Типы* языка Си

Лекция 3

* Значений и функций

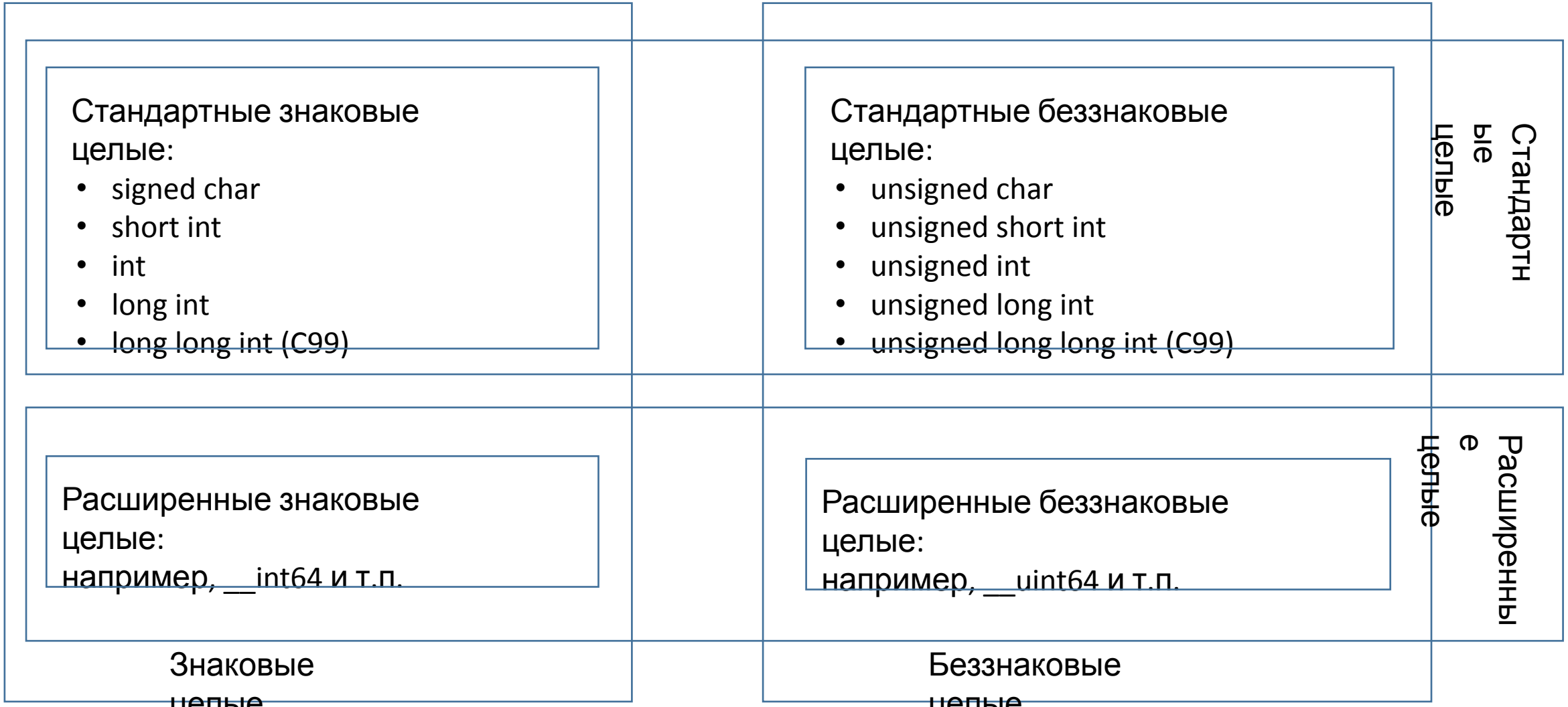
План лекции

- Классификация типов данных языка Си
  - Функциональные
  - Полные – целые, с плавающей точкой, и т.п.
  - Неполные – void и ещё
  - Производные vs непроизводные
- Представление типов в памяти
  - Представление целых и вещественных типов
- Совместимые типы, композиция типов

Тип (данных)

- Тип (данных) – это способ доступа к значению, хранящемуся в памяти или являющемуся результатом вычислений
  - Задается выражением языка Си
- Функциональные типы – описывают функции
- Полные типы – полностью описывают объекты
- Неполные типы – описывают объекты, но не позволяют определить их размер в байтах

Классификация целых типов



Свойства целых типов 1/2

- Диапазона char достаточно для представления всех элементов основного набора символов
  - В 99% случаев основной набор символов = набор ASCII из 128 элементов (1963г.)
- Символы основного набора >= 0
  - Знак остальных символов – implementation defined
- sizeof(char) == sizeof(signed char)

Свойства целых типов 2/2

- Если T -- знаковый целый тип, UT – соотв. беззнаковый целый тип, то
  - sizeof(T) == sizeof(UT)
  - Диапазон неотрицательных значений T ⊆ диапазон значений UT
  - Представление x >= 0 совпадает для T и UT

- Вычисления со значениями типа UT выполняются по модулю 1 + максимум диапазона значений UT
  - Никогда не приводят к переполнению

Типы с плавающей точкой

- Вещественные типы с плавающей точкой
  - float
  - double
  - long double (C99)

- Диапазон значений float ⊆ диапазон значений double ⊆ диапазон значений long double

- C99: комплексные типы с плавающей точкой _Complex float и т.д.

Базовые типы, символьные типы

- Базовые типы = char + знаковые целые типы + беззнаковые целые типы + вещественные типы
  - Базовые типы имеющие одинаковое представление все равно разные

- Символьные типы= { char, signed char, unsigned char }

- Выбор implementation defined:
  - Диапазон значений char = диапазон значений signed char
  - Диапазон значений char = диапазон значений unsigned char

Перечислимый тип, целые типы

- Перечисление (enum) – это множество именованных целых констант
- Перечислимый тип задается перечислением
- Целые типы = { char } + знаковые целые типы + беззнаковые целые типы + перечислимые типы

Вещественные и арифметические типы, void

- Вещественные типы = целые типы + вещественные типы с плавающей точкой

- Арифметические типы = целые типы + типы с плавающей точкой
  - Включают комплексные типы в C99
  - До C99 то же, что вещественные типы

- Тип void
  - Пустое множество значений
  - Неполный тип (не имеет размера)

Производные типы

- Производные типы строятся из функциональных, полных и неполных типов
  - Тип может быть одновременно производным и функциональным, производным и полным, производным и неполным
- Тип-массив
- Тип-структура
- Тип-объединение
- Функциональный тип
- Тип-указатель

Тип-массив

- Непрерывно размещенный в памяти набор элементов одного типа
- Тип элементов
  - Полный
  - Массивы неполных и функциональных типов запрещены
- Число элементов
  - Если число элементов не указано, то получается неполный тип-массив
- «Массив типа T», «целый массив», «вещественный массив», и т.п.

Тип-структура

- Последовательно размещенная в памяти непустая последовательность именованных элементов

- Типы элементов
  - Могут быть разными
  - Все кроме последнего должны быть полными
  - Последний может быть полным или неполным типом-массивом
    - Например, struct TCharBuffer { int Size; char Data[]; };

Тип-объединение

- Набор именованных значений, размещенных в памяти с перекрытием

- Типы элементов
  - Могут быть разными
  - Должны быть полными

Функциональный тип

- Функция, возвращающая указанный тип

- Функция характеризуется
  - Возвращаемым типом
  - Числом параметров
  - Типами параметров

- «Функция, возвращающая T»

Тип-указатель

- Полный тип, значения которого указывают (ссылаются) на значения заданного типа
  - Размер указателя известен независимо от типа указываемых значений
- Тип указываемых значений может быть любым
  - В том числе, неполным
- «Указатель на T», «указатель на int», «указатель на указатель», и т.д.

Представление типов* 1/2

* в памяти

- Значение – это непрерывная последовательность байтов памяти
- Битовое поле – это непрерывная последовательность битов памяти
  - Используются довольно редко
- Размер значения (битового поля) – это длина этой последовательности
- Значения битовых полей хранятся внутри значений целых типов
  - Для беззнаковых битовых полей хранится двоичная запись

Представление типов 2/2

- Для unsigned char хранится двоичная запись значения
- Любое значение типа T размером N байтов можно скопировать в массив типа unsigned char[N]
  - Значение этого массива называется двоичным представлением значения типа T
  - Значения, отличные от NaN-ов и имеющие одинаковое двоичное представление, равны
  - Равные значения могут иметь разное двоичное представление
- Некоторые значения типа unsigned char[N] могут не быть двоичным представлением никакого значения типа T – это т.н. особые значения
- Доступ и изменение двоичного представления особых значений иначе, чем через символьный тип, ведет к undefined behavior

Представление структур и объединений

- Значение структур и объединений может содержать выравнивающие байты
  - Значения выравнивающих байтов не определены
- Значение структуры и объединения никогда не является особым
  - Даже если значение какого-то их элемента является особым
- Двоичное представление элемента объединения может быть короче, чем двоичное представление всего объединения
  - Значение неиспользуемых байтов объединения не определено

Представление беззнаковых целых типов

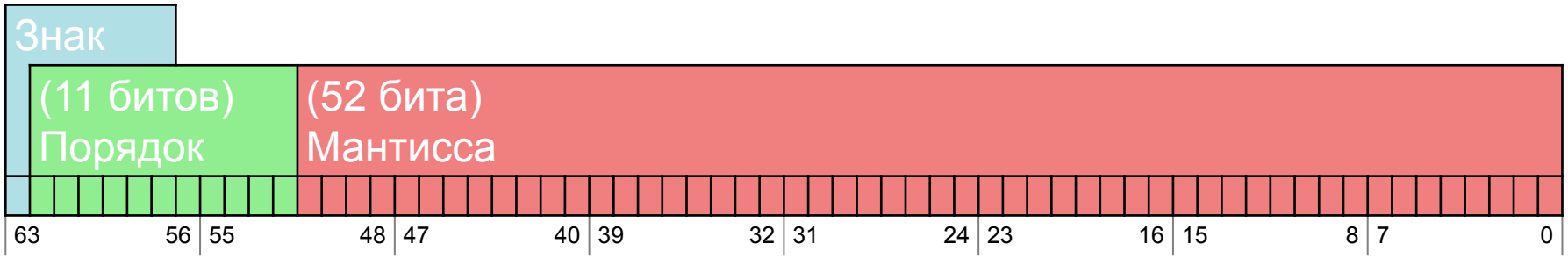
- Двоичное представление беззнакового целого типа != unsigned char делится на
  - Значащие биты (обязательно)
    - Значащие биты представляют степени 2 от 1 до 2^(число значащих битов - 1)
  - Выравнивающие биты (как правило отсутствуют)
    - Значение выравнивающих битов не определено

- Двоичное представление unsigned char не содержит выравнивающих битов
  - См. предыдущие слайды про представление типов

Представление знаковых целых типов

- Значащие биты (обязательно)
  - Значащие биты представляют степени 2 от 1 до 2^(число значащих битов - 1)
- Знаковый бит (обязательно)
  - 0 --> значением является число Ч, записанное в значащих битах
  - 1 --> значением является число
    - – Ч – «знак и абсолютная величина»
    - Ч – 2^(число значащих битов) – «дополнительный код»
    - Ч – 2^(число значащих битов) + 1
- Выравнивающие биты (как правило отсутствуют)
  - Значение выравнивающих битов не определено
- Implementation defined -- выбор представления отрицательных чисел
  - В 99% случаев используется дополнительный код
- Implementation defined – возможные особые значения
  - Если доп. код, то знак=1 + значащие биты=0
  - Если «знак и абсолютная величина», то знак=1 + значащие биты=0
  - Иначе знак=1 + значащие биты=1
- Если значение не является особым и не доп. код, то это ноль со знаком

Представление double – стандарт IEEE 754



Порядок	Мантисса 0	Мантисса != 0	Формула
0x000	0 и -0	Денормализов. числа	$(-1)^{знак} \cdot 2^{порядок-1022} \cdot (0.\text{мантисса})_{(2)}$
0x001 … 0x7fe	Нормализованные числа		$(-1)^{знак} \cdot 2^{порядок-1023} \cdot (1.\text{мантисса})_{(2)}$
0x7ff	+∞ или -∞	NaN	

$3ff0\ 0000\ 0000\ 0000_{(16)} = 1$

$3ff0\ 0000\ 0000\ 0001_{(16)} \approx 1.0000000000000002$

$0000\ 0000\ 0000\ 0000_{(16)} = 0$

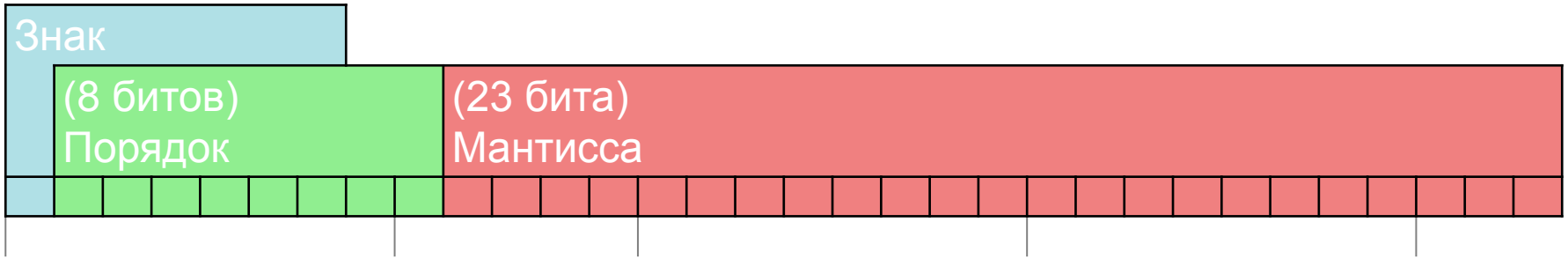
$8000\ 0000\ 0000\ 0000_{(16)} = -0$

$7ff0\ 0000\ 0000\ 0000_{(16)} = \infty$

$fff0\ 0000\ 0000\ 0000_{(16)} = -\infty$

$3fd5\ 5555\ 5555\ 5555_{(16)} \approx 1/3$

Представление float – стандарт IEEE 754



Порядок	Мантисса 0	Мантисса != 0	Формула
0x00	0 и -0	Денормализов. числа	$(-1)^{знак} \cdot 2^{порядок-126} \cdot (0.мантисса)_{(2)}$
0x01 … 0xfe	Нормализованные числа		$(-1)^{знак} \cdot 2^{порядок-127} \cdot (1.мантисса)_{(2)}$
0xff	+∞ или -∞	NaN	

Совместимость struct, union, enum 1/2

- Типы T1 и T2 совместимы, если выполнены условия
  - T1 и T2 не имеют тэга, либо тэг совпадает
  - T1 и T2 являются полными
  - Элементы T1 и T2 взаимно однозначно соответствуют друг другу
  - В каждой паре соответствующих элементов
    - Типы являются совместимыми
    - Имена совпадают
    - Если элементы пары – это битовые поля, то их ширина совпадает
    - Если T1 и T2 являются enum, то элементы пары имеют одинаковое значение
  - Если T1 и T2 являются struct, то порядок элементов в T1 и в T2 совпадает
- Спецификаторы типа, квалификаторы типа, и деклараторы могут дополнительно ограничивать совместимость

Совместимость struct, union, enum 2/2

- Если объект или функция имеют внешнее связывание, то они должны быть объявлены с совместимыми типами
- В противном случае поведение программы не определено

Композиция типов 1/2

Композицией совместимых типов T1 и T2 называется тип, построенный по правилам:

- Если T1 (или T2) – это массив фиксированного размера, то T1 (соотв. T2)
  - C99: Если T1 (или T2) – это массив переменного размера, то T1 (соотв. T2)
- Если T1 (или T2) – это прототип функции (т.е. функция с списком формальных параметров), то T1 (соотв. T2)
- Если T1 и T2 – это прототипы функций, то тип формального параметра композиции является композицией типов формальных параметров
- Если T1 и T2 – это производные типы, то правила применяются рекурсивно к типам, от которых произведены T1 и T2

Композиция типов 2/2

- Единица трансляции A

```
int f(int(*)(), double(*)[3]);
```

- Единица трансляции Б

```
int f(int(*)(char *), double(*)[]);
```

- Композиция типов функции f

```
int f(int(*)(char *), double(*)[3]);
```

Заключение

- Классификация типов данных языка Си
  - Функциональные
  - Полные – целые, с плавающей точкой, и т.п.
  - Неполные – void и ещё
  - Производные vs непроизводные
- Представление типов в памяти
  - Представление целых и вещественных типов
- Совместимые типы, композиция типов