

Многопоточность

В Geant4, начиная с десятой версии, была реализована поддержка многопоточных приложений в ОС UNIX

Определения

- Процесс – отдельная инстанция исполняемого программного кода, имеющая собственные параметры исполнения, выделенную память и другие системные ресурсы.
- Поток – параллельные «независимые» исполнения внутри процесса. Потоки имеют общую память и системные ресурсы, выделенные на весь процесс в целом.

Пособытийный параллелизм

- Каждое событие может быть рассчитано независимо от других
 - требуется «не слишком много» памяти
 - «не слишком много» вычислений
- Много переменных «статического» типа
 - геометрия
 - физические листы (таблицы сечений, характеристики частиц и т. д.)
 - электромагнитные поля (если есть)

CMake: -DGEANT4_BUILD_MULTITHREADED=ON

Эффективное распределение памяти может значительно оптимизировать скорость вычислений

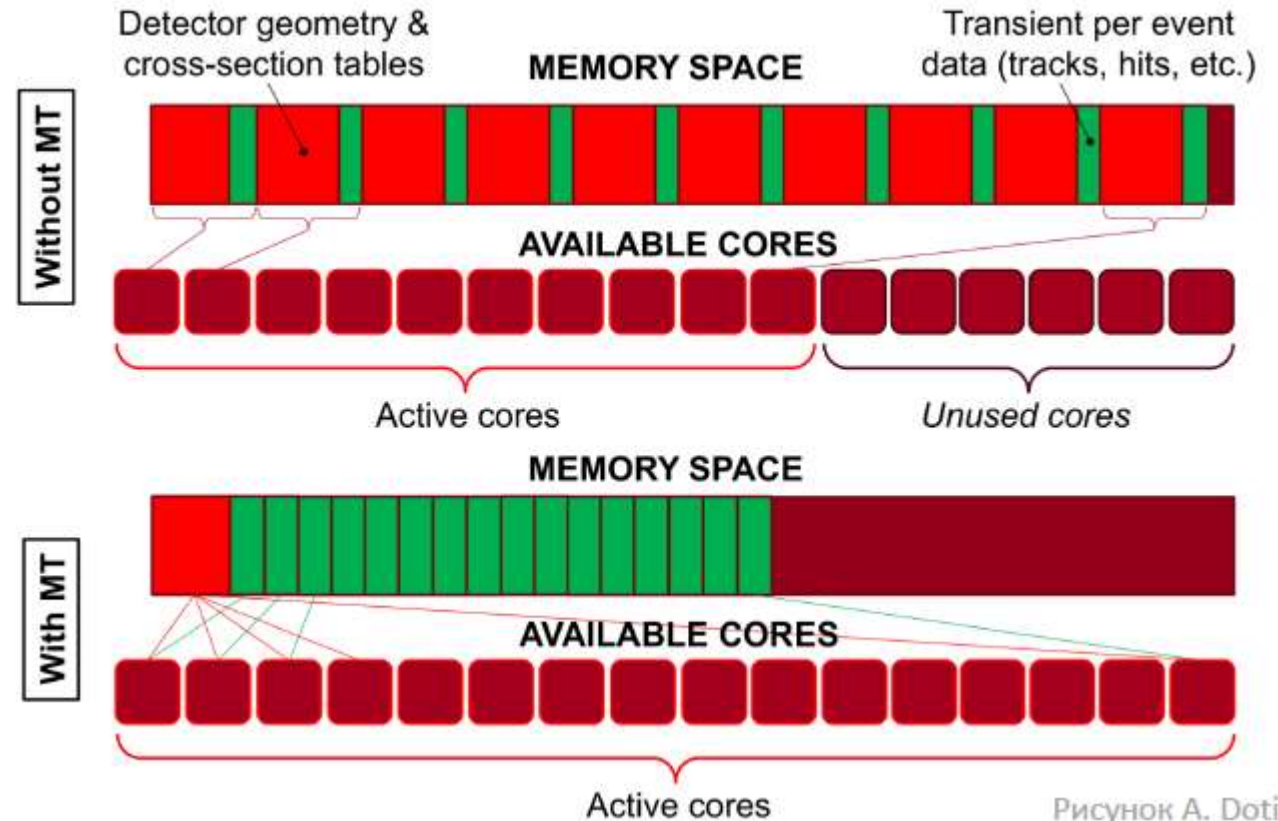


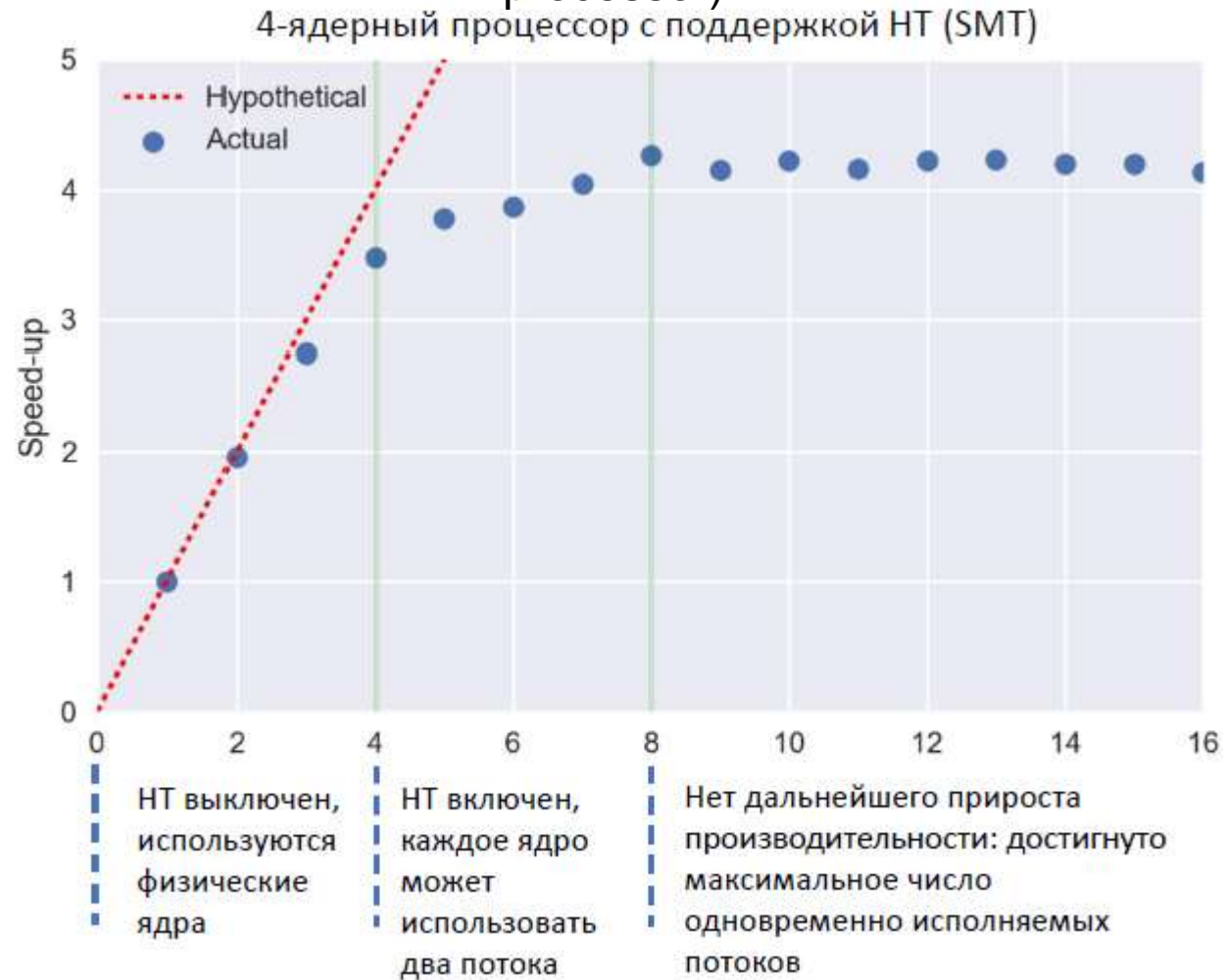
Рисунок А. Doti

Многопоточность

Производительность в многопоточном режиме

Каждое ядро использует два потока

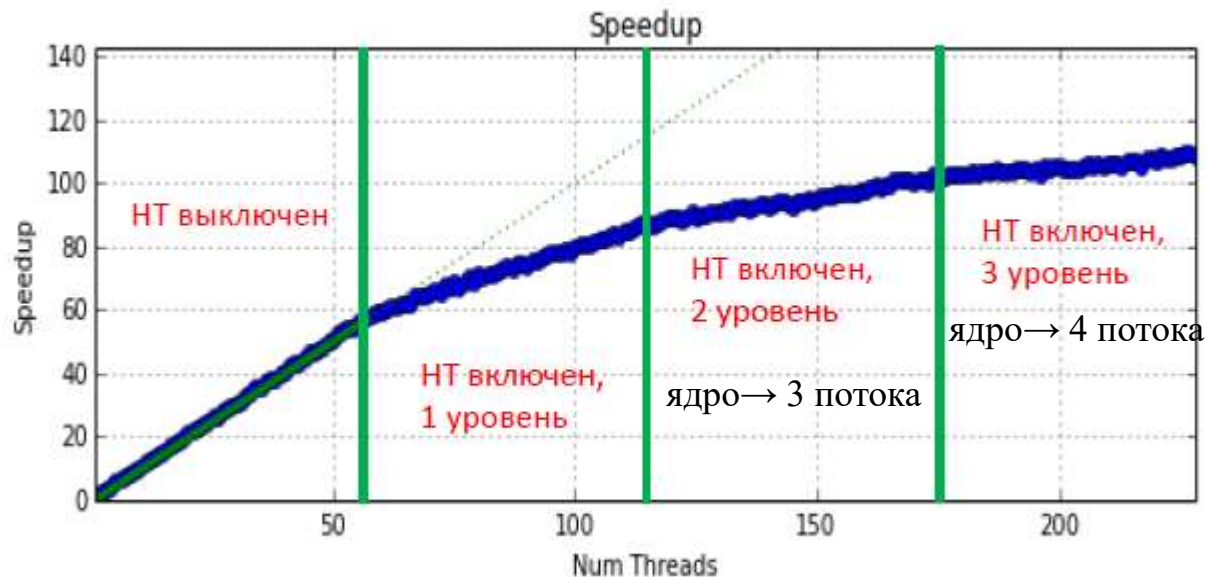
Hyper-Threading Technology (Intel processor)
Simultaneous Threading Technology (AMD processor)



Многопоточность

Производительность в многопоточном режиме

Intel Xeon Phi, 61-ядерный сопроцессор



Преимущества использования многопоточного режима:

- Эффективное использование ресурсов
- Синхронизация внутри процесса

Возможные проблемы при использовании многопоточного режима:

- Сложнее (правильно) писать код
- Сложнее осуществлять отладку кода
- Опасность: dead-lock
- Опасность: неправильное обращение к адресу памяти
- Затраты на синхронизацию потоков

- Параллелизм в Geant4 основан на стандартах POSIX, а именно на библиотеке pthreads. Весь функционал был обернут в специальные имена Geant4.
- Заданная геометрия и физические модели являются общими в памяти объектами, с точки зрения потоков являются данными типа *read-only*
- G4VUserDetectorConstruction, G4VUserPhysicsList и G4UserActionInitialization являются общими классами, остальные классы пользовательских действий – локальные

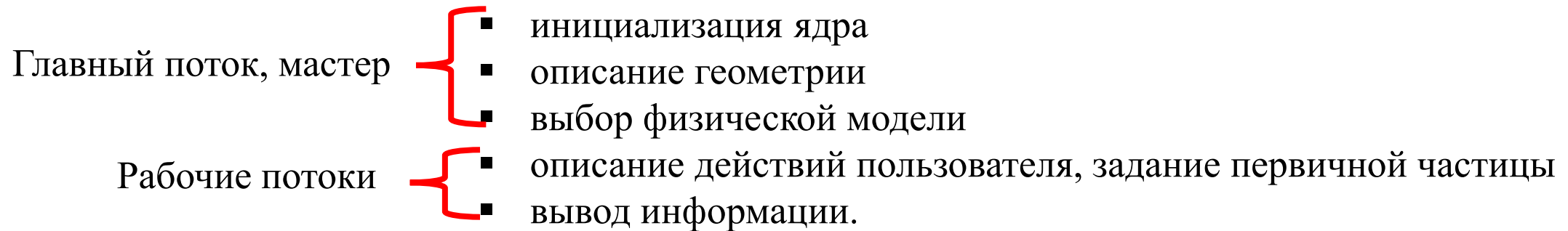
Многопоточность

Работа приложения в однопоточном режиме:

- инициализация ядра;
- описание геометрии;
- выбор физической модели;
- описание действий пользователя, задание первичной частицы, вывод информации.

При запуске каждое событие моделируется последовательно.

Работа приложения в многопоточном режиме:



Рабочие потоки запускаются по команде мастер-потока.

На время существования рабочих потоков мастер-поток переводится в режим ожидания.

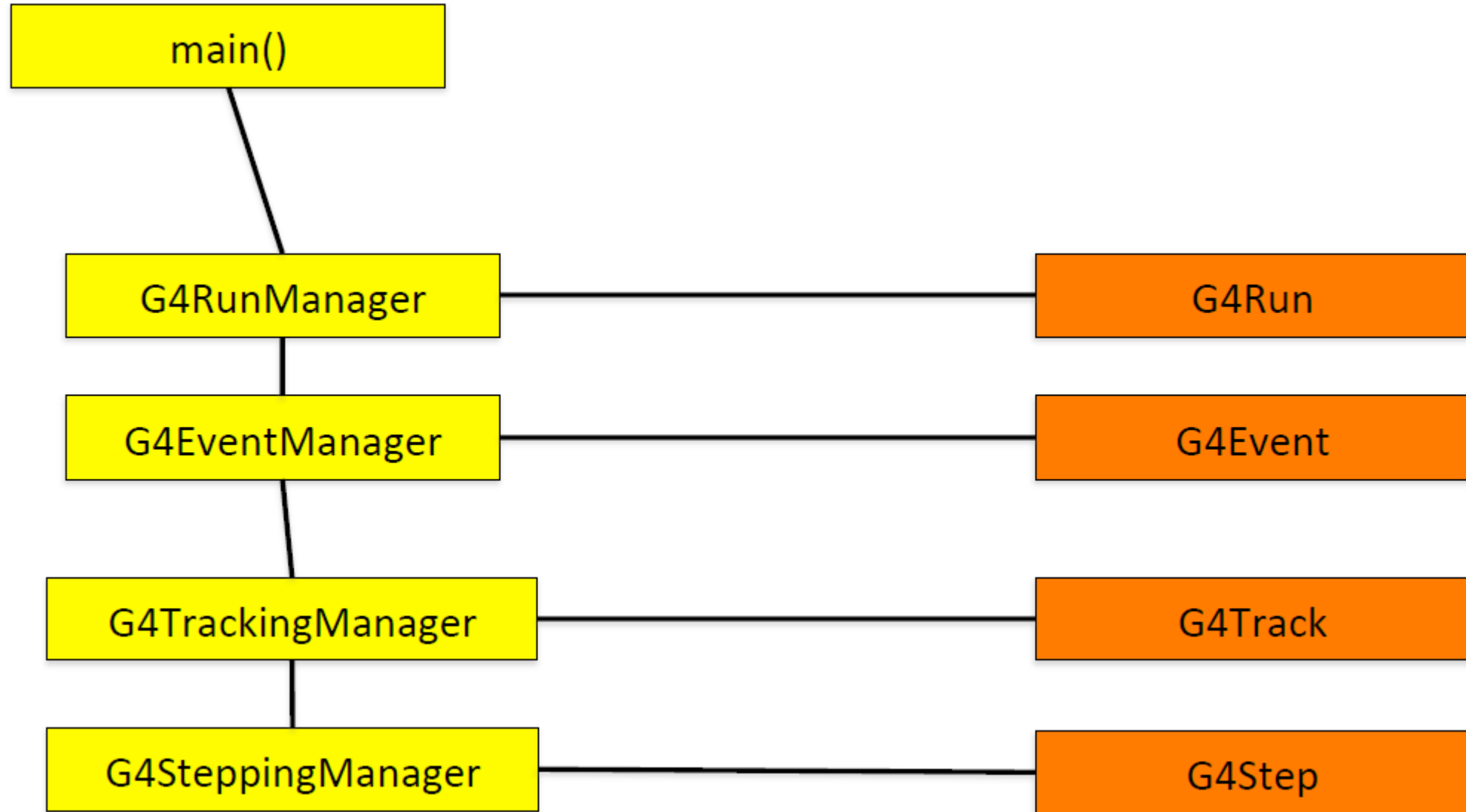
Рабочие потоки выполняются независимо.

По завершении выполнения последнего рабочего потока управление возвращается мастер-потоку.

События моделируются несколькими потоками.

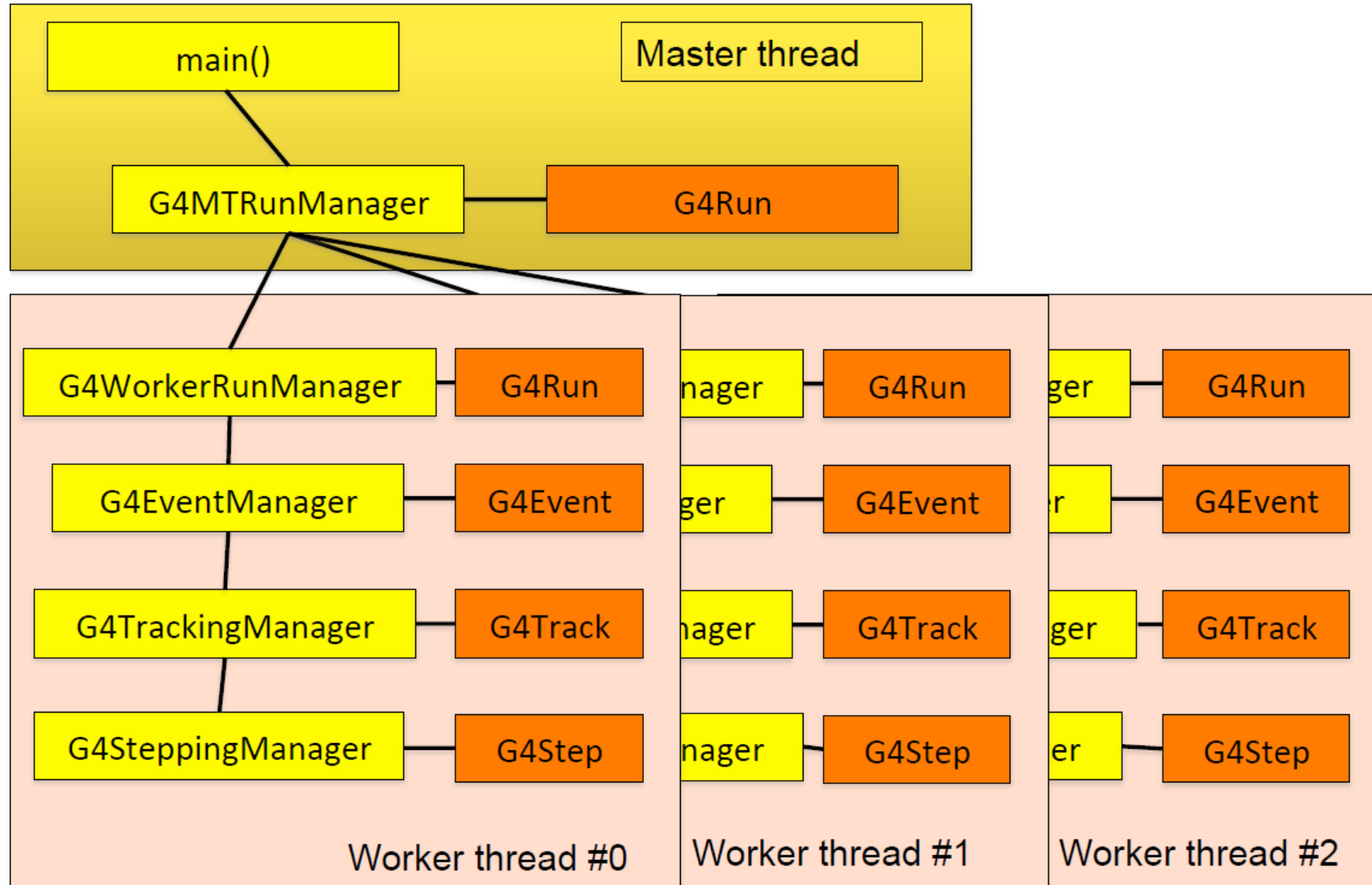
Многопоточность

Однопоточный режим



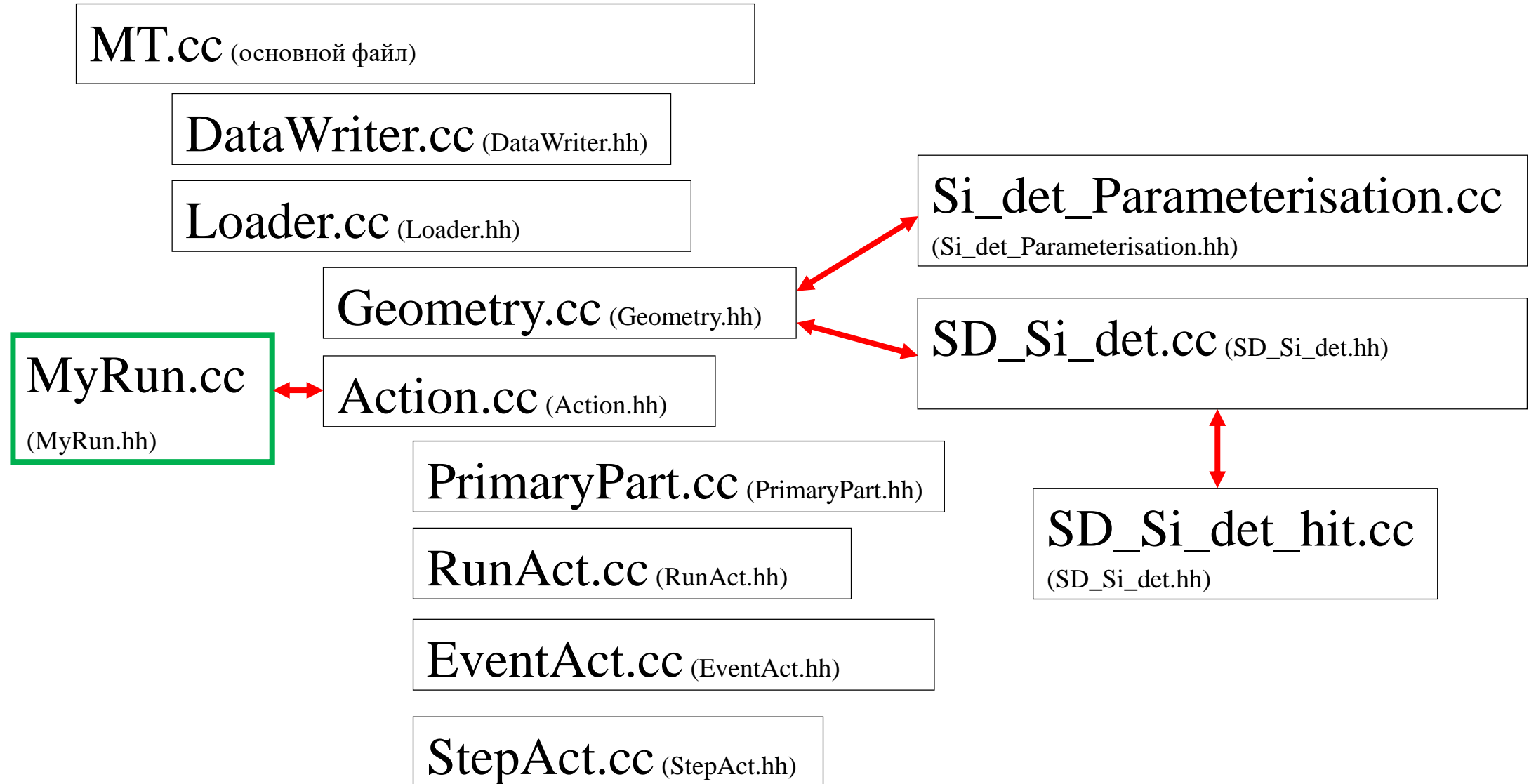
Многопоточность

Многопоточный режим



Многопоточность

проект МТ



МНОГОПОТОЧНОСТЬ

Loader.cc

```
.....
#ifdef G4MULTITHREADED
    runManager = new G4MTRunManager;
    // runManager->SetNumberOfThreads(G4Threading::G4GetNumberOfCores());
    runManager->SetNumberOfThreads(5);
#else
    runManager = new G4RunManager;
#endif
.....
```

Проверка поддержки многопоточности

Инициализация менеджера управления

Число доступных ядер системы

Задание числа процессов (по умолчанию равно 2)

Геометрия, чисто виртуальный метод

Если в геометрии присутствуют чувствительные объёмы, то для каждого рабочего потока необходимо создать свой объект класса чувствительных объёмов в методе `ConstructSDandField()` класса `G4VUserDetectorConstruction`

Public Member Functions

	<code>G4VUserDetectorConstruction ()</code>
virtual	<code>~G4VUserDetectorConstruction ()</code>
virtual <code>G4VPhysicalVolume *</code>	<code>Construct ()=0</code>
virtual void	<code>ConstructSDandField ()</code>
virtual void	<code>CloneSD ()</code>
virtual void	<code>CloneF ()</code>
	<code>void RegisterParallelWorld (G4VUserParallelWorld *)</code>
<code>G4int</code>	<code>ConstructParallelGeometries ()</code>
	<code>void ConstructParallelSD ()</code>
<code>G4int</code>	<code>GetNumberOfParallelWorld () const</code>
<code>G4VUserParallelWorld *</code>	<code>GetParallelWorld (G4int i) const</code>


```
G4VPhysicalVolume* Geometry::Construct()
{
.....
}
```

```
void Geometry::ConstructSDandField()
{
  G4SDManager* sdman = G4SDManager::GetSDMpointer();
  SD_Si_det* sensitive_Si_det = new SD_Si_det("/mySi_det",filename);
  sdman->AddNewDetector(sensitive_Si_det);
  SetSensitiveDetector(this->Si_det_log,sensitive_Si_det);
}
```

Public Member Functions

	G4VUserActionInitialization ()
virtual	~G4VUserActionInitialization ()
virtual void	Build () const =0
virtual void	BuildForMaster () const
virtual G4VSteppingVerbose *	InitializeSteppingVerbose () const

*Класс действий
запуска (Run) для
мастер-потока*

```
void Action::Build() const
{
  SetUserAction(new PrimaryPart(*this->f_act));
  SetUserAction(new RunAct(*this->f_act));
  SetUserAction(new StepAct(*this->f_act));
  SetUserAction(new EventAct(*this->f_act));
}
void Action::BuildForMaster() const
{
  SetUserAction(new RunAct(*this->f_act));
}
```

Action.hh

```
class Action: public G4VUserActionInitialization
{
public:
  std::ofstream *f_act;
  Action(std::ofstream&);
  ~Action();
  virtual void Build() const;
  virtual void BuildForMaster() const;
};
```

МНОГОПОТОЧНОСТЬ

Суммируется энерговыделение всех событий

RunAct.hh

```
class RunAct : public G4UserRunAction
{
public:
    RunAct(std::ofstream& ofsa);
    ~RunAct();
    std::ofstream *f_act;
    G4Run* GenerateRun() override;
    void Add_totalE(G4double e);
    void BeginOfRunAction(const G4Run*);
    void EndOfRunAction(const G4Run*);
    MyRun* fMyRun;
    static void AddE_total(G4double dE);
};
```

Статический метод суммирования энергии каждого события в общую переменную класса RunAct

RunAct.cc

```
void RunAct::AddE_total(G4double edep)
{ TotalEsum+=edep; }
```

RunAct.cc

```
.....
G4double TotalEsum=0.;
G4Run* RunAct::GenerateRun()
{
    fMyRun = new MyRun();
    return fMyRun;
}
.....
```

Инициализация объекта класса запуска для локального потока – наследника G4Run

Метод суммирования энергии каждого события в рабочем потоке

RunAct.cc

```
void RunAct::Add_totalE(G4double e)
{ fMyRun->Add_totalE(e); }
```

Объявление объекта класса запуска для локального потока-наследника G4Run как члена класса пользователя RunAct

1. Суммирование в общую переменную класса RunAct TotalEsum.

2. Суммирование в локальные переменные Total_dE каждого рабочего потока.

МНОГОПОТОЧНОСТЬ

MyRun.hh

```
class MyRun : public G4Run
{
public:
    MyRun();
    ~MyRun() override;
    void Add_totalE(G4double e);
    G4double Get_totalE();
    void Merge(const G4Run*) override;
private:
    G4double Total_dE;
};
```

← Метод суммирования энергии каждого события в рабочем потоке

← Метод объединения результатов выполнения рабочих потоков.
Вызывается после завершения последнего рабочего потока.

MyRun.cc

Метод суммирования энергии
каждого события в рабочем потоке

→ void MyRun::Add_totalE(G4double e)

{ Total_dE+=e; }

G4double MyRun::Get_totalE()

{ return Total_dE; }

Метод объединения результатов
выполнения рабочих потоков.
Вызывается после завершения последнего
рабочего потока.

→ void MyRun::Merge(const G4Run* aRun)

{

const MyRun* localRun = static_cast<const MyRun*>(aRun);

Total_dE += localRun->Total_dE;

G4Run::Merge(aRun);

}

Доступ к объекту класса запуска
G4Run для текущего рабочего потока

Объединение результатов выполнения рабочих потоков для переменной Total_dE

```
namespace { G4Mutex EventMutex = G4MUTEX_INITIALIZER; }
G4double Esum=0.;
.....
void EventAct::AddE(G4double edep)
{ Esum+=edep; }
.....
void EventAct::EndOfEventAction(const G4Event *EVE)
{
  G4AutoLock lock(EventMutex);
  MyRun* currentRun = static_cast<MyRun*>(G4RunManager::GetRunManager()->GetNonConstCurrentRun());
  currentRun->Add_totalE(Esum);
  int thr=G4Threading::G4GetThreadId();
  RunAct::AddE_total(Esum);
  .....
}
```

Описание мьютекса

Суммирование энергии на каждом шаге для текущего события в рабочем потоке.

Статический метод вызывается на каждом шаге из класса StepAct.

Мьютекс - семафор

Доступ к менеджеру текущего рабочего потока

Суммирование энергии каждого события в рабочем потоке

Идентификатор текущего рабочего потока

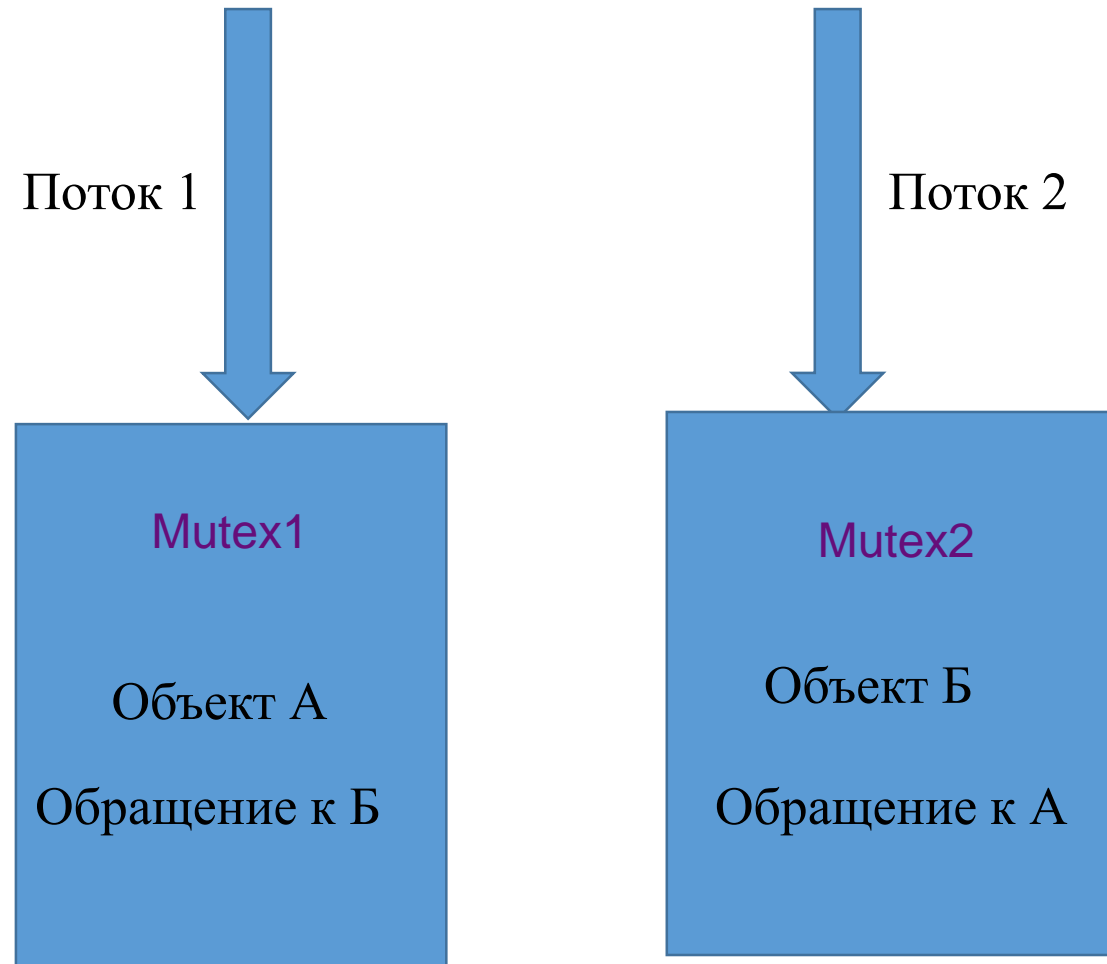
Суммирование энергии каждого события в общую переменную класса RunAct

Задача мьютекса — защита объекта от доступа к нему других потоков, отличных от того, который завладел мьютексом.

В каждый конкретный момент только один поток может владеть объектом, защищённым мьютексом.

Если другому потоку будет нужен доступ к переменной, защищённой мьютексом, то этот поток блокируется до тех пор, пока мьютекс не будет освобождён.

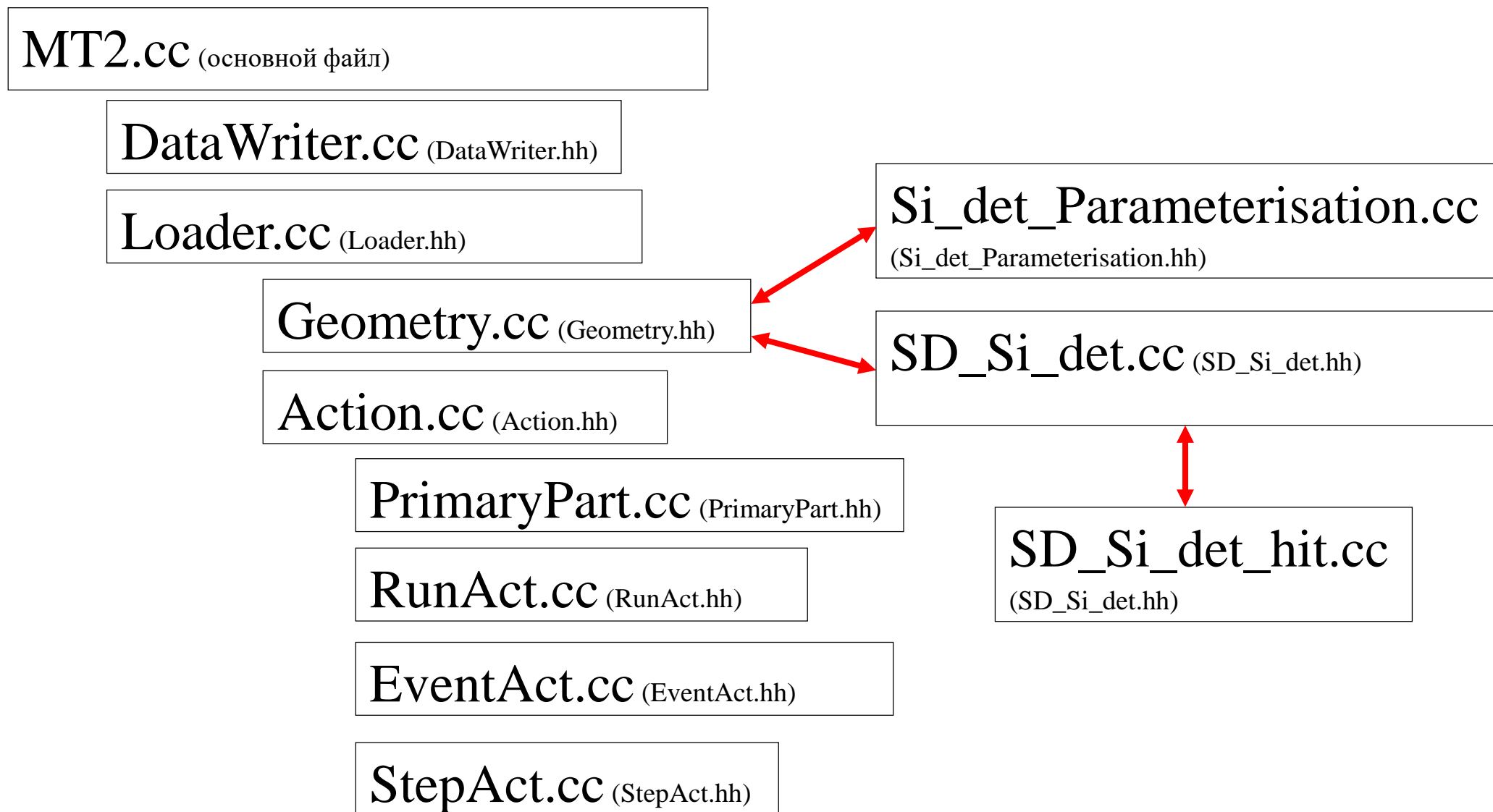
Многопоточность



Множественные мьютексы могут привести к **dead-lock**

МНОГОПОТОЧНОСТЬ

проект MT2



```
class RunAct : public G4UserRunAction
```

```
{
```

```
public:
```

```
    RunAct(std::ofstream& ofsa);
```

```
    ~RunAct();
```

```
    std::ofstream *f_act;
```

```
    void Add_totalE(G4double e);
```

← Метод суммирования энергии каждого события в рабочем потоке

```
    G4double Get_totalE();
```

```
    void BeginOfRunAction(const G4Run*);
```

```
    void EndOfRunAction(const G4Run*);
```

```
    static void AddE_total(G4double dE);
```

← Статический метод суммирования энергии каждого события в общую переменную класса RunAct

```
private:
```

```
    G4Accumulable<G4double> total_dE=0.;
```

```
};
```

↑
Переменная для объединения результатов выполнения рабочих потоков

```
G4Accumulable (T initValue, G4MergeMode mergeMode=G4MergeMode::kAddition)
```

Вид объединения по умолчанию: сложение

```
enum class G4MergeMode
```

```
{kAddition,
```

```
  kMultiplication,
```

```
  kMaximum,
```

```
  kMinimum};
```


МНОГОПОТОЧНОСТЬ

RunAct.cc

```
RunAct::RunAct(std::ofstream& ofsa)
```

```
{
```

```
.....
```

```
G4AccumulableManager* accumulableManager = G4AccumulableManager::Instance();
```

```
accumulableManager->RegisterAccumulable(total_dE);
```

```
}
```

```
.....
```

```
void RunAct::EndOfRunAction(const G4Run* aRun)
```

```
{
```

```
.....
```

```
G4AccumulableManager* accumulableManager = G4AccumulableManager::Instance();
```

```
accumulableManager->Merge();
```

```
.....
```

```
}
```

Доступ к менеджеру объединения результатов

*Регистрация
переменной для
объединения
результатов*

*выполнения рабочих
потоков в менеджере*

*Объединение результатов выполнения
рабочих потоков для переменной total_dE*

Доступ к менеджеру объединения результатов