

# Лекция 3: “Функциональные компоненты СУ: передача сигналов”

Гончаров Олег Игоревич

Факультет вычислительной математики и кибернетики,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

2013

# Линии связи

## Классификация сигналов

- непрерывные;
- дискретные: сигнал квантован
  - ▶ по времени (импульсные системы),
  - ▶ по уровню (релейные системы),
  - ▶ по уровню и по времени (цифровые системы).

В системах управления сигналы могут иметь различную природу:

- механическую (положение, давление),
- температурную,
- электрическую,
- световую и т.п.

Однако современные сложные системы управления обычно являются цифровыми, сигналы в них имеют электрическую природу. Широко используются цифровые интерфейсы передачи информации.

Сходны с требованиями, предъявляемыми перед системой автоматизации:

- Открытость (стандартизация и совместимость)
- Надежность (контроль целостности сообщения, резервирование)
- Достаточная пропускная способность
- Работа в реальном времени<sup>1</sup> (гарантированное время выполнения обменов)
- Расширяемость

---

<sup>1</sup>Для систем автоматического управления

# Передача непрерывных сигналов

Сигнал существует в любой момент времени, может принимать бесконечное множество значений (интервал значений).

**Аналоговые интерфейсы:** передаваемое значение определяется значением сигнала (т.е. значением соответствующей физической величиной). От помеха неотделима от полезного сигнала.

**Примеры:**

- **напряжение:** пара проводников (один проводник может быть землей)
  - ▶ плавающий (датчик снабжен собственным источником напряжения: батарея, термопара),
  - ▶ заземленный (плавающий, один проводник заземлен),
  - ▶ балансный (два проводника, противоположные (симметричные) потенциалы относительно земли).
- **сила тока:** токовая петля.

Наиболее совершенные интерфейсы основаны на балансных сигналах, помехи воздействуют одновременно на два проводника, наведенные помехи вычитаются. Используются витые пары с заданными характеристиками. Другой способ

- **Квантованный сигнал**

Сигнал существует в любой момент времени, число уровней ограничено (обычно два).

Диапазон значений физической величины — соответствует одному из уровней. Ограниченная помеха в пределах диапазона не влияет на значение.

- **Цифровой сигнал**

Последовательность квантованных сигналов, кодирующих передаваемое значение. Добавляется квантован по времени: ограничение пропускной способности и задержки по времени.

Ограниченная помеха не влияет. Возможно использование кодов для обнаружения ошибок и корректирования.

# Линии связи

Эталонная модель OSI

Уровень	Название уровня
7	Прикладной
6	Уровень представления
5	Сеансовый
4	Транспортный
3	Сетевой
2	Канальный
1	Физический

**Топология сети:** точка-точка, шина, дерево, кольцо.

**Роль устройств** при взаимодействии: **ведущее** и **ведомые** устройства.

**Направление передачи:** **симплексная**, **дуплексная**, **полудуплексная**.

### **Физический уровень:**

Сигнал — напряжение на проводнике (+5-15 В для “0” и -5-15 В для “1”).

Дуплексная связь, точка-точка.

Скорость от 9600 до 115600 бит/с на расстояние до 15 м.

Проводная линия: Rx (вход), Tx (выход), GND (земля).

Дополнительно: CTS, RTS и пр.

**Серийный протокол** определяет способ передачи данных.

Режимы передачи с различным числом бит данных: 5-9 бит, 1-2 стоповых бита.

Последовательная передача данных:

1 стартовый бит (логическая 1), данные, бит четности, стоповые биты (логический 0).

### **Физический уровень:**

Сигнал — дифференциальный в диапазоне  $-7 \dots +12$  В.

Полудуплексная связь, шина.

Скорости: 62,5 кбит/с на 1200 м, 1 Мбит/с на 100 м.

Проводная линия: витая пара.

Последовательная передача данных:  
серийный протокол.

Протокол появился в 1979 году, предназначался для управления микроконтроллерами.

**Физический уровень:**

RS-485, RS-232, возможно использование поверх TCP.

**Канальный уровень:** Master-Slave

одно ведущее устройство, до 247 ведомых, обмен между ведомыми невозможен, широковещательные сообщения, проверка контрольной суммы кадров.

**Прикладной уровень:**

Запись и чтение битовых значений (coils, discrete input), чтение и запись 16-битных регистров. Доступ на основе 16-битного адреса.

# ЛИНИИ СВЯЗИ

## Control Area Network (CAN)

### **Физический уровень:**

Сигнал — не определен, обычно дифференциальный по витой паре.

Связь полудуплексная, обычно топология шины.

Скорости (витая пара): 10 Кбит/с на 5000 м, 1 Мбит/с на 40 м.

Разные типы кадров: запрос данных, данные, сообщения о ошибках.

### **Канальный уровень: CSMA/CA**

Обмен может инициализировать любое устройство в любой момент времени. Аппаратная реализация системы приоритетов: если передача начинается одновременно, ее продолжает более приоритетное устройство.

*Прикладной уровень* не входит в стандарт, есть реализация CANopen:

сервисы запроса, индикации (извещение о событии), ответа (на индикацию запроса), подтверждения (ответ на запрос).

# Линии связи

## Протоколы TTP/C и TTP/A

TTP — Time Trigered Protocol.

Предназначен для работы в составе систем реального времени.

Class A — дешевая реализация на основе полудуплексной шины.

Class C — специальное оборудование, повышенная надежность и пропускная способность (используется в авистроении).

**Физический уровень:** TTP/A обычно RS-485, TTP/C собственный.

**Канальный уровень:** TDMA

вершины сети синхронизируют часы с мастером, а затем выполняют обмены в соответствии с составленным предварительно расписанием.

**Прикладной уровень:**

файловая система IFS, планировщик задач (задачи реального времени и фоновые), полный доступ к фаловой системе любой вершины через конфигурационный интерфейс.

Аналогичные протоколы: Flexray, TT-CAN (Time Triggered CAN).

Физический, канальный и прикладной уровни.

Физический уровень:

RS-485, оптоволокно и др.

Канальный уровень: Profibus DP

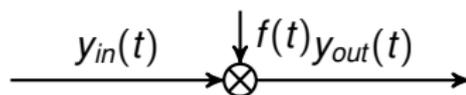
Ведущие и ведомые устройства, передача маркера по кольцу, каждому ведущему выделяется фиксированный интервал времени. Широковещательные сообщения, уведомления о получении данных, проверка целостности. Средства диагностики для обнаружения ошибок, резервирование.

Прикладной уровень: Profibus EMS

Основан на сервисах посылки сообщений с подтверждением и без.

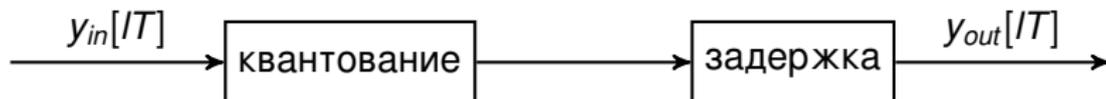
# Модель линии связи

- Аналоговые:



- ▶ ограничение амплитуды сигнала,
- ▶ внешнее возмущение  $f$  (шум),
- ▶ в общем случае канал — динамическая система (например, телеграфные уравнения).

- Цифровые:



- ▶ квантование по уровню и времени,
- ▶ чистая задержка,
- ▶ ограничения пропускной способности и потеря (искажение) данных.