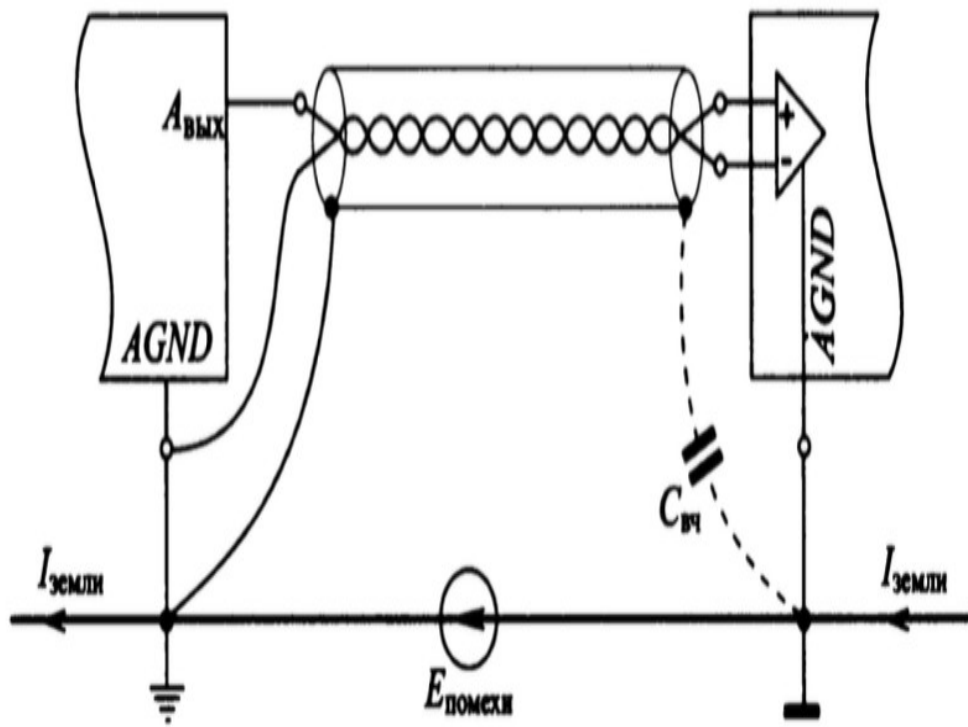


Пример неправильного заземления экрана кабеля на низких частотах (с двух сторон)



Пример неправильного заземления экрана кабеля — со стороны приемника сигнала

Екранування високочастотних та довгих ліній



Правильное заземление экрана. Конденсатор используется для ослабления высокочастотных помех

Рис. 3.43. Заземление экрана длинного кабеля на высоких частотах

Повне екранування цифрових інтерфейсів

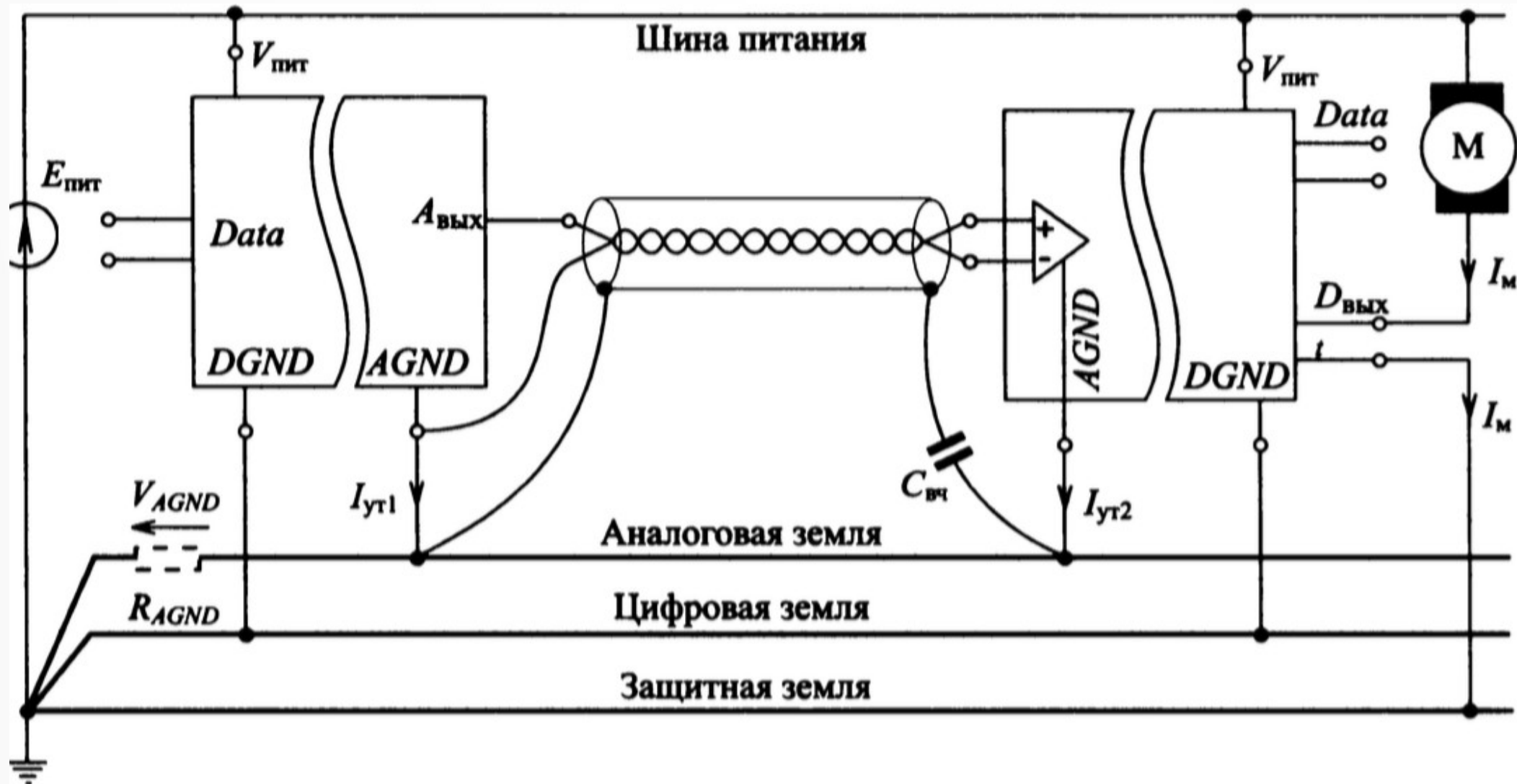


Рис. 3.47. Пример радикального решения проблемы, показанной на рис. 3.38 и 3.39

Методи екранування каналів зв'язку

- Самостійно за Денисенко В.В. Компьютерн управление.
с 206 - 219

Дякую за увагу

Ваші запитання?

Основи Промислового Інтернету Речей (IIoT)

Лекція №8

Історія Інтернету Речей

Термін «інтернет речей», зобов'язаний своєю появою Кевіну Ештону, який в 1997 р, працюючи на компанію Proctor and Gamble, застосував технологію радіочастотної ідентифікації (RFID) для керування системою поставок. Завдяки цій роботі в 1999 році його запросили в Масачусетський технологічний інститут, де він з групою однодумців організував дослідний консорціум Auto-ID Center. До 2012 р ідея підключення речей до Інтернету переважно відносилася до смартфонів, планшетів, ПК і ноутбуків. По суті, до тих пристроїв, які в усіх відношеннях виступають в якості комп'ютера. До 2000 року більшість пристроїв, які можна було підключити до Інтернету, представляло собою комп'ютери різних розмірів. Нижче показаний поступове підключення речей до Інтернету.

Історія Інтернету Речей

- 1973 - Маріо У. Кардулло отримує патент на першу радіо-частотну мітку
- 1982 - Підключений до Інтернету автомат з газованою водою в університеті Карнегі-Меллон
- 1989 - Підключений до Інтернету тостер на конференції Interop '89
- 1991 - Компанія HP представила HP LaserJet III Si: перший підключений до мережі Ethernet мережевий принтер
- 1993 - Підключена до Інтернету кавоварка в Кембриджському університеті (перша підключена до Інтернету камера)
- 1996 - Підрозділ General Motors OnStar (дистанційна діагностика 2001)
- 1998 - Поява організації Bluetooth SIG
- 1999 - Холодильник LG Internet Digital DIOS
- 2000 - Перші прояви розробленої компанією HP концепції всепроникної комп'ютеризації (Cooltown): HP Labs, система обчислювальних і комунікаційних технологій, які в поєднанні один з одним створюють підключення до Інтернету для людей, місць і об'єктів
- 2001 - Випуск першого пристрою, що використовує технологію Bluetooth: мобільний телефон KDDI з підтримкою Bluetooth
- 2005 - Міжнародний союз електрозв'язку, спеціалізована установа ООН, випустив звіт, в якому вперше були сформульовані прогнози розвитку Інтернету речей
- 2008 - Поява першого IoT-спільноти IPSO Alliance, метою якого було сприяння підключенню речей до Інтернету
- 2010 - Успішна розробка напівпровідникових світлодіодних ламп привела до розвитку концепції розумного освітлення
- 2014 - Компанія Apple створила протокол iBeacon для маячків

Інтернет Речей в промисловості

Промисловий Інтернет речей (Industrial IoT, IIoT) - це один з найбільш великих сегментів Інтернету речей з точки зору кількості підключених пристроїв і ступеня корисності цих сервісів для виробництва і автоматизації підприємств. Цей сегмент традиційно служить операційно-технологічною базою. Сюди входять апаратні і програмні засоби моніторингу фізичних пристроїв. Традиційні завдання інформаційних технологій вирішуються інакше, ніж операційно-технологічні завдання. Операційні технології (OT) зосереджені на оцінці продуктивності, часу безвідмовної роботи, зборі даних і відповідної реакції в режимі реального часу, а також безпеки систем. Інформаційні технології спрямовані на безпеку, групування, сервіси та надання даних. Оскільки Інтернет речей починає займати важливе місце в сфері виробництва і промисловості, світи IT і OT об'єднуються, особливо в області діагностичного обслуговування тисяч виробничих машин і верстатів, і зможуть забезпечувати безпрецедентним обсягом даних приватні та публічні хмарні інфраструктури.

До характеристик цього сегмента відноситься необхідність надавати операційно-технологічній системі готові рішення в режимі реального часу або майже в режимі реального часу. Це означає, що у всьому, що стосується виробничого цеху, головним параметром для Інтернету речей буде час відгуку. Крім того, важливу роль будуть грати тривалість простою і безпеку. Це має на увазі потребу в запасі потужності і, ймовірно, в наявності приватних хмарних мереж і сховищ даних. Промисловий Інтернет речей - це один з сегментів на цьому ринку що найбільш швидко розвивається. Важливою особливістю цього напрямку є те, що він спирається на старі технології, тобто на апаратні і програмні засоби, які не можна назвати актуальними. Часто 30-річні виробничі станки працюють на послідовних інтерфейсах RS485, а не на сучасній бездротовій комірчастій архітектурі.

Приклади застосування Промислового Інтернету Речей

- Профілактичне обслуговування промислового обладнання;
- Зростання продуктивності завдяки попиту в реальному часі;
- Енергозбереження;
- Системи безпеки, такі як вимірювання температури, вимірювання тиску і контроль над витоком газу;
- Експертна система для виробничого цеху.



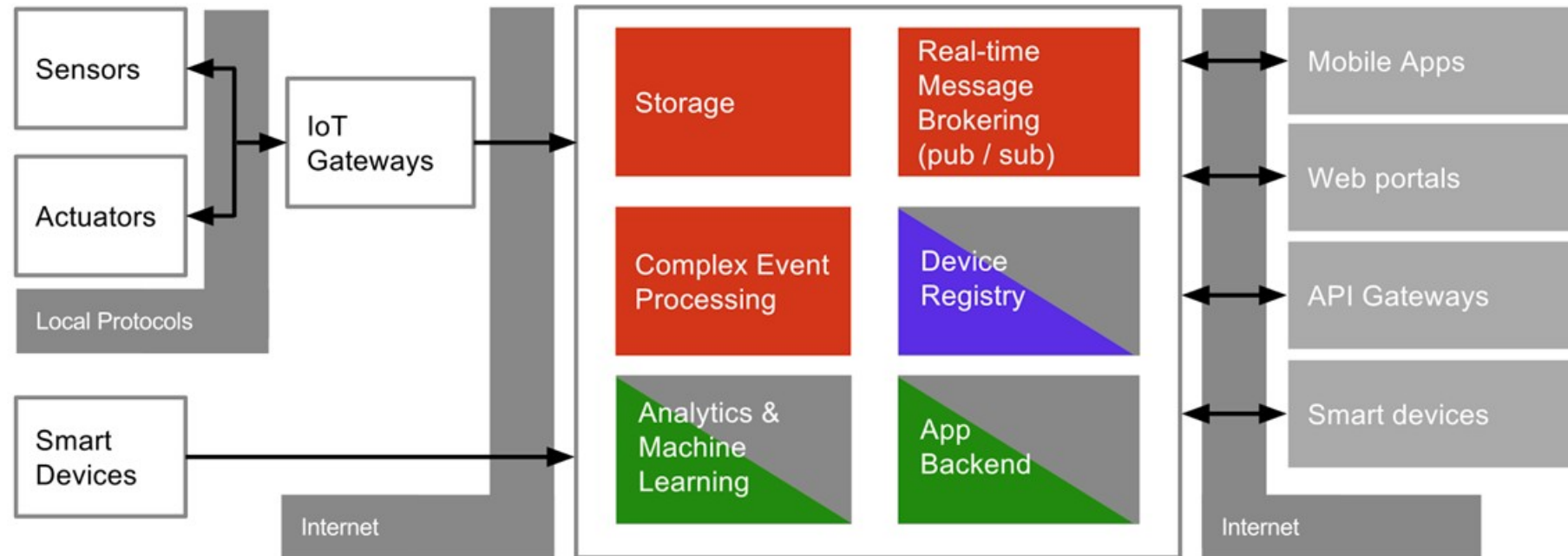
Екосистема Інтернету Речей

- sensors (розумні датчики/виконавчі механізми): вбудовані системи, операційні системи реального часу, джерела безперебійного живлення, мікро-електромеханічні системи (MEMS);
- системи зв'язку з датчиками: зона охоплення бездротових персональних мереж становить від 0 см до 100 м. Для обміну даними між датчиками застосовуються низькошвидкісні малопотужні інформаційні канали, які часто побудовані не на протоколі IP;
- локальні обчислювальні мережі (LAN): зазвичай це системи обміну даними на основі протоколу IP, наприклад, 802.11 Wi-Fi-мережу для швидкої радіозв'язку, часто це пирингові або зіркоподібні мережі;
- агрегатори, маршрутизатори (routers), шлюзи (gateways), пограничні пристрої (Edge Device) : постачальники вбудованих систем, самі бюджетні складові (процесори, динамічна оперативна пам'ять і система зберігання даних), виробники модулів, виробники пасивних компонентів, виробники тонких клієнтів, виробники стільникових і бездротових радіосистем, постачальники міжплатформового програмного забезпечення, розробники інфраструктури хмарних обчислень, інструментарій для граничної аналітики, безпеку граничних пристроїв, системи управління сертифікатами;

Екосистема Інтернету Речей

- глобальна обчислювальна мережа: оператори стільникового зв'язку, оператори супутникового зв'язку, оператори малопотужних глобальних мереж (Low- Power Wide-Area Network, LPWAN). Зазвичай застосовуються транспортні протоколи Інтернету для IoT і мережевих пристроїв (MQTT, CoAP і навіть HTTP);
- хмара: інфраструктура в якості постачальника послуг, платформа в якості постачальника послуг, розробники баз даних, постачальники послуг потокової і пакетної обробки даних, інструменти для аналізу даних, програмне забезпечення в якості постачальника послуг, постачальники озер даних, оператори програмно-визначених мереж / програмно-визначених периметрів, сервіси машинного навчання;
- сервіси аналізу даних: величезні масиви інформації передаються в хмару. Робота з великими обсягами даних і отримання з них користі - це завдання, що вимагає комплексної обробки подій, аналітики і прийомів машинного навчання;
- безпека (security): при зведенні всіх елементів архітектури воєдино постають питання кібербезпеки. Безпека стосується кожного компонента: від датчиків фізичних величин до ЦПУ і цифрового апаратного забезпечення, систем радіозв'язку і самих протоколів передачі даних. На кожному рівні необхідно забезпечити безпеку, достовірність і цілісність. У цьому ланцюзі не повинно бути слабких ланок, оскільки Інтернет речей стане головною мішенню для атак хакерів в світі.

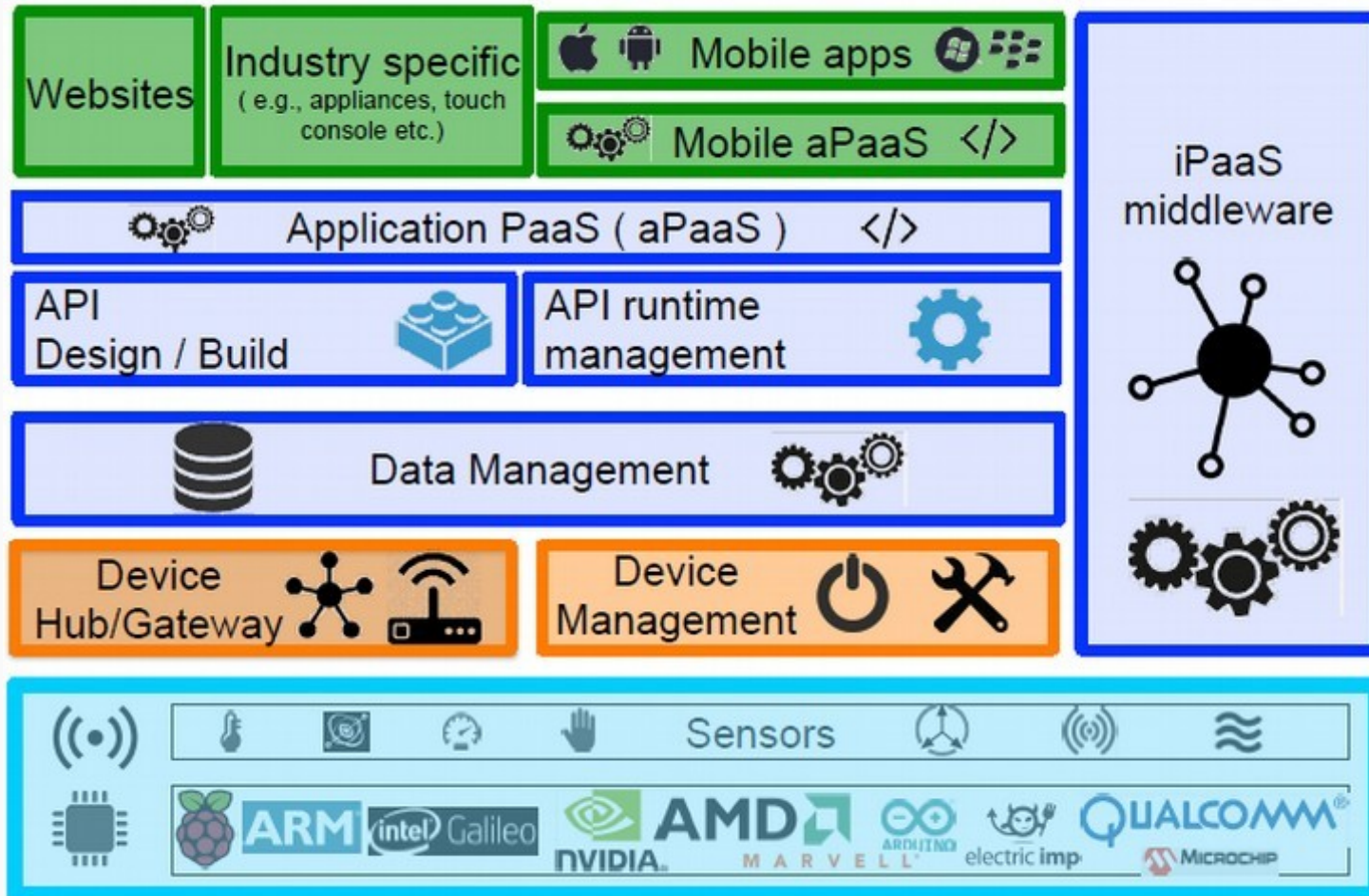
Архітектура Інтернету Речей



Взаємодія з «речами» відбувається через датчики (sensors) та виконавчі механізми (Actuators), аналогічно АСУТП. Ці датчики разом з усією інфраструктурою для інтеграції з рівнем обробки подій через мережу Internet формують граничну область (Edge).

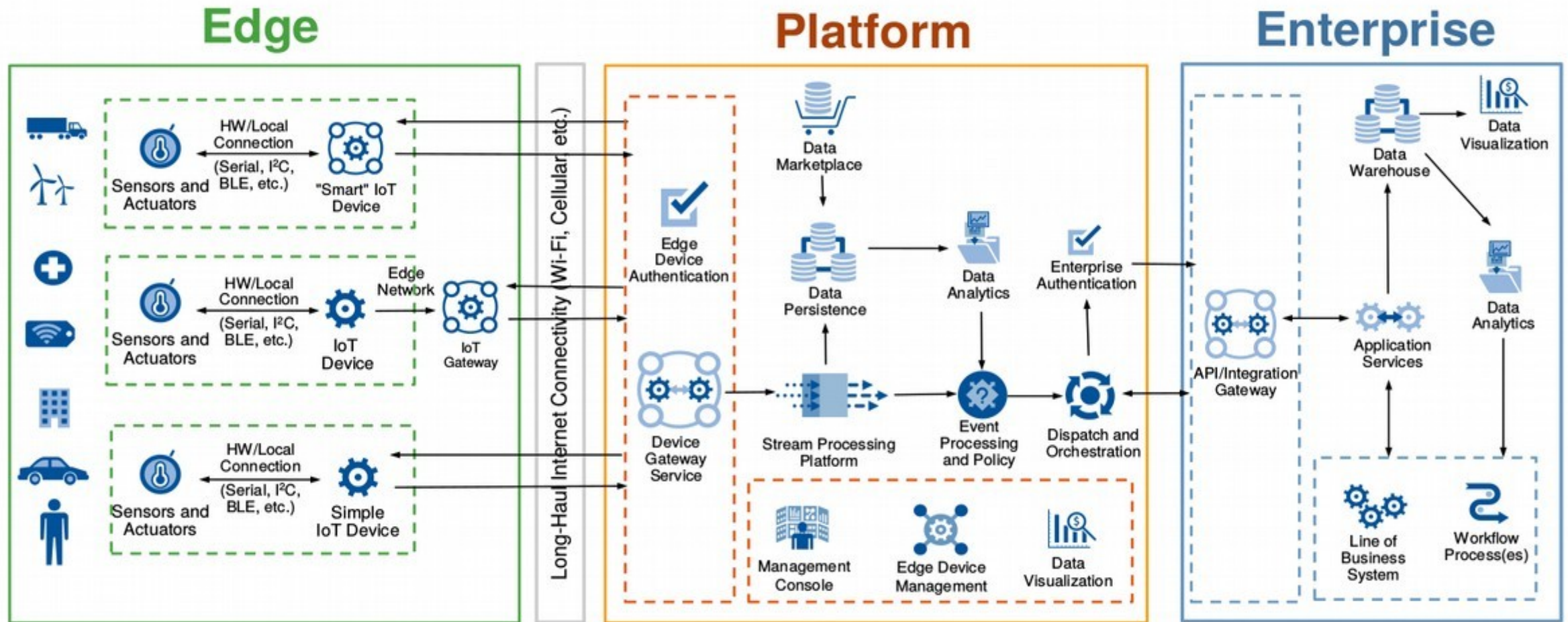
Події (дані) що поступають з граничної області зберігаються і обробляються відповідно до задачі (рівень обробки подій і аналітики, event processing, Platform). На цьому рівні події(дані) зберігаються (storage), обробляються (Event Processing), перенаправляються потрібним додаткам (Real-Time Message Brokering, Stream Processing). Додатково на цьому рівні відбувається адміністрування та керування пристроями з граничної області (Device Registry, Edge Device Management). Події (дані) обробляються з використанням аналітичних сервісів (Analytics) на основі них проводиться машинне навчання (Machine Learning), що дозволяє зробити певні висновки про об'єкт. Цей рівень як правило реалізований з використанням хмарних (Cloud) або туманних (Fog) обчислень. Якщо провести аналогію с АСУТП, то це рівень контролерів та SCADA (за виключенням функцій HMI). Отримання результатів, контроль, віддалене керування та адміністрування системи проводиться через кінцеві застосунки з використанням Internet. Цей рівень можна умовно порівняти з HMI в АСУТП.

Об'єктна модель Промислового Інтернету Речей

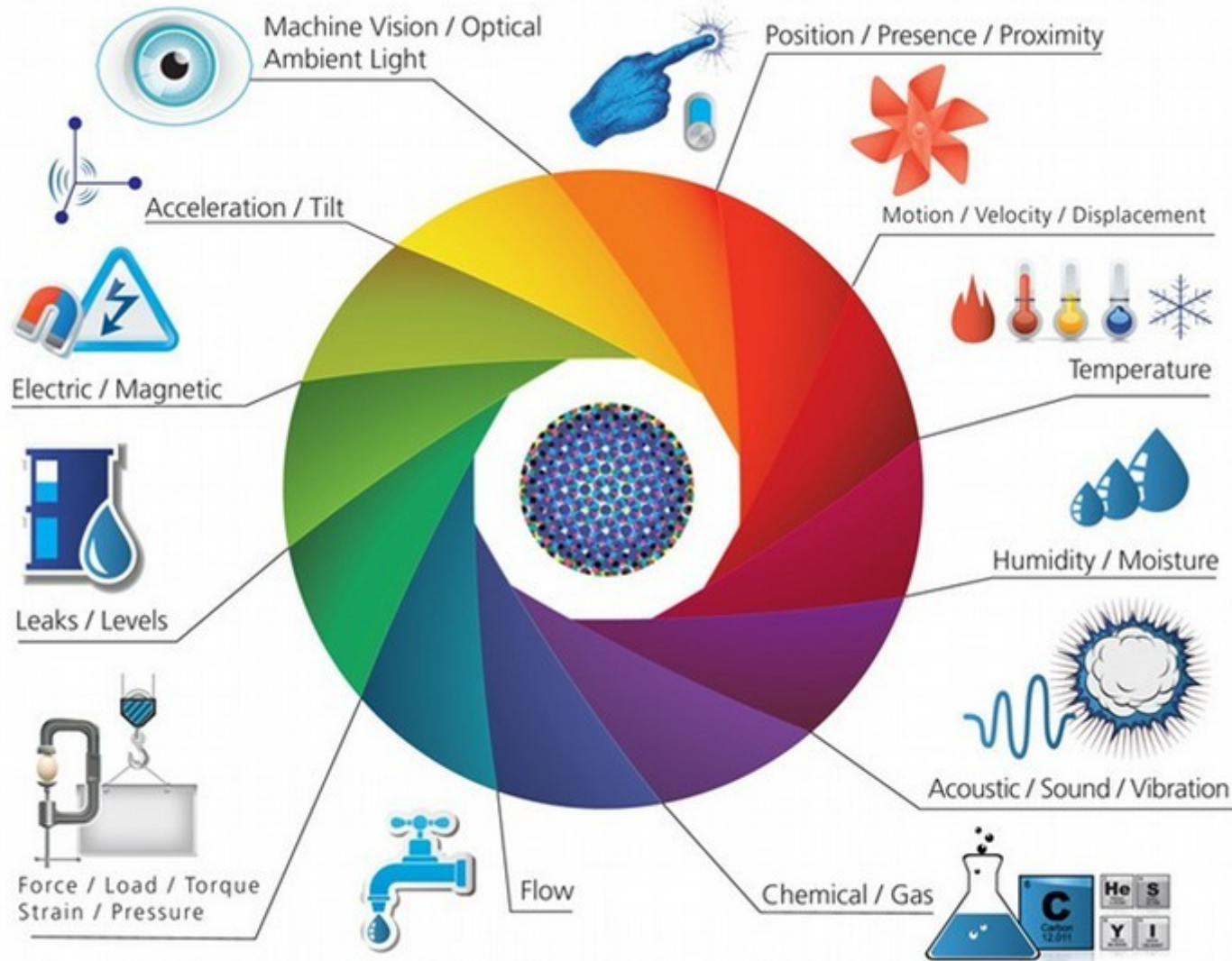


Edge представлений у вигляді датчиків (Sensors), Device Hub/Gateway (збір та маршрутизація даних) та Device Management (керування пристроями). Останні частково виконуються як хмарні обчислення так і на граничних пристроях. Усі функції збереження та первинної обробки подій (даних) зведені до Data Management. Усі інші функції обробки, в тому числі аналітичні показані як додатки PaaS, що взаємодіють з сервісами керування даних через API (Application Program Interface).

Функціональне представлення рівнів Промислового Інтернету Речей



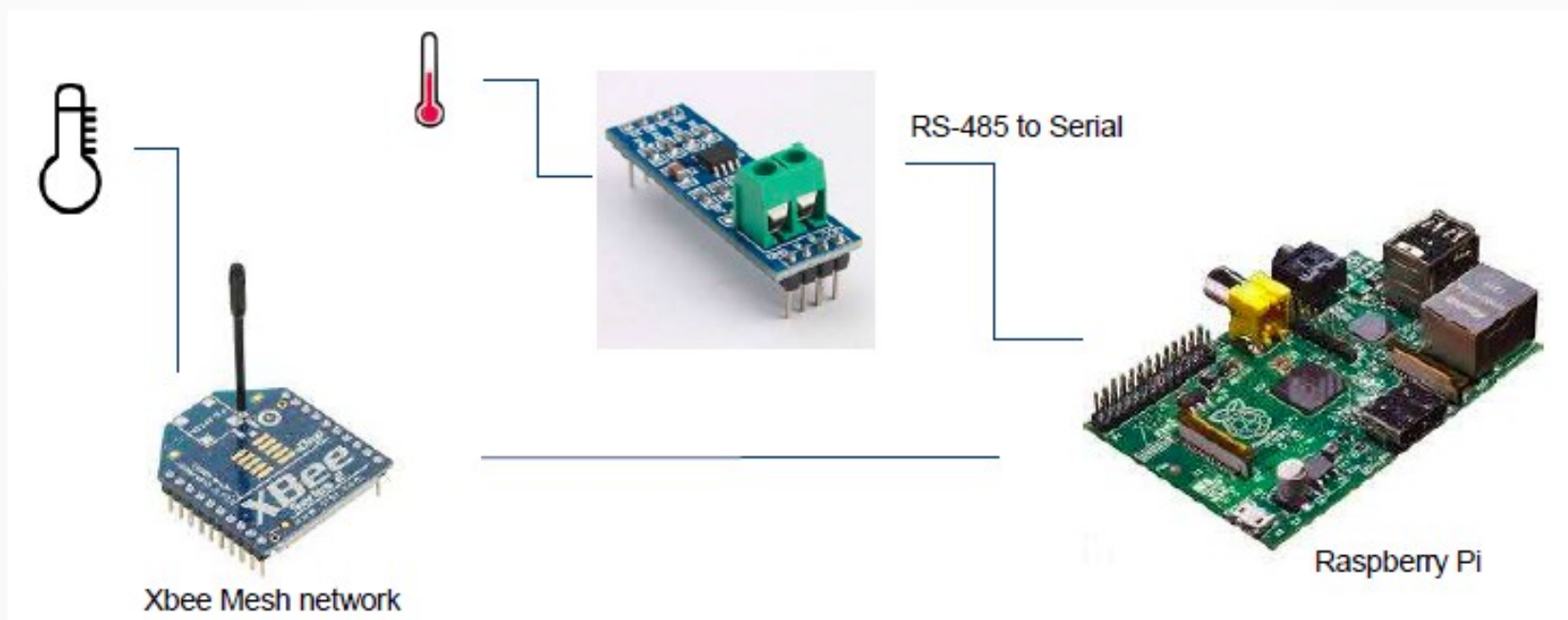
Сенсори та живлення



Інтернет речей здебільшого пов'язаний з фізичною дією або подією реального світу. Розумні датчики генерують значний обсяг даних, наприклад, акустичний датчик для профілактичного огляду обладнання чи фітнес-трекеру. Сьогодні датчики зменшилися до субнанометрових розмірів і стали істотно дешевше, що дозволяє широко впроваджувати технологію IoT. Необхідно розглядати у застосування з IoT мікроелектромеханічні системи, датчики і інші типи недорогих граничних пристроїв і їх електрофізичні властивості. Це стосується також силових і енергетичних систем, необхідних для живлення граничних пристроїв що в сукупності споживають багато енергії. З питанням живлення також пов'язані питання організації хмарних сервісів IoT.

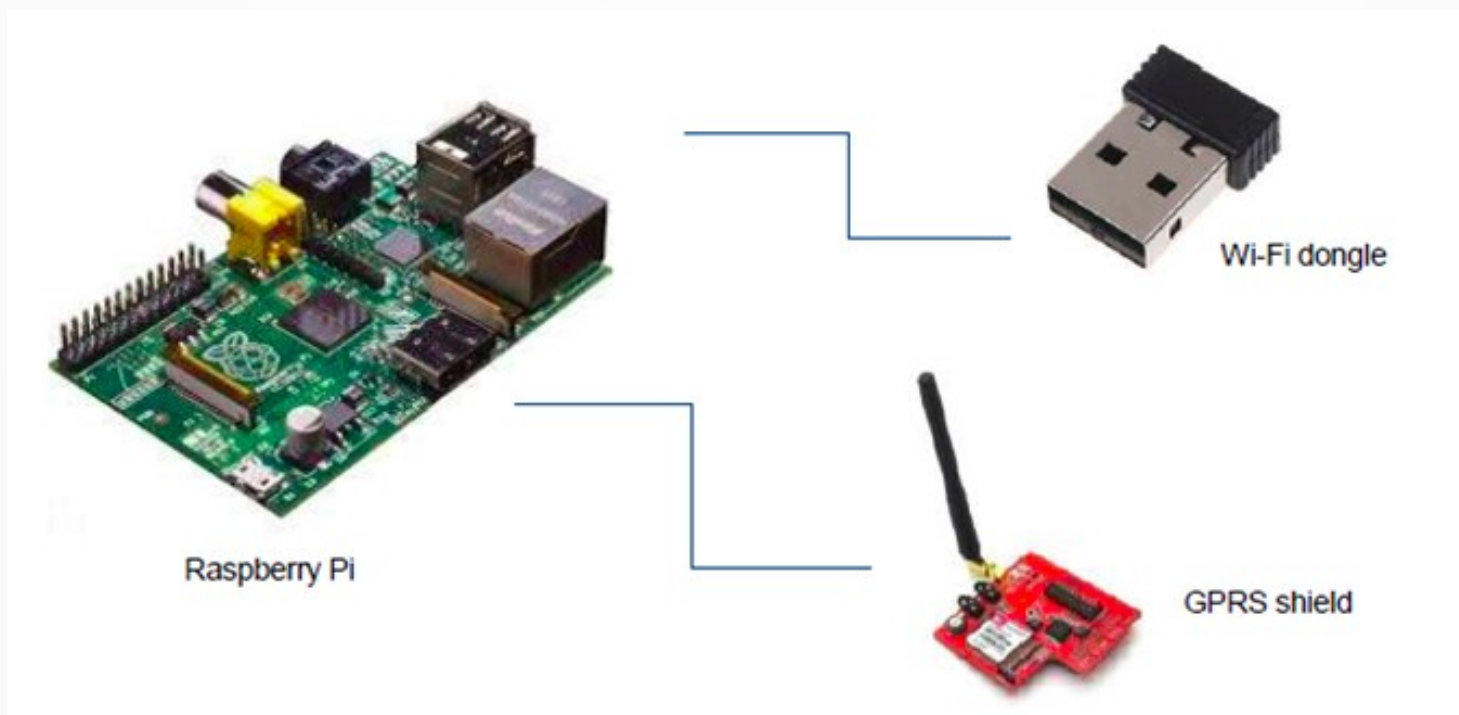
Передача даних

Передача даних і встановлення мережевого з'єднання базуються на базі систем зв'язку ближньої дії - персональних мереж (PAN), зазвичай побудованих без дотримання правил IP-протоколу. Це може бути як дротові так і бездротові мережі. До бездротових IoT-мереж/протколів як правило відносяться протоколи Bluetooth, mesh-мережі, Zigbee, Z-Wave. Для IIoT це також Wireless HART та ISA100.



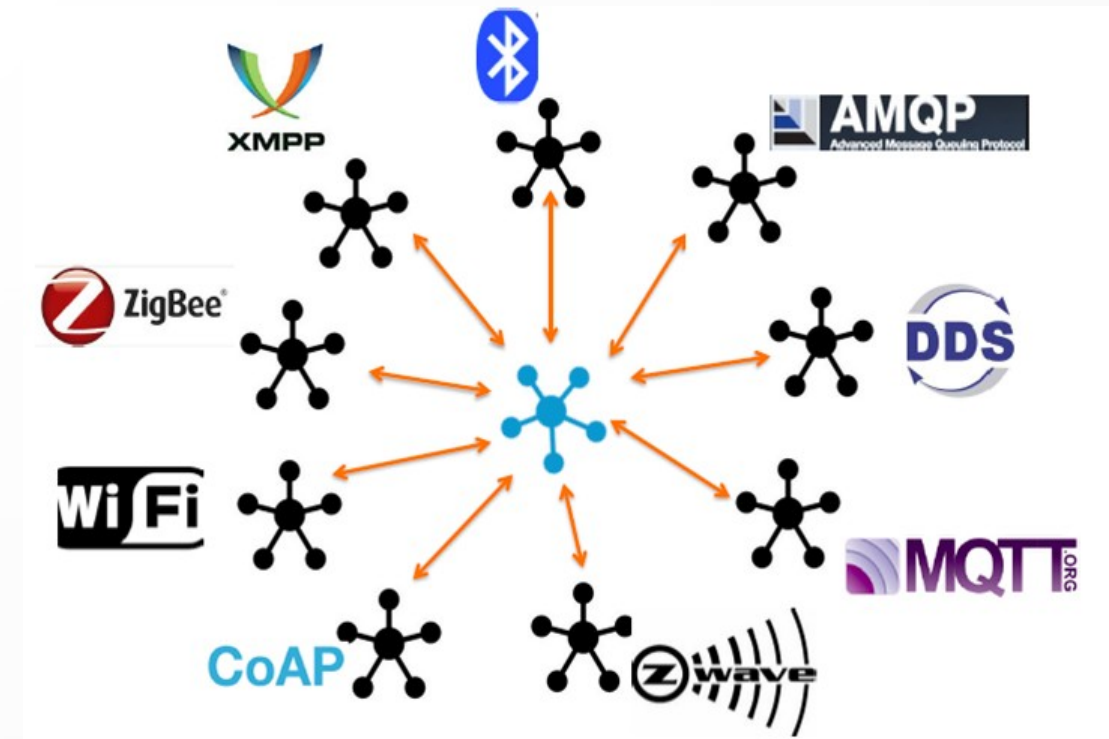
Передача даних

Крім PAN використовуються бездротові локальні мережі та системи зв'язку на основі IP-протоколу, включаючи широкий діапазон Wi-Fi-мереж на основі стандартів IEEE 802.11, 6LoWPAN і технології Thread. Використовуються телекомунікації на основі стільникових стандартів (3G, 4G LTE) і нові стандарти, що забезпечують роботу Інтернету речей і міжмашинної взаємодії, такими як Cat-1 і Cat-NB, а також пропрієтарні протоколи LoRaWAN і Sigfox, що використовуються саме для IoT.



Маршрутизація та протоколи Інтернету речей

Для передачі даних від датчиків в Інтернет-простір необхідні дві технології: маршрутизатор-шлюз і опорні інтернет-протоколи, що забезпечують ефективність обміну даними. Маршрутизатор особливо важливий в таких аспектах, як безпека, управління і напрям даних. Граничні маршрутизатори (Edge routers) керують і стежать за станом відповідних mesh-мереж, а також підтримують якість даних, конфіденційності та безпеку. Маршрутизатор відіграє важливу роль в створенні віртуальних приватних мереж, віртуальних локальних мереж і програмно-визначених глобальних мереж, що можуть містити тисячі вузлів, що обслуговуються єдиним граничним маршрутизатором.

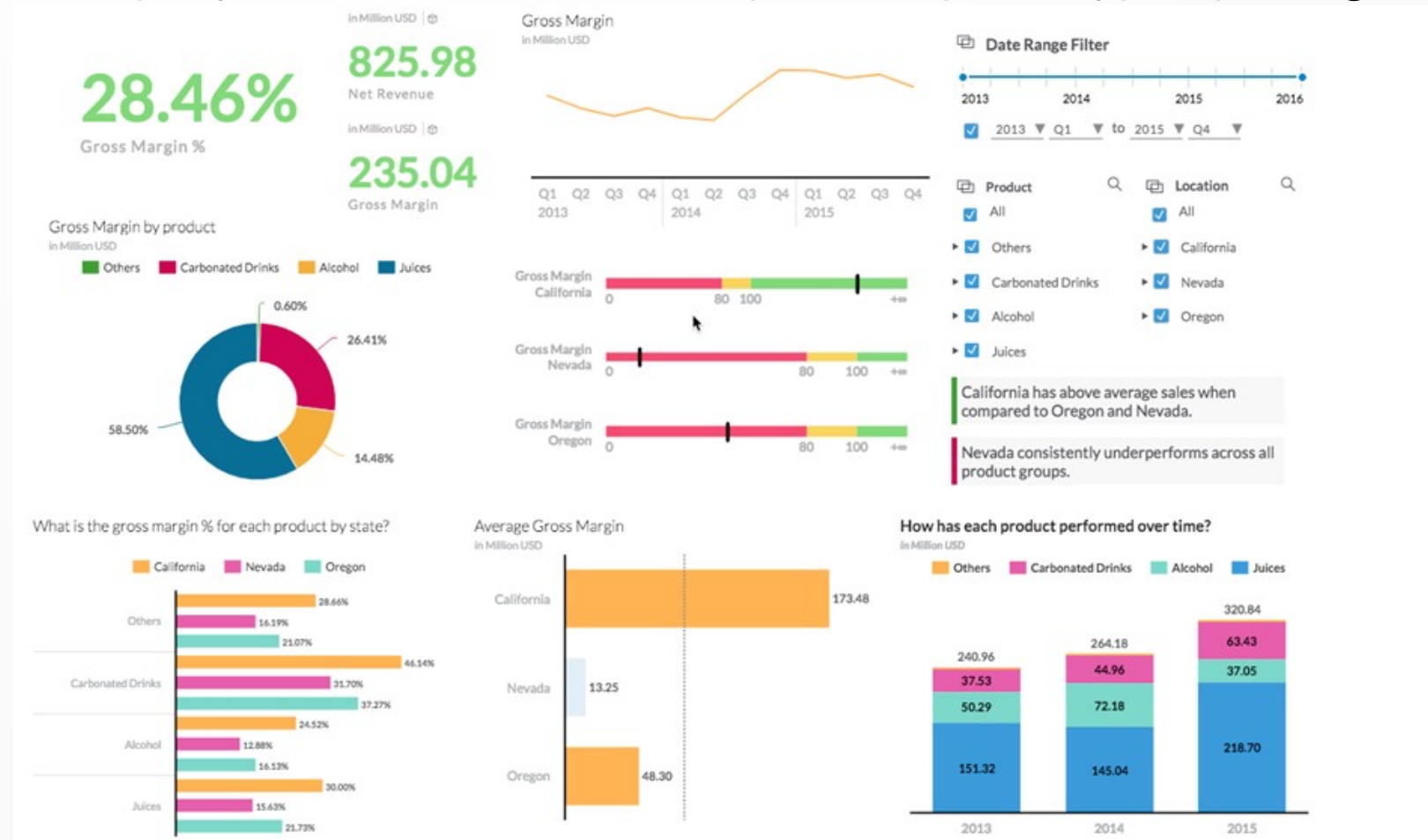


Протоколи, необхідні для обміну даними між вузлами, маршрутизаторами і хмарними сервісами в межах IoT-системи, енергозберігаючі з малою затримкою, здатні легко і безпечно відправляти дані в хмару і з нього: MQTT, AMPQ і CoAP.

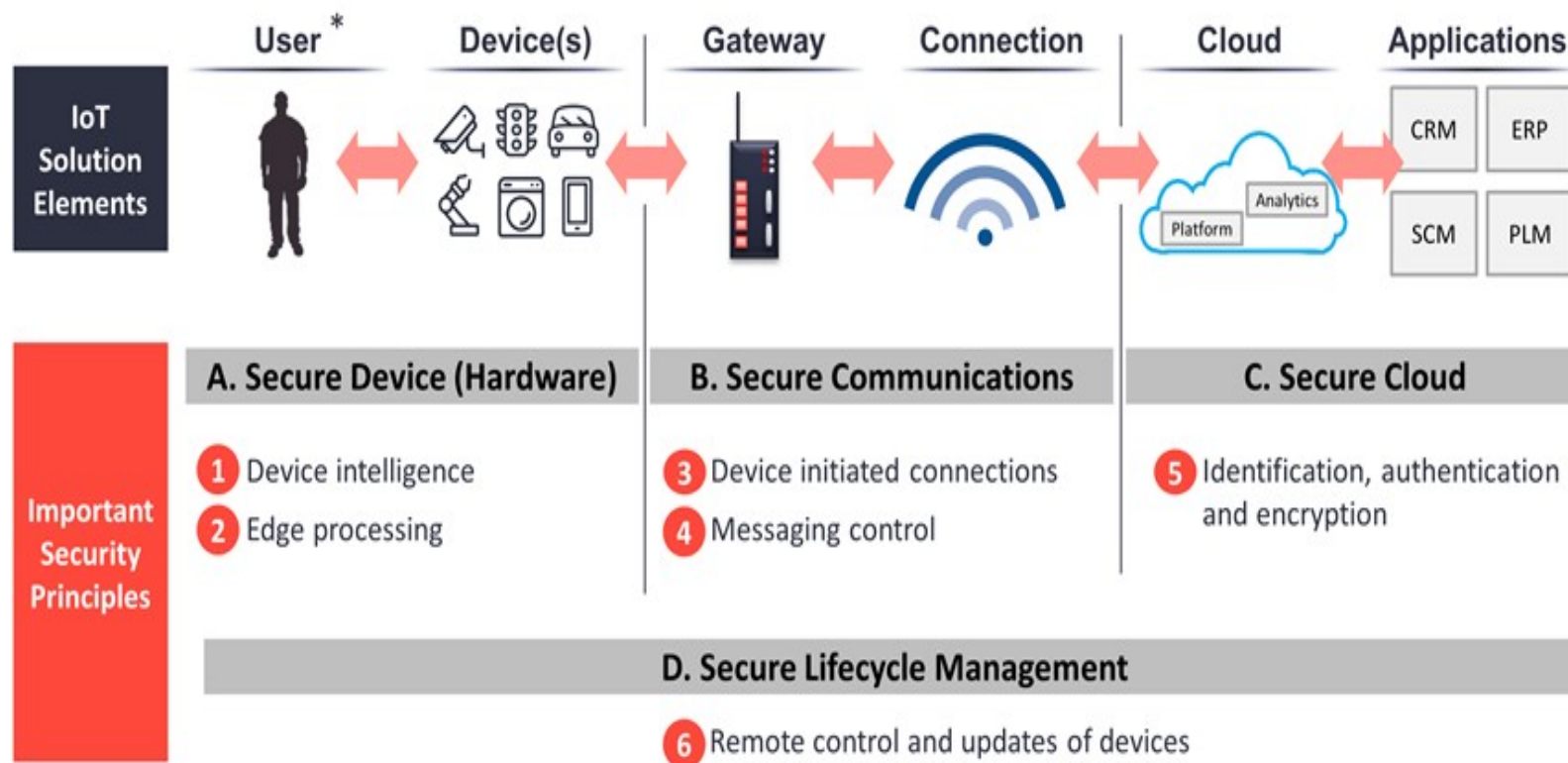
Туманні та граничні обчислення

Пересилання всіх IoT-даних обходиться значно дорожче, ніж їх обробка на кордоні мережі (граничні обчислення, Edge Computing) або включення граничного маршрутизатора в зону, яку обслуговує хмарний сервіс (туманні обчислення, Fog computing). Туманні обчислення також стандартизуються, зокрема є стандарт туманних обчислень, наприклад архітектура OpenFog.

Дані від фізичного пристрою (датчика) опрацьовуються процесорами правил IoT-системи. Ступінь складності введення в дію IoT-системи залежить від того, яке рішення проектується: зміна стану системи, структурізація даних в режимі реального часу із використанням машинного навчання та нейронних мереж



Six principles of IoT Cyber Security across the stack



IoT-системи не обмежуються безпечним простором будинку або офісу. Вони розташовуються в громадських місцях, віддалених областях, в рухомих транспортних засобах або всередині людини. Інтернет речей - це величезна єдина мішень для будь-яких видів хакерських атак. IoT рішення повинні включати визначення вразливостей і способи їх усунення, стандартні заходи, спрямовані на захист Інтернету речей або будь-якого компонента мережі.

Дякую за увагу

Ваші запитання?