Три с половиной variant'a

Потапов Павел

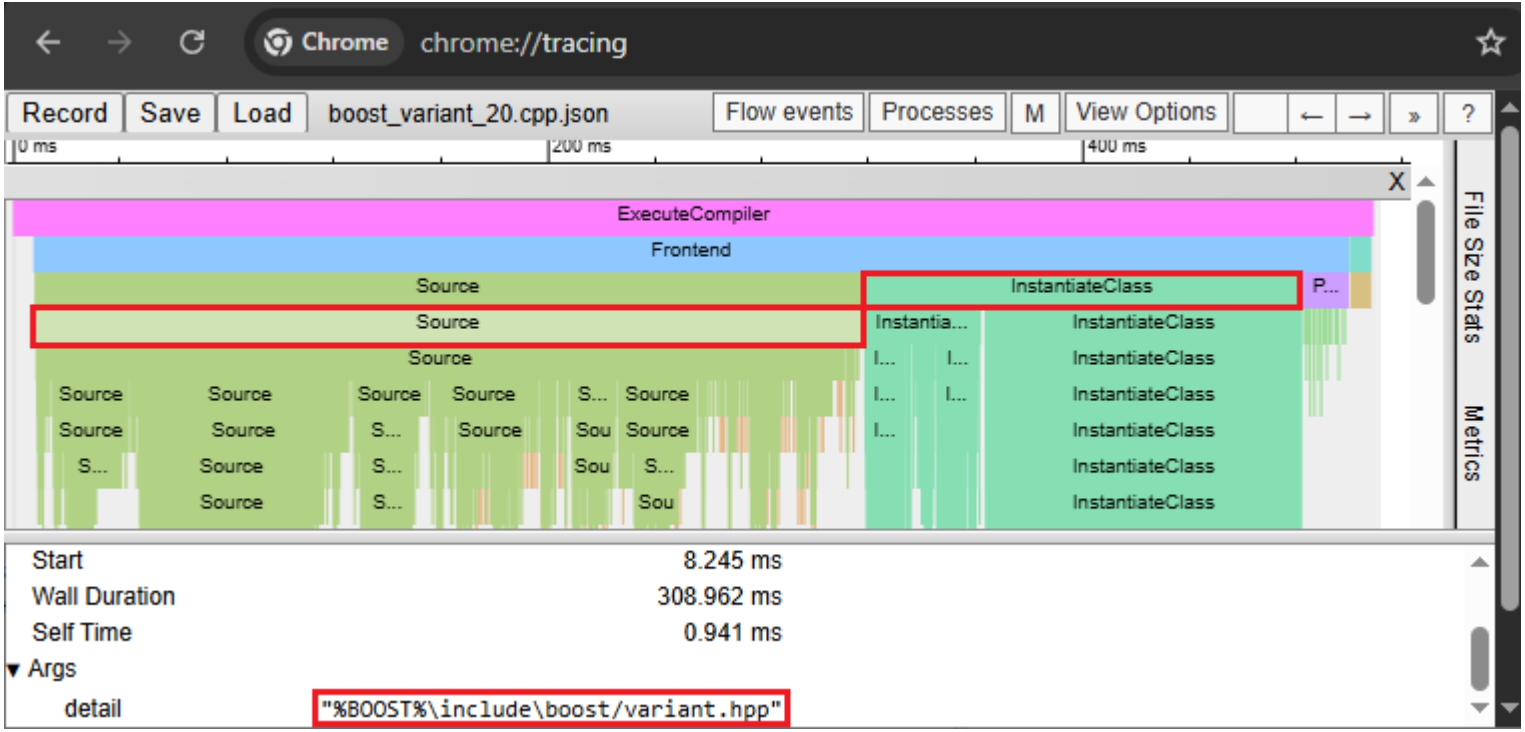
Архитектор ядра редакторов «МойОфис»

Компания «Новые облачные технологии»

Долгая компиляция

Изображение сгенерировано с помощью ИИ

Clang -ftime-trace



https://aras-p.info/blog/2019/01/16/time-trace-timeline-flame-chart-profiler-for-Clang/

Зачем нужен variant

```
struct HueTransform;
struct InverseTransform;
…

using ColorTransform = boost::variant<
    HueTransform hueTransform,
    InverseTransform inverseTransform,
    …
>;

std::vector<ColorTransform> transform;
```

- 28 типов трансформаций цветов
- Любое количество
- Любой порядок

- В массиве только один тип

- Тип-сумма

Альтернативы

- union
  - Не поддерживает типы с конструкторами и деструкторами
  - Можно хранить указатели
    - Нужно выделять и освобождать динамическую память
    - Нужно отдельно хранить тип текущего значения
- Иерархия объектов
  - Нужно выделять динамическую память
  - Нет общего базового типа

Основные реализации

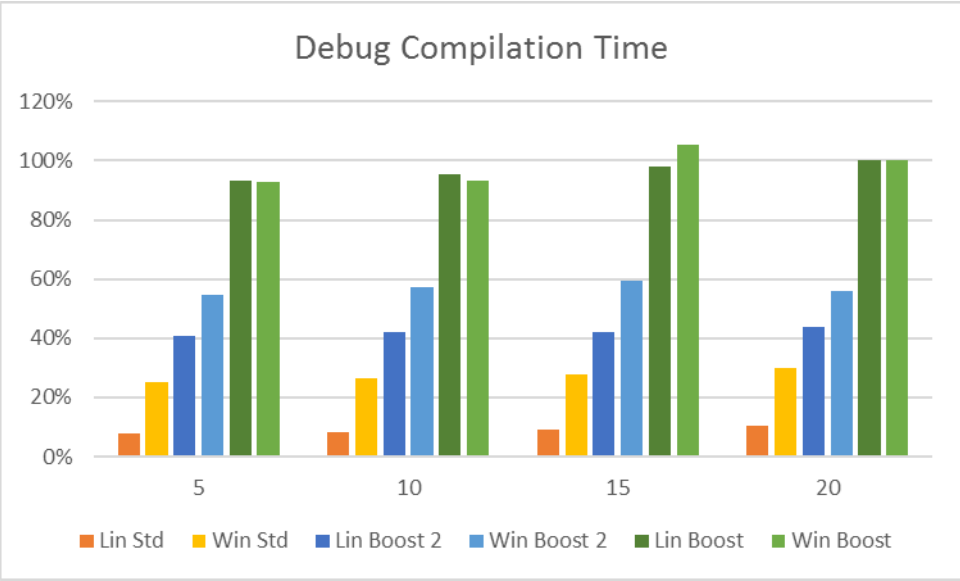
Реализация	Стандарт C++
Boost.Variant	C++11 (C++98 до версии 1.83 включительно)
Std.Variant	C++17
Boost.Variant 2	C++11

Измерение времени компиляции

- Clang 22.1.3
- Boost 1.83
- STL
  - VS 2022 (Windows)
  - libstdc++ 13.3 (Linux)

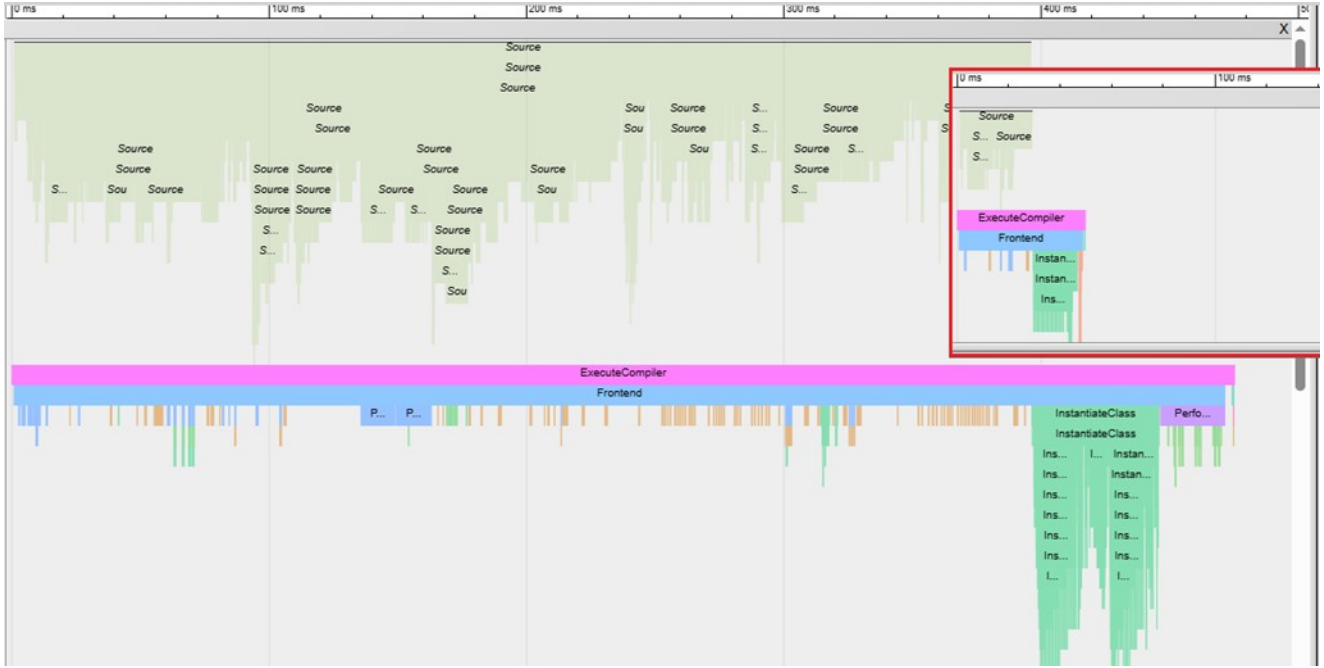
```
template <size_t N>
class A {
    double val;
};

struct VariantN20 :
        boost::variant<A<0>, A<1>, ..., A<19>>
{
};
```

Время компиляции в Debug

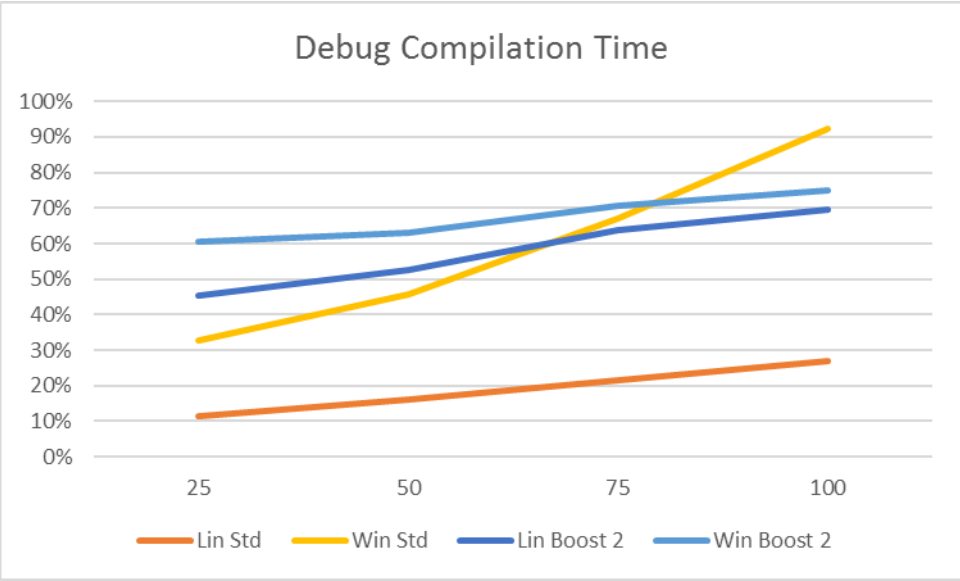


- boost::variant<… 20 …> - 100%
- Лидер
  Std.Variant
- Аутсайдер
  Boost.Variant
- STL
  Linux лучше Windows

Лидер vs аутсайдер



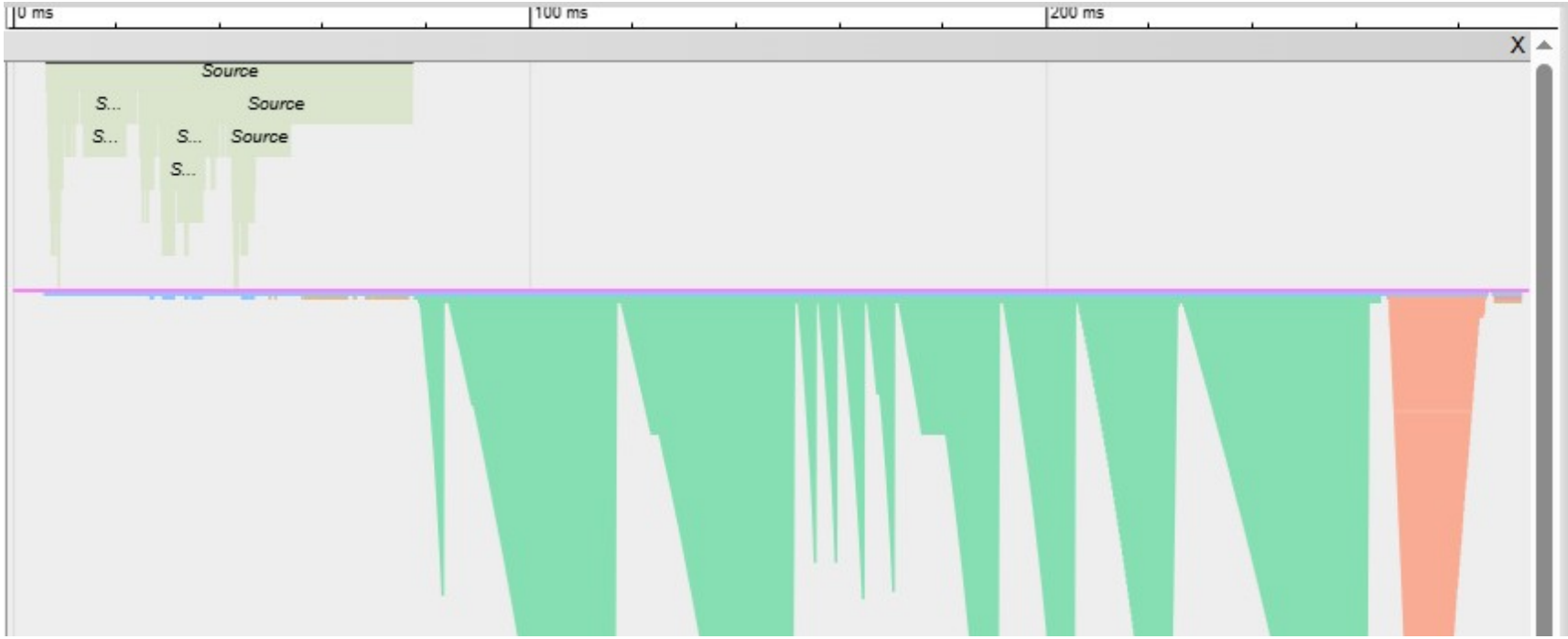
Время компиляции больших вариантов



- Файловые операции - фиксированы
- Время компиляции растёт

- Лидер роста
  Std.Variant (Windows)

Std.Variant (VS 2022)



Компиляция: выводы

- Версия компилятора
- Скорость дисковой подсистемы
- Для Std.Variant - реализация STL

Призовые места в номинации «время компиляции»:

1. `Std.Variant`
2. `Boost.Variant 2`
3. `Boost.Variant`

Перспективный вариант

`Boost.Variant 2`

Изображение сгенерировано с помощью ИИ

Как реализованы?

```
template<class... VariantType>
class Variant {
    int currentTypeIndex;
    std::uint8_t value[Size];
};
```

value[Size] - достаточно места для любого типа
currentType - индекс типа текущего значения

Контракт

- Всегда содержит значение одного из типов

  `Type X | Type Y | Type Z | …`

- По умолчанию создаётся со значением первого в списке типа

  Может не быть конструктора по умолчанию

- Если нужно представить вариант без значения – отдельный тип

```
   Boost.Variant   –   boost::blank
     Std.Variant   –   std::monostate
Boost.Variant 2    –   boost::variant2::monostate
```

В чём отличие?

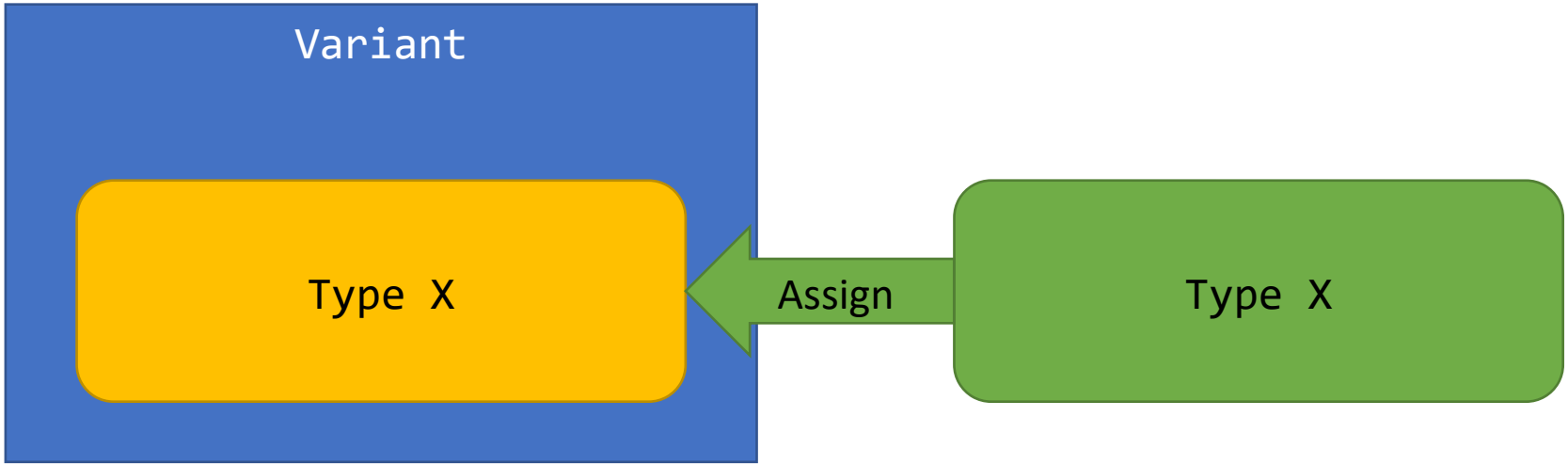
Порядок операций при изменении значения на новое

1. Разрушаем старое значение
2. Создаём новое значение

Что делать, если при создании выброшено исключение?

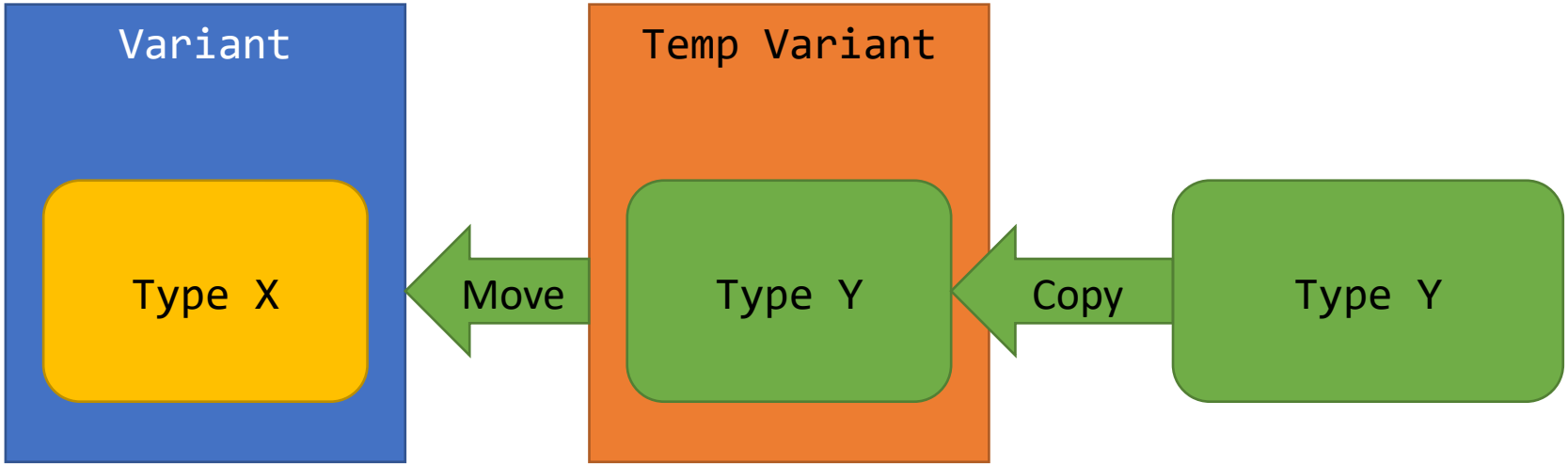
Boost.Variant – стратегии
Родное присваивание

- Присваиваем тот же тип
  Присваиваем текущему значению



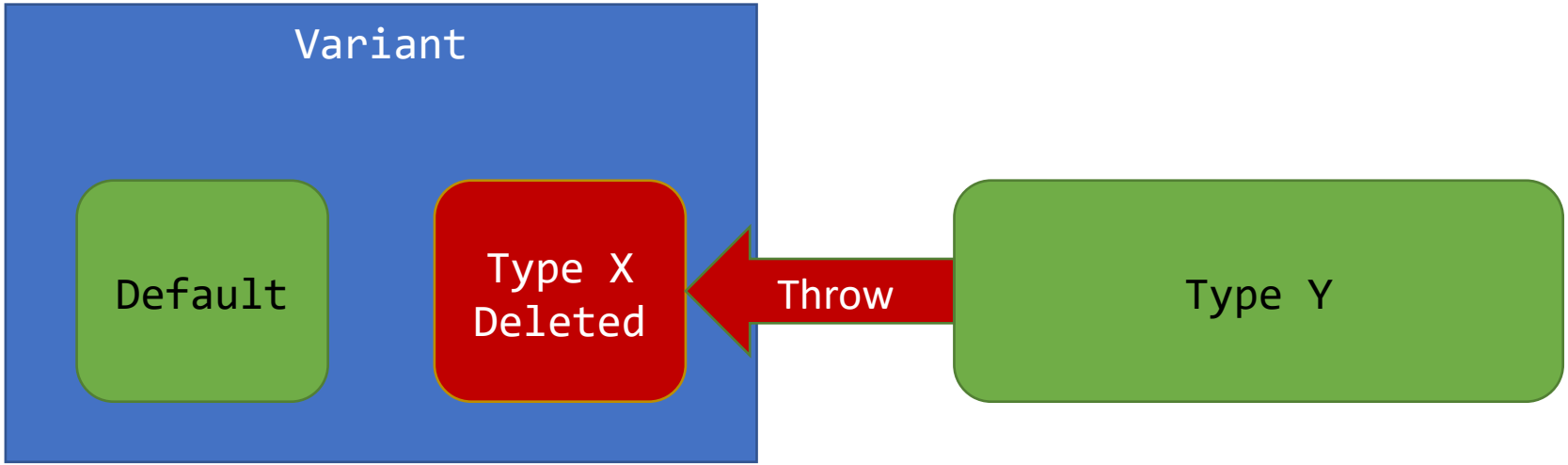
Boost.Variant – стратегии
Перемещение

- У целевого типа конструктор перемещения `noexcept`
  Создаём временный вариант и перемещаем его



Boost.Variant – стратегии
Объект по умолчанию

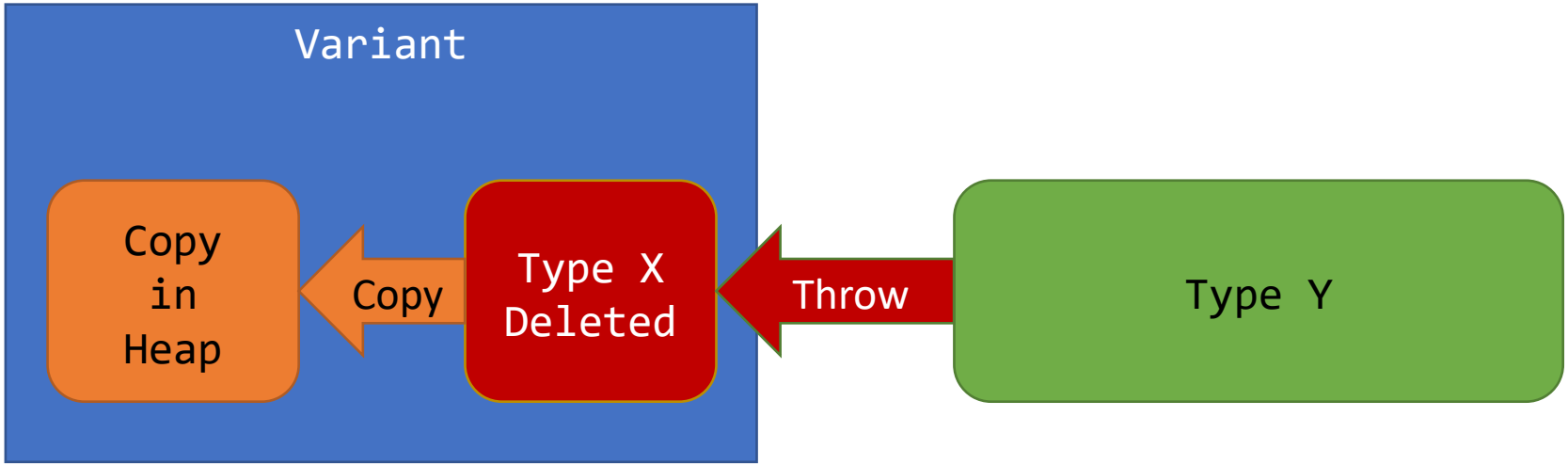
- Есть тип с конструктором по умолчанию `noexcept`?
  При исключении создаём объект этого типа



Boost.Variant – стратегии
Копия в куче

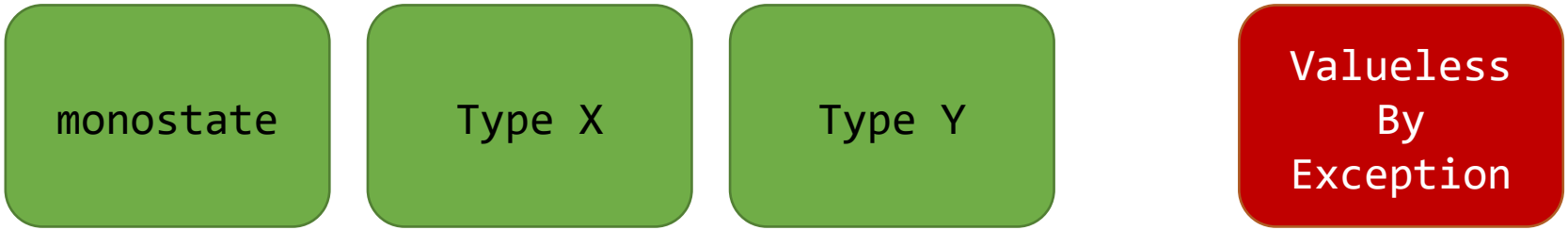
- В крайнем случае

  Перед присваиванием копируем текущее значение в кучу



Std.Variant

- Нельзя выделять память в куче
- Нельзя задействовать памяти больше необходимого
- Исключения при перемещении бывают редко

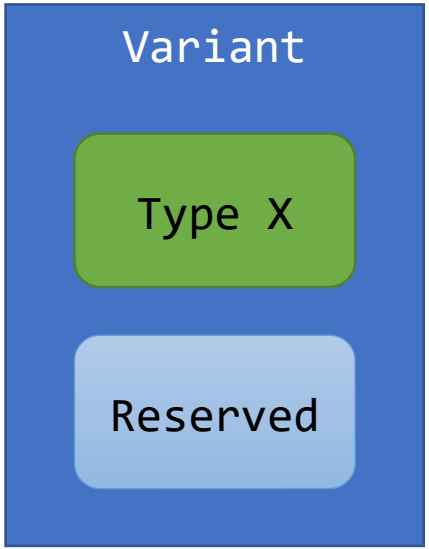


- “Valuesless by exception” - допустимое состояние

Boost.Variant 2

- “Valuesless by exception” – плохо
- Хотим “A never valueless variant type”
- Не хотим выделять память в куче

- Двойное хранилище (но только когда надо!)
- Строгая гарантия обработки исключений



Измерения производительности

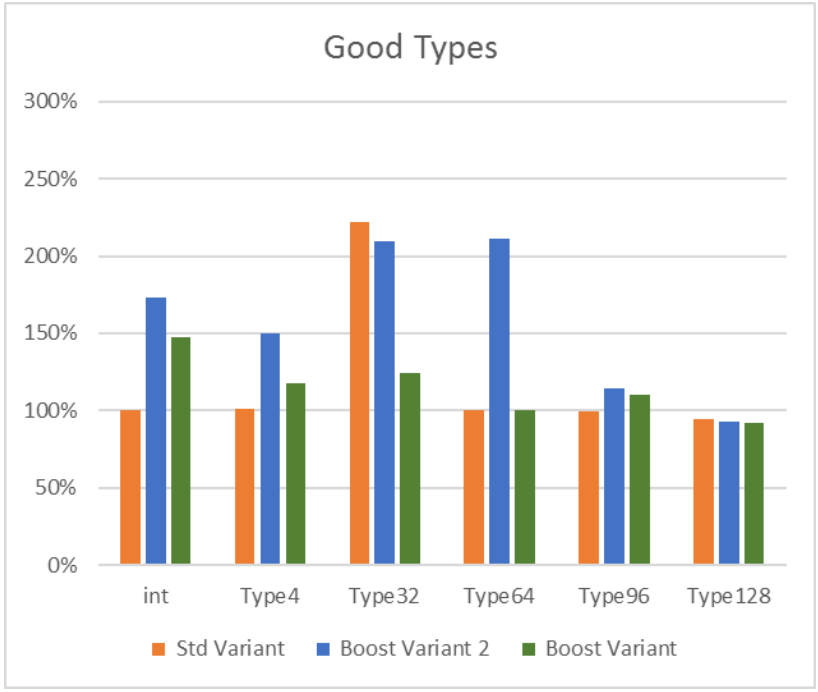
Изображение сгенерировано с помощью ИИ

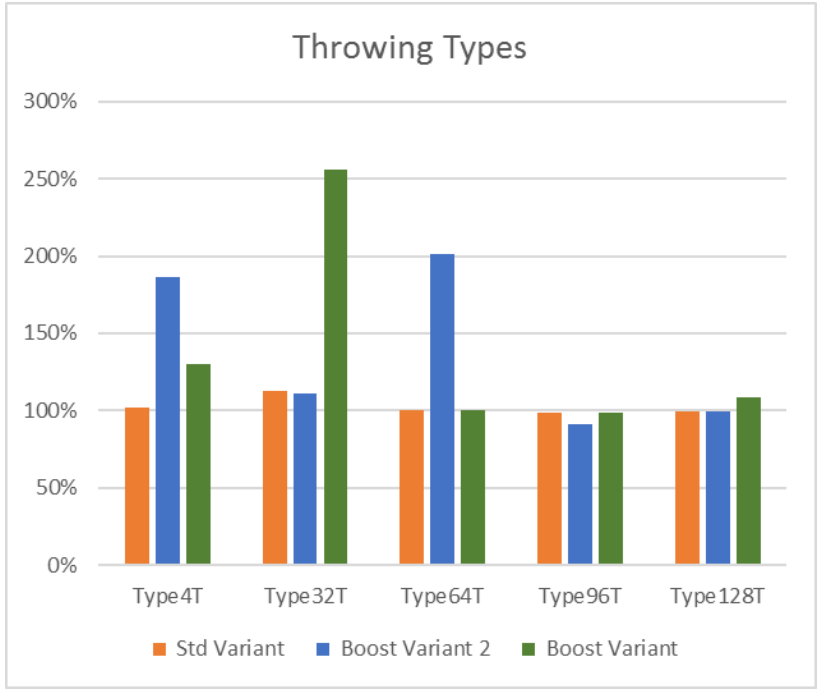
Подопытные варианты

- Вариант с «хорошими» типами
  - Boost.Variant использует стратегию перемещения
  - Boost.Variant 2 использует одинарное хранилище
- Вариант с «плохими» типами
  - Boost.Variant использует стратегию копии в куче
  - Boost.Variant 2 использует двойное хранилище

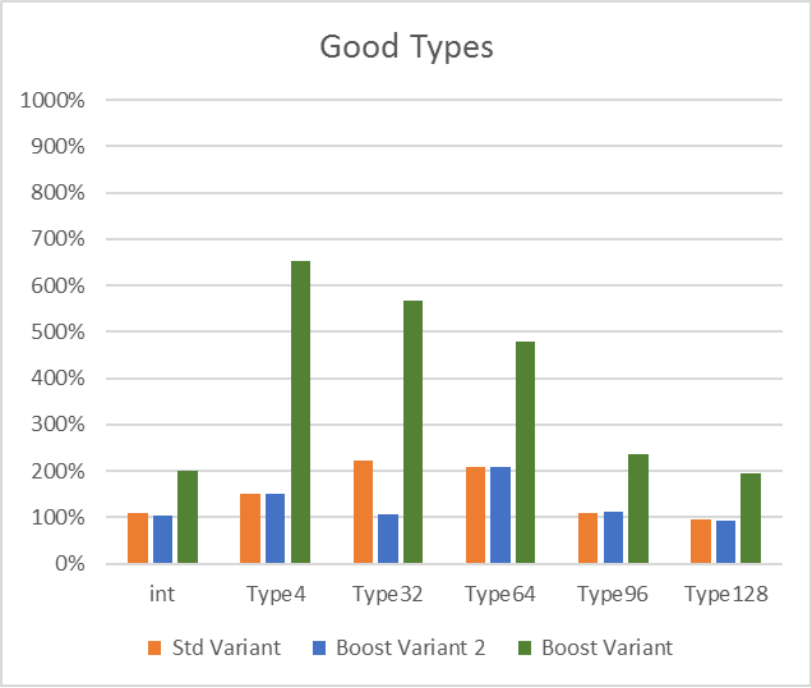
  - Поведение Std.Variant всегда одинаково
- Типы разных размеров: 4 байта, 32, 64, 96, 128

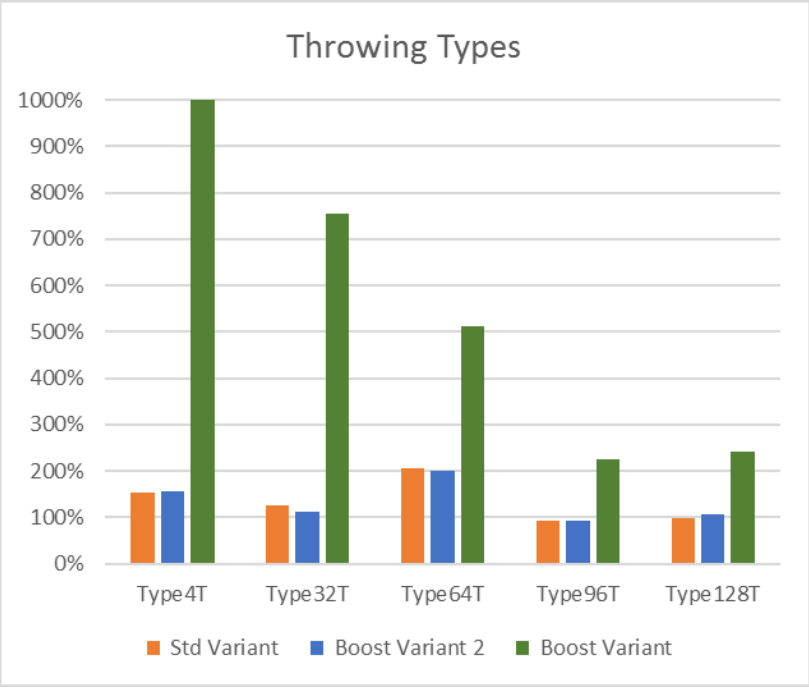
Присваивание значения того же типа





Присваивание значения другого типа





Производительность: выводы

- Std.Variant и Boost.Variant 2 – можно брать любой
- Boost.Variant – если нет других вариантов

Новый вариант

`boost::variant2`

Изображение сгенерировано с помощью ИИ

Проблемный код

```
struct Result {
    Variant<A, B> v;
    AnotherValue* p;
};

Result makeResult();

void test() {
    Result r = makeResult();

    r.p->callMeToCrash(); // и вот здесь всё падает
}
```

Виновник

```
// TestType.h
template <bool>
struct TestType {
    TestType();
    TestType(TestType&&);

    std::int64_t val[4];
};
using BadVariant =
    boost::variant2::variant<
        TestType<true>,
        TestType<false>
    >;
```

```
// TestType.cpp
template <bool X>
TestType<X>::
    TestType(TestType&&) = default;

template class TestType<true>;
template class TestType<false>;

Result makeResult() {
    return Result{TestType<true>{}, …};
}
```

Защита на будущее

```
template <bool UseDoubleStorage, typename BaseVariant>
class VariantImpl : public BaseVariant {

  static_assert(BaseVariant::uses_double_storage() == UseDoubleStorage);

};

template <typename... Alternatives>
using Variant = VariantImpl<false, boost::variant2::variant<Alternaties...>>;

template <typename... Alternatives>
using DoubleStorageVariant = VariantImpl<true, boost::variant2::variant<Alternaties...>>;
```

Рекомендации

1. Стандарт
   - C++17 и новее – Std.Variant или Boost.Variant 2
   - C++11/14 – Boost.Variant 2
   - до C++ 11 – Boost.Variant из Boost 1.83
2. Boost не используется – Std.Variant
3. Строгая гарантия обработки исключений – Boost.Variant 2
4. Быстрая компиляция – Std.Variant и сборка на Linux

! Boost.Variant 2 – расстановка noexcept и (опционально) проверка размера

Благодарности

Помощь в измерениях на Линуксе

- Александр Петров
- Дмитрий Шубин

Q & A

Три с половиной variant'a

Потапов Павел