

Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)

Физтех-школа радиотехники и компьютерных технологий

Кафедра информатики и вычислительной техники

# **Разработка модуля диагностики состояния межпроцессорных линков и контроллеров памяти для микропроцессора Эльбрус-16С**

Студент: Ерхов М.С.

Научный руководитель: Ярапов Д.В.

Москва, 2023 г.

# Введение

## Диагностика, отбраковка и наладка готовых комплексов

- Для диагностики, отбраковки и наладки готовых комплексов на базе микропроцессоров “Эльбрус” используются диагностические тесты СТП (система тестовых и диагностических программ) на языке Bash
- Одними из значимых диагностических тестов являются:
  - тест контроллера памяти
  - тест контроллера межпроцессорного взаимодействия
- Диагностические тесты для обращения к регистрам контроллеров используют системные файлы sicread/sicwrite

# Введение

## Проблемы доступа к регистрам

Ранее был следующий механизм обращения к регистрам:

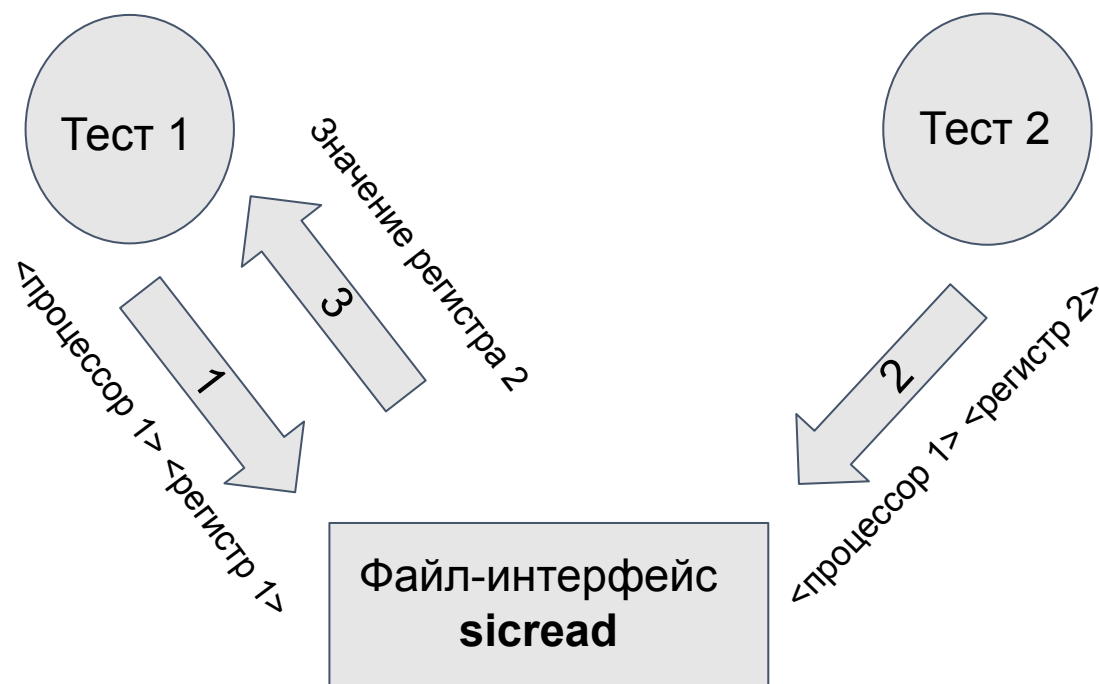
Использовались системные файлы: **sicread** и **sicwrite**

- **sicread** - файл для чтения, принимает команду в виде:  
<номер процессора> <адрес регистра>  
Значение затем читается из этого файла
- **sicwrite** - файл для записи, принимает команду в виде:  
<номер процессора> <адрес регистра> <значение>

**Проблемы:**

- Пользователь имеет возможность изменять регистровое пространство контроллеров
- Некорректные данные ввиду проблемы множественного обращения

Пример ошибки множественного обращения:



# Введение

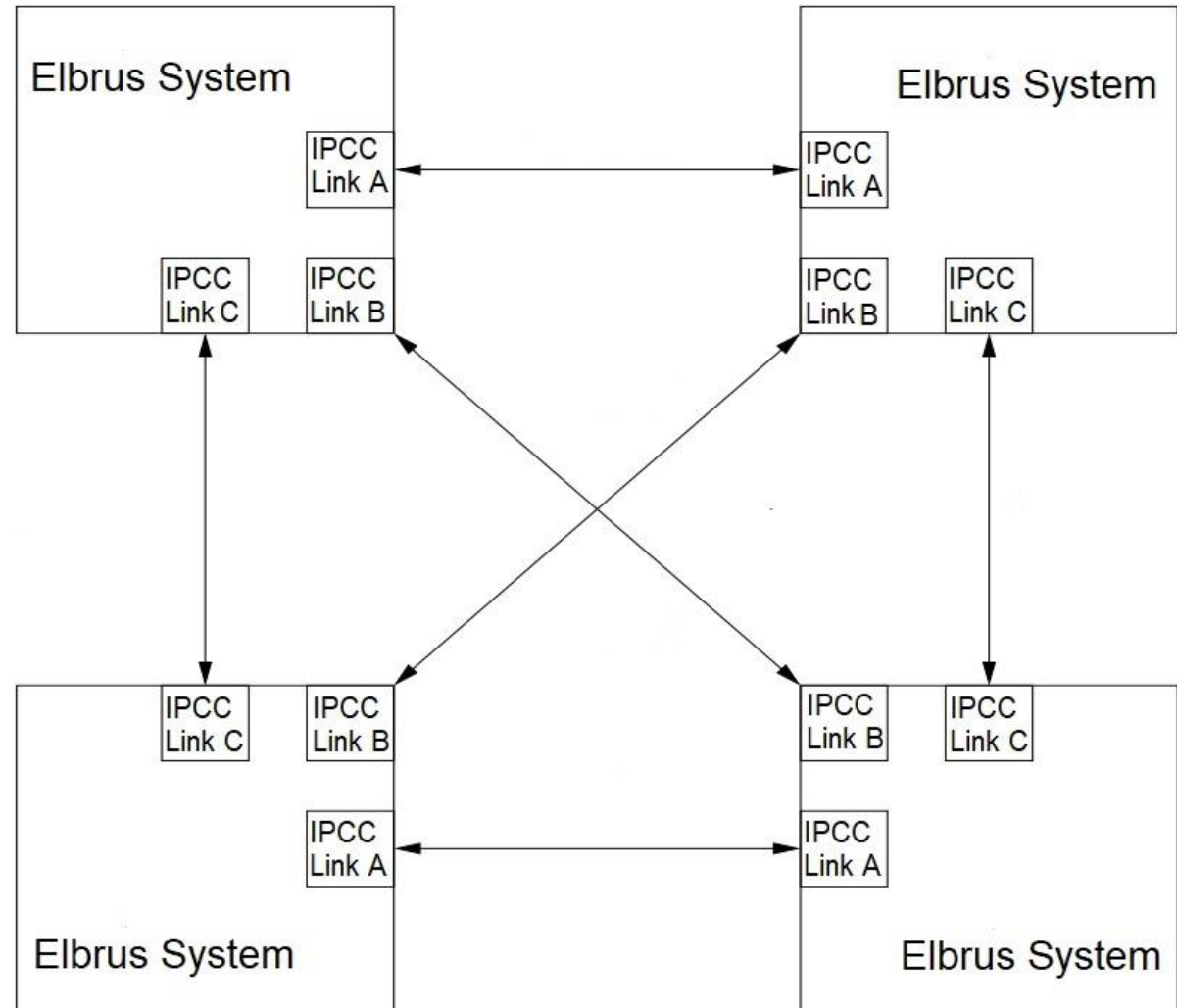
## Недостатки существующих решений

| Что существовало ранее  | Требуется разработать  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>● Доступ к регистрам напрямую из пространства пользователя, что небезопасно</li><li>● Некорректные данные при одновременном обращении к регистрам контроллера</li><li>● Отсутствие стандартизации</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>● Обращение к регистрам из пространства ядра</li><li>● Решить проблему выдачи неверных значений при множественном обращении</li><li>● Единообразию и совместимости</li></ul> |

# Введение

## IPCC (Inter-Processor Communication Controller)

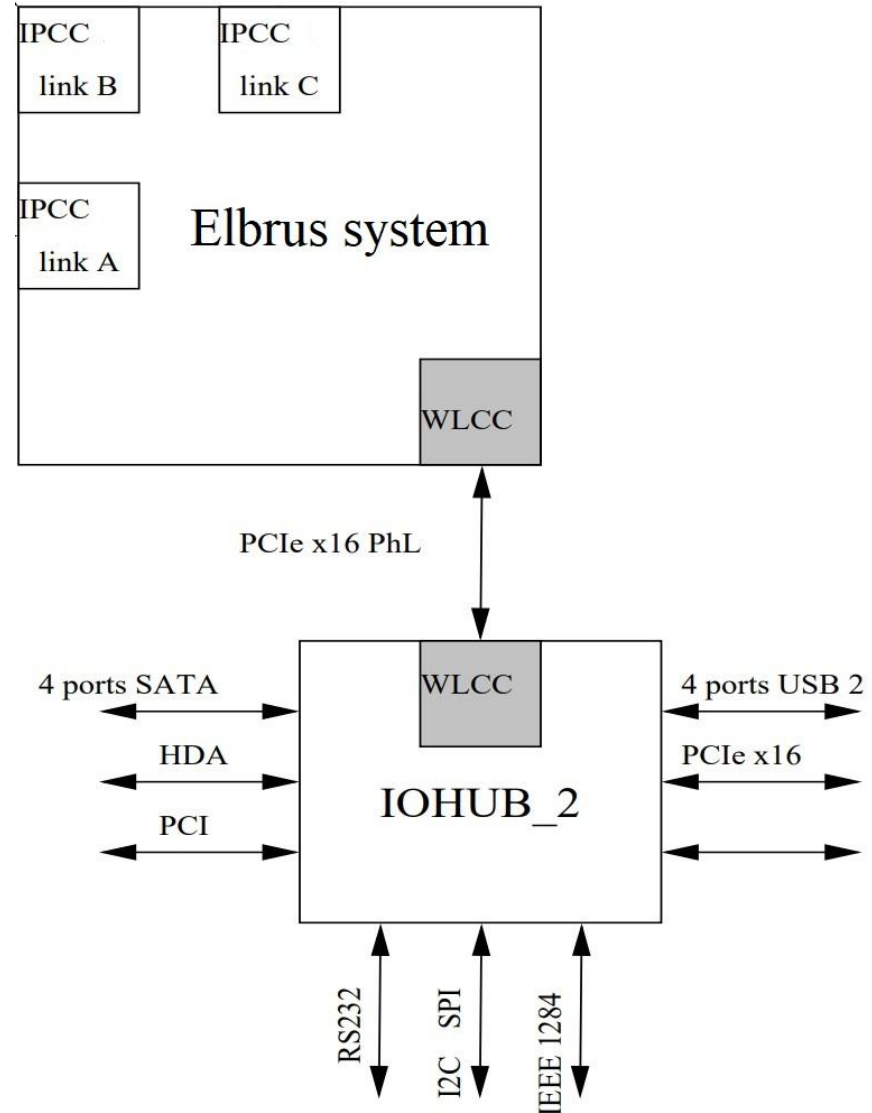
- Контроллер IPCC - контроллер высокоскоростного канала обмена
- Решает задачу обмена данными в многопроцессорной системе
- Для управления линком в системе расположены три 32-битных регистра:
  - IPCC\_CSR (Control/Status Register)
  - IPCC\_PMR (Parameters Register)
  - IPCC\_STR (Statistic Register)



# Введение

## WLCC (Wide IO Link Communication Controller)

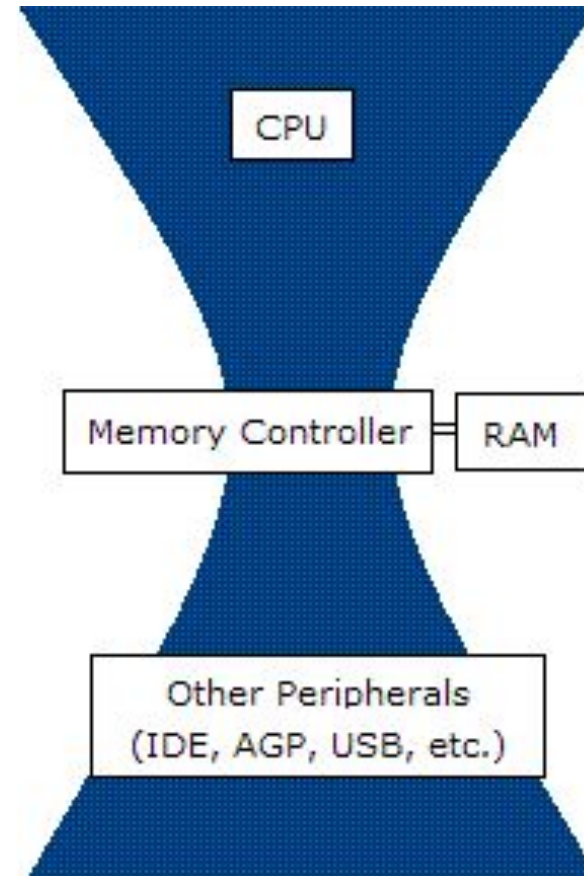
- WLCC – контроллер высокоскоростного канала обмена данными с периферийными устройствами
- Возможность управления шириной (количество связей) линка и его состоянием (вкл - выкл - спящий режим)
- Системная информация о состоянии, скорости и ошибках линков содержится в следующих регистрах:
  - IOL\_PLM\_CTLR (Physical Layer Mode Control)
  - IOL\_PLS (Physical Layer State Control)
  - IOL\_DLL (Data Link Layer)



# Введение

## MC (memory controller)

- Управление потоками данных между вычислительной системой и оперативной памятью
- Управление каналами памяти
- Системная информация считывается из регистров:
  - MC\_MON\_CTL (Monitor Control)
  - MC\_ECC (ECC control)
  - MC\_CTL (Control)
  - MC\_STATUS (Status Register)



# Цель и задачи работы

Разработать ядерный модуль для диагностики состояния межпроцессорных линков, контроллеров памяти и вывода системной информации для семейства микропроцессоров “Эльбрус”

## Задачи:

- 1) Решить проблему небезопасного и некорректного обращения к регистрам
- 2) Разработать файлы-интерфейсы:
  - **mem\_rate** (скорость каналов контроллера памяти)
  - **link\_info** (системная информация с IPCC и WLCC)
  - **mem\_info** (состояния и ошибки каналов памяти)
  - **cpu\_info** (данные о частотах микропроцессора)
  - **config\_pins** (значения конфигурационных пинов)
- 3) Добавить поддержку модуля в диагностических тестах СТДП



## Выполнение

### Некорректный и небезопасный доступ к sic-регистрам

Для осуществления корректного и безопасного доступа было принято перестать использовать системные файлы-интерфейсы: **sicread/sicwrite**

Обращение к регистрам осуществляется из пространства ядра:

- Чтение и запись реализованы через библиотечные ядерные функции:  
**sic\_read\_node\_nbsrg\_reg/sic\_write\_node\_nbsr\_reg**
- Программный код скрыт от пользователя, и он не имеет возможности как-то изменять регистровое пространство
- Не происходит проблемы множественного обращения

# Выполнение

## Файл-интерфейсы mem\_rate и mem\_rate\_measure

Содержит алгоритмы для измерения скорости каналов контроллера памяти

| Тип процессора   | Существовало  | Было разработано  |
|------------------|---|---|
| E8C, E8C2        | Вычисление значения по формуле с помощью полей регистра PWR_MGR1 (0 и 1 канал)  | Добавлено вычисление значения скорости из PWR_MGR2 (3 и 4 канал) и сравнение значений   |
| E12C, E16C, E2C3 | <ul style="list-style-type: none"><li>● Однопоточное измерение частоты каналов памяти в течении 10 секунд для одного микропроцессора в системе</li><li>● Для получения значения нужно каждый раз запускать тест</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>● Добавлено многопоточное измерение частоты за 10 секунд на всех микропроцессорах в системе</li><li>● Добавлен режим с сохранением результата</li><li>● Сохранен также режим однопоточного подсчета</li></ul> |

# Выполнение

## Файл-интерфейс `link_info`

Содержит системную информацию о IPCC, WLCC, КПИ-2:

- пропускная способность
- ширина линка
- соединение
- ошибки и предупреждения
- поддержка мультилинка

| Тип процессора              | Существовало   | Было разработано  |
|-----------------------------|--|---|
| E8C, E8C2, E12C, E16C, E2C3 | 4 теста: <ul style="list-style-type: none"><li>● <code>ipcc_rate</code></li><li>● <code>links_err_read</code></li><li>● <code>links_err_start</code></li><li>● <code>config.print</code></li></ul> | 1) 1 файл-интерфейс, реализующий функционал 4 тестов:<br><b><code>link_info</code></b><br>1) Добавлен вывод и подсчет пропускной способности wlcc, выводится информация о соединении межпроцессорных линков |

## Выполнение

### Файлы-интерфейсы mem\_info, cpu\_info и config\_pins

Также были перенесен функционал из тестов и созданы следующие файлы-интерфейсы:

- mem\_info (состояния каналов и проверки режимов ECC)
- config\_pins (состояния конфигурационных пинов)
- cpu\_info (частоты микропроцессора, наличие управляемого делителя частоты, окно термоконтроля)

## Выполнение

### Поддержка модуля в диагностических тестах

После реализации существующих алгоритмов в виде файлов-интерфейсов было принято решение добавить поддержку ядерного модуля диагностическими тестами СТП:

Дописан основной тест `irtem` для тестирования межпроцессорных линков, каналов памяти — добавлены проверка на наличие модуля в данной сборке ядра и функции для считывания посчитанных значений:

- модуль присутствует - вызываются функции для считывания значений из модуля
- модуль отсутствует - старый механизм обращения к регистрам

## Выполнение

### Разработанные файлы-интерфейсы

Поддерживаемые на данный момент микропроцессоры:  
**e8c, e8c2, e2c3, e12c, e16c**

Файлы-интерфейсы в зависимости от типа процессора:

| E8C   | E8C2  | E2C3  | E12C   | E16C   |
|---|---|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• link_info</li><li>• mem_info</li><li>• mem_rate</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• link_info</li><li>• mem_info</li><li>• mem_rate</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• mem_info</li><li>• mem_rate</li><li>• mem_rate_measure</li><li>• cpu_info</li><li>• config_pins</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• link_info</li><li>• mem_info</li><li>• mem_rate</li><li>• mem_rate_measure</li><li>• config_pins</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• link_info</li><li>• mem_info</li><li>• mem_rate</li><li>• mem_rate_measure</li><li>• config_pins</li></ul> |

# Результаты

1) Решена проблема некорректного и небезопасного обращения к регистрам контроллеров

2) Разработаны файлы-интерфейсы:

- **mem\_rate** (скорость каналов контроллера памяти)
- **link\_info** (системная информация с IPCC и WLCC)
- **mem\_info** (состояния и ошибки каналов памяти)
- **cpu\_info** (данные о частотах микропроцессора)
- **config\_pins** (значения конфигурационных пинов)

3) Добавлена обратная совместимость - поддержка модуля тестами СТДП