

Аналоговые и цифровые вычислительные системы

Луцив Дмитрий Вадимович

Кафедра системного программирования СПбГУ



- 1 Аналоговые и цифровые устройства
- 2 Аналоговые устройства
- 3 Цифровые устройства
- 4 Модуляция и передача аналоговых сигналов
- 5 Передача цифровых сигналов

Аналоговые и цифровые устройства

ГОСТ 17657-79 [↗](#) :

Аналоговый сигнал — сигнал данных, у которого каждый из представляющих параметров описывается функцией *времени* и *непрерывным множеством* возможных значений

Цифровой сигнал — сигнал данных, у которого каждый из представляющих параметров описывается функцией *дискретного времени* и *конечным* множеством возможных значений

ГОСТ 17657-79 [↗](#) :

Аналоговый сигнал — сигнал данных, у которого каждый из представляющих параметров описывается функцией *времени* и *непрерывным множеством* возможных значений

Цифровой сигнал — сигнал данных, у которого каждый из представляющих параметров описывается функцией *дискретного времени* и *конечным* множеством возможных значений

Почему аналоговый?

- Для измерения требует сопоставления с эталоном

Аналоговые устройства

Аналоговое устройство — устройство, представляющее данные в виде аналоговых сигналов

Аналоговое устройство — устройство, представляющее данные в виде аналоговых сигналов

По материалам из Большой Советской Энциклопедии

- Др. Греция — **пантограф** ↗
- Около 1600 г. — логарифмическая линейка
- Около 1800 г. — сложные **номограммы** ↗, например, для навигации — позволяют вычислять функции от многих переменных (температура смесей, площади стандартных фигур)
- В 1814 (Дж. Герман) — планиметр, ранее — курвиметры. **Просты в изготовлении** ↗
-
- 1940-е годы — операционные усилители, сначала на лампах, потом на полупроводниках.
- 1970-е постепенный спад

Язык природы

- Логарифмические рецепторные кривые: $\ln'_x x = \frac{1}{x}$, чем больше абсолютное значение, тем ниже точность (подробнее на курсе по алгоритмам и структурам данных)
- Компактность решения конкретной задачи
- «Непрерывное» представление информации

- Неуниверсальность
- Субъективность
- Проблемы преобразования:
 - коэффициенты нелинейности трактов (ряд Тейлора)
 - промежутки монотонности

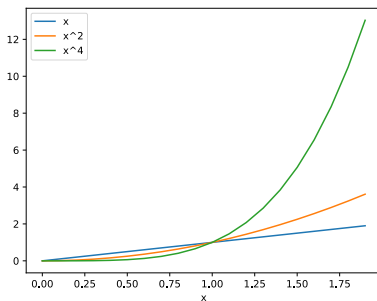
Пусть:

$$y = f(x) = c_{f0} + c_{f1}x + c_{f2}x^2 + R_f(x),$$

$$z = g(y) = c_{g0} + c_{g1}y + c_{g2}y^2 + R_g(y)$$

Тогда:

$$z = (g \cdot f)(x) = c_{g0} + \dots c_{f2}c_{g2}x^4 + \dots$$



Цифровые устройства

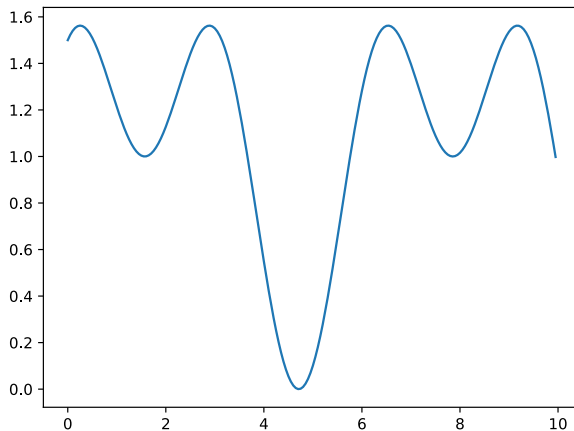
Цифровое устройство — устройство, представляющее данные в виде цифровых сигналов

- По началу (иногда — до сих пор) громоздкое оборудование
- Символы вместо естественных значений

- Универсальность
- С конца 50-х — программируемость (Фортран, Кобол, Алгол, Лисп)
- Модульность, откуда:
 - легкая сопрягаемость
 - легко проектировать

Модуляция и передача аналоговых сигналов

$$f(x) := \frac{\sin(x) + \cos(2x) + 2}{2}$$



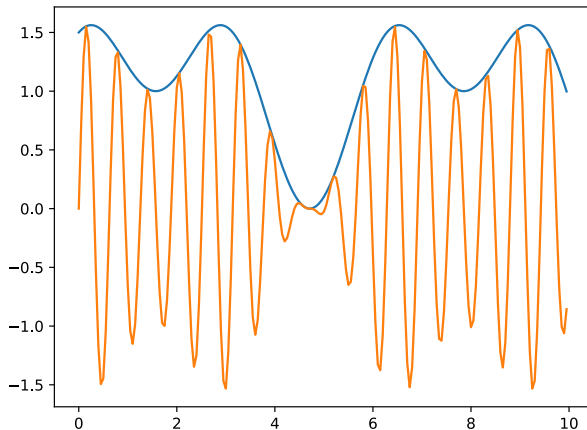
Не любой сигнал можно передать в исходном виде. Например, радиопередача на частотах, типичных для голоса, технически сложна. Низкочастотный сигнал передают при помощи высокочастотной радиопередачи

Не любой сигнал можно передать в исходном виде. Например, радиопередача на частотах, типичных для голоса, технически сложна. Низкочастотный сигнал передают при помощи высокочастотной радиопередачи

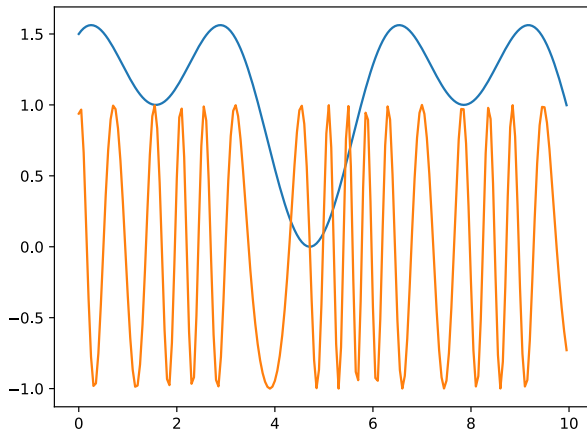
Несущая — периодическая функция, искажение которой используется для передачи сигнала

Модуляция — способ искажения несущей для передачи сигнала

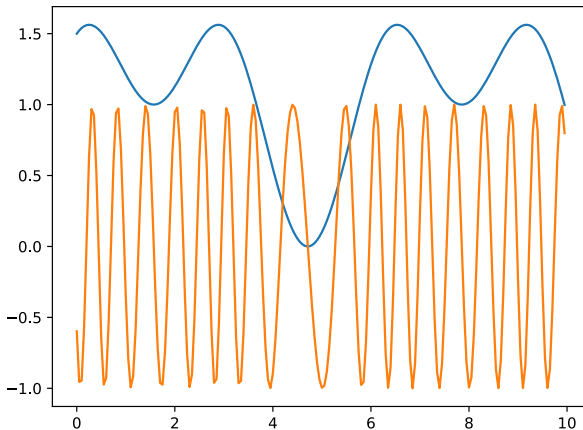
$$s(x) = f(x) \sin(10x)$$



$$s(x) = \sin(10x + 5f(x))$$



$$s(x) = \sin \left(5x + 5 \left(\int_x f(x) dx \right) \right)$$



Если мы передаём при помощи несущего сигнала периодическую функцию, максимальная частота в спектре которой — P , то несущая должна иметь частоту F , такую, что

$$F \geq 2P$$

Без доказательства

Передача цифровых сигналов

Число N в системе счисления с основанием b записывается приблизительно

$$\log_b N$$

цифрами.

Число N в системе счисления с основанием b записывается приблизительно

$$\log_b N$$

цифрами.

M — емкость символьного пространства. Передаём x бит. В символах это будет $\log_M(2^x)$.

Передаём 1 символ.

$$1 = \log_M(2^x) = \frac{\log_2(2^x)}{\log_2 M} = \frac{x}{\log_2 M}$$

$$x = \log_2 M$$

P бод — скорость передачи данных. За раз передаём 1 из M уровней. Тогда:

$$V = P \log_2 M$$

Мощность алфавита

$$M \leq 1 + S/N,$$

где S — мощность сигнала, N — мощность шума

Без доказательства

Мощность алфавита

$$M \leq 1 + S/N,$$

где S — мощность сигнала, N — мощность шума

Без доказательства

Таким образом,

$$V \leq P \log_2(1 + S/N).$$

Так как $F \geq 2P$, т.е. $P \leq \frac{1}{2}F$

Получаем, что скорость передачи данных (бит в секунду)

$$V \leq \frac{1}{2}F \log_2(1 + S/N).$$

Упражнения

- Строго обоснуйте работу планиметра (докажите, что он вычисляет площадь)
- Попробуйте привести примеры «из жизни», иллюстрирующие ту же закономерность, которая формулируется в теореме Котельникова

Вопросы

- Что такое аналоговые сигнал и устройство?
- Что такое цифровые сигнал и устройство?
- Что такое несущая? Что такое модуляция?
- Опишите известные вам виды модуляции
- Сформулируйте теорему Котельникова, объясните её смысл
- Сформулируйте теорему Шеннона
- Сформулируйте теорему Котельникова применительно к цифровым данным

Вопросы



[EDU.DLUCIV.NAME](#) ↗