

Московский физико-технический институт (государственный университет)
Физтех-школа радиотехники и компьютерных технологий
Кафедра информатики и вычислительной техники

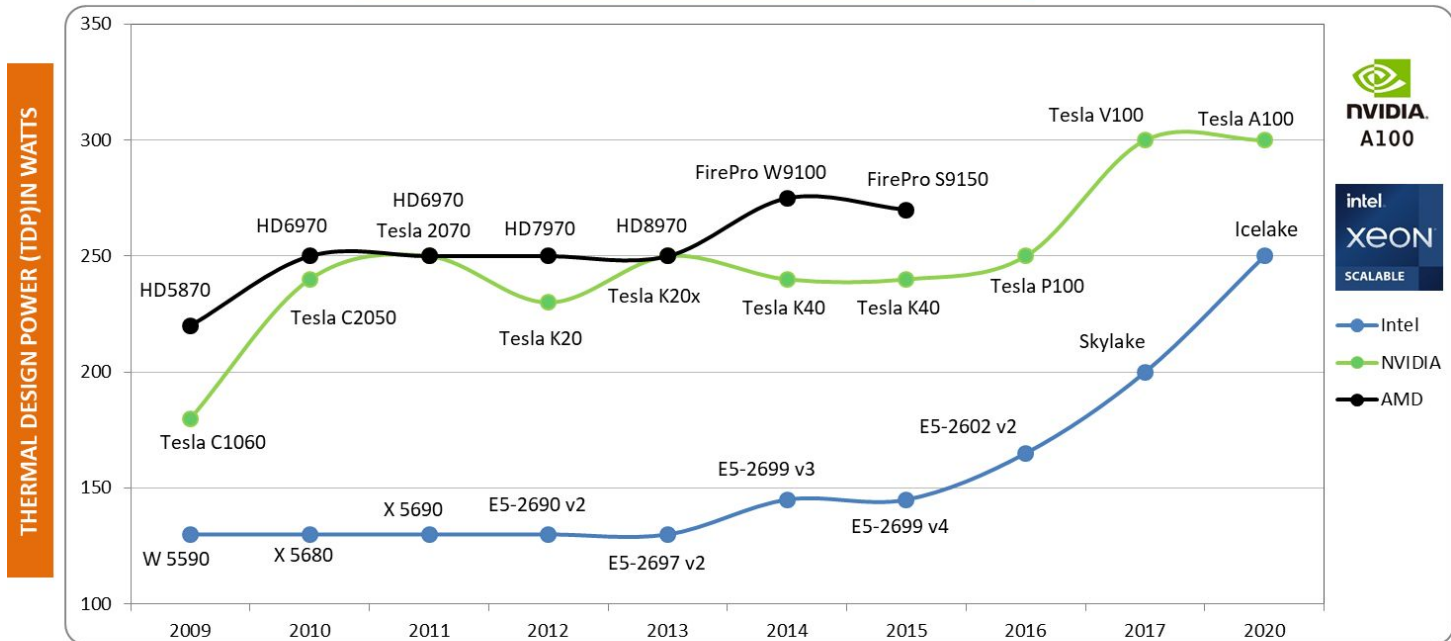
Разработка устройства контроля энергопотребления для микропроцессора Эльбрус-32С

Студент: Егоров Г.Е.
Научный руководитель: Петрыкин Д.А.

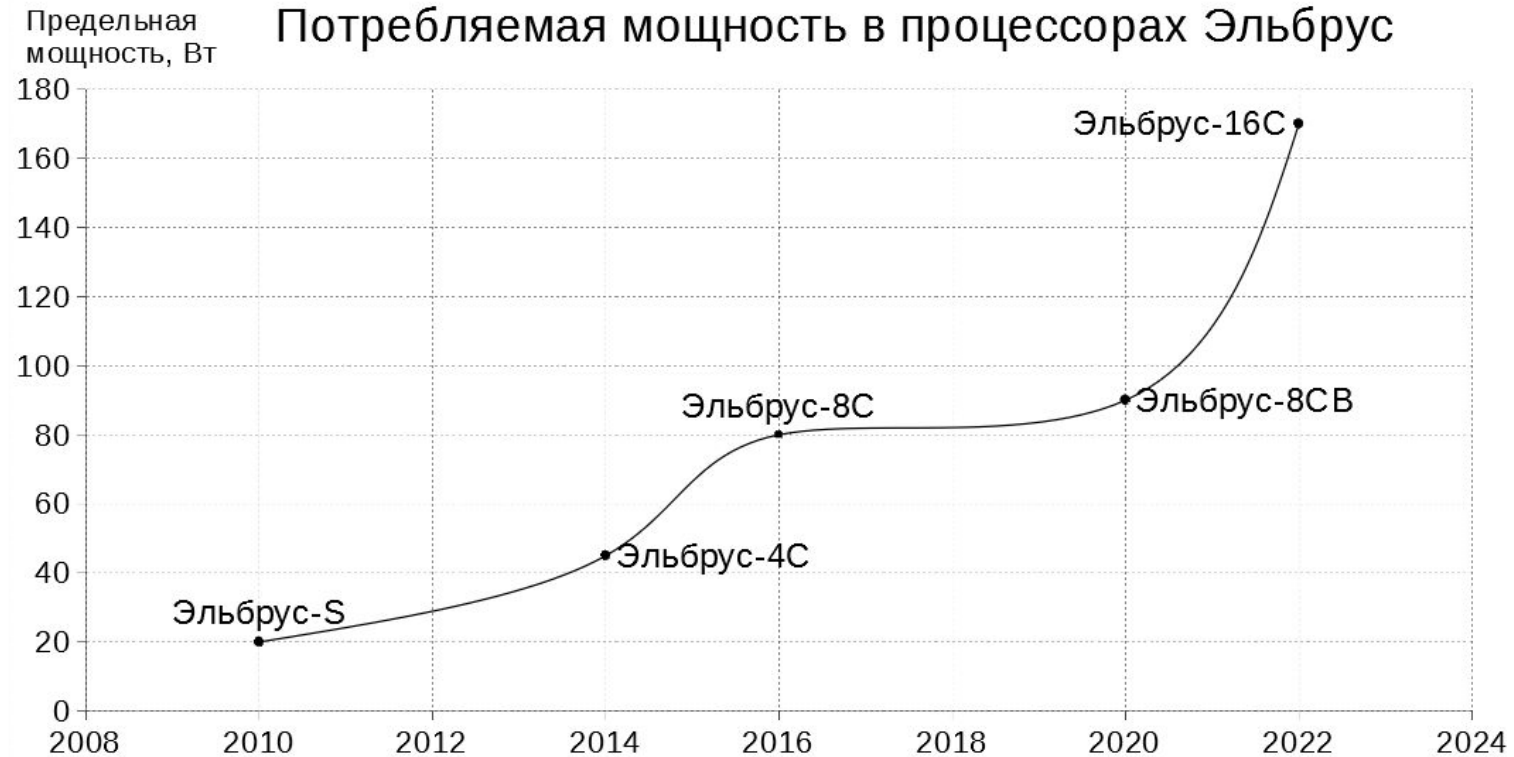
Москва, 2022

Введение

GPU and CPU TDP TREND



Введение



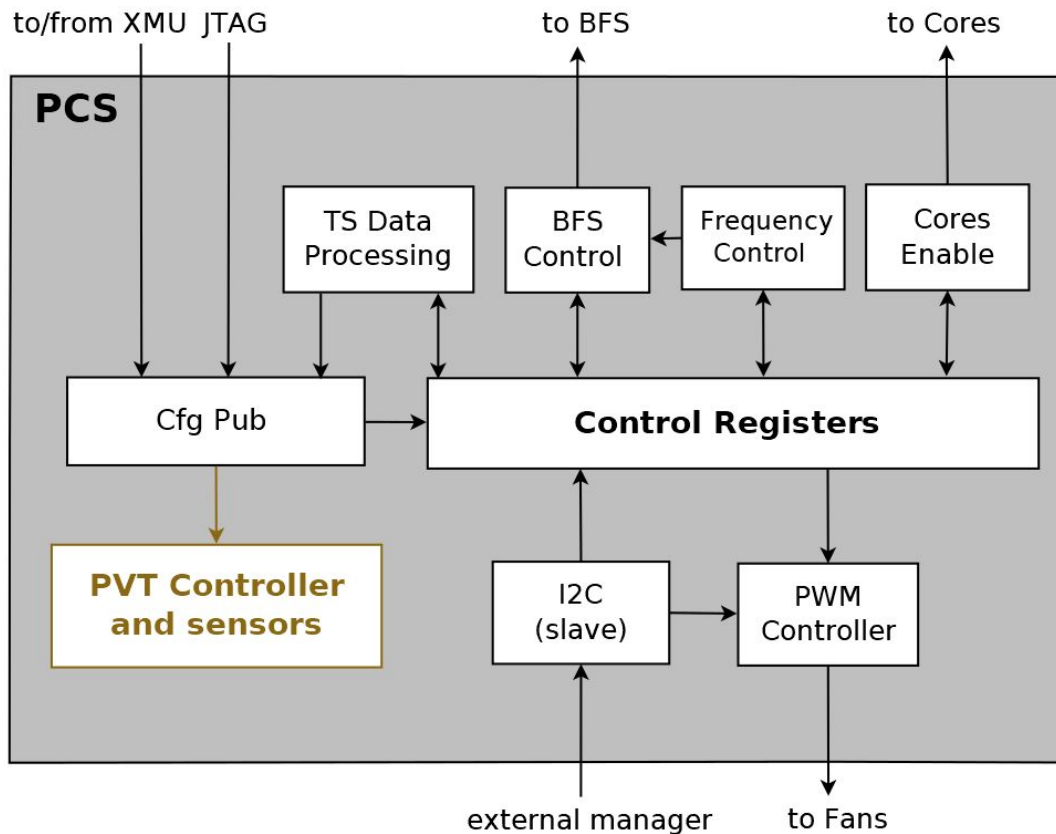
Введение

Power Control System (PCS) - группа устройств, использующихся для управления энергопотреблением микропроцессора и контроля параметров Process, Voltage, Temperature (PVT).

Основные функции PCS:

- программное управление частотами рабочих синхросигналов для основных блоков микропроцессора
- поддержка нескольких состояний “сна” для процессорных ядер
- взаимодействие с источником питания: получение данных о потребляемой мощности и управление напряжением питания
- непрерывный сбор информации о PVT-параметрах микропроцессора
- защита от перегрева микропроцессора
- управление охлаждающими вентиляторами
- поддержка интерфейса внешнего менеджера

PCS в Эльбрус-16С



- Control Registers - управляющие регистры.
- PVT Controller and sensors - сенсоры и PVT-контроллер Moortec.
- Cfg Pub - коммутатор доступа к управляющим регистрам.
- TS Data Processing - обработка данных с термосенсоров.
- PWM Controller - контроллер вентиляторов.
- I2C - интерфейс внешнего менеджера.
- Cores Enable - управление состояниями энергосбережения.
- Frequency Control - расчёт оптимальной частоты.
- BFS Control - управление BFS.

Предложения по доработке

Недостаток	Предлагаемое решение
Необходимость дополнительной программной обработки показаний встроенных вольтметров	Аппаратная обработка показаний встроенных вольтметров
Недостаточная гибкость выбора алгоритма управления частотами синхросигналов, относительная простота алгоритмов	Включение в состав PCS программируемого микроконтроллера
Избыточная загрузка центрального процессора сервисными задачами (инициализация PVT-датчиков, настройка системы охлаждения)	
Регулировка напряжения питания только с помощью специальных драйверов ОС	

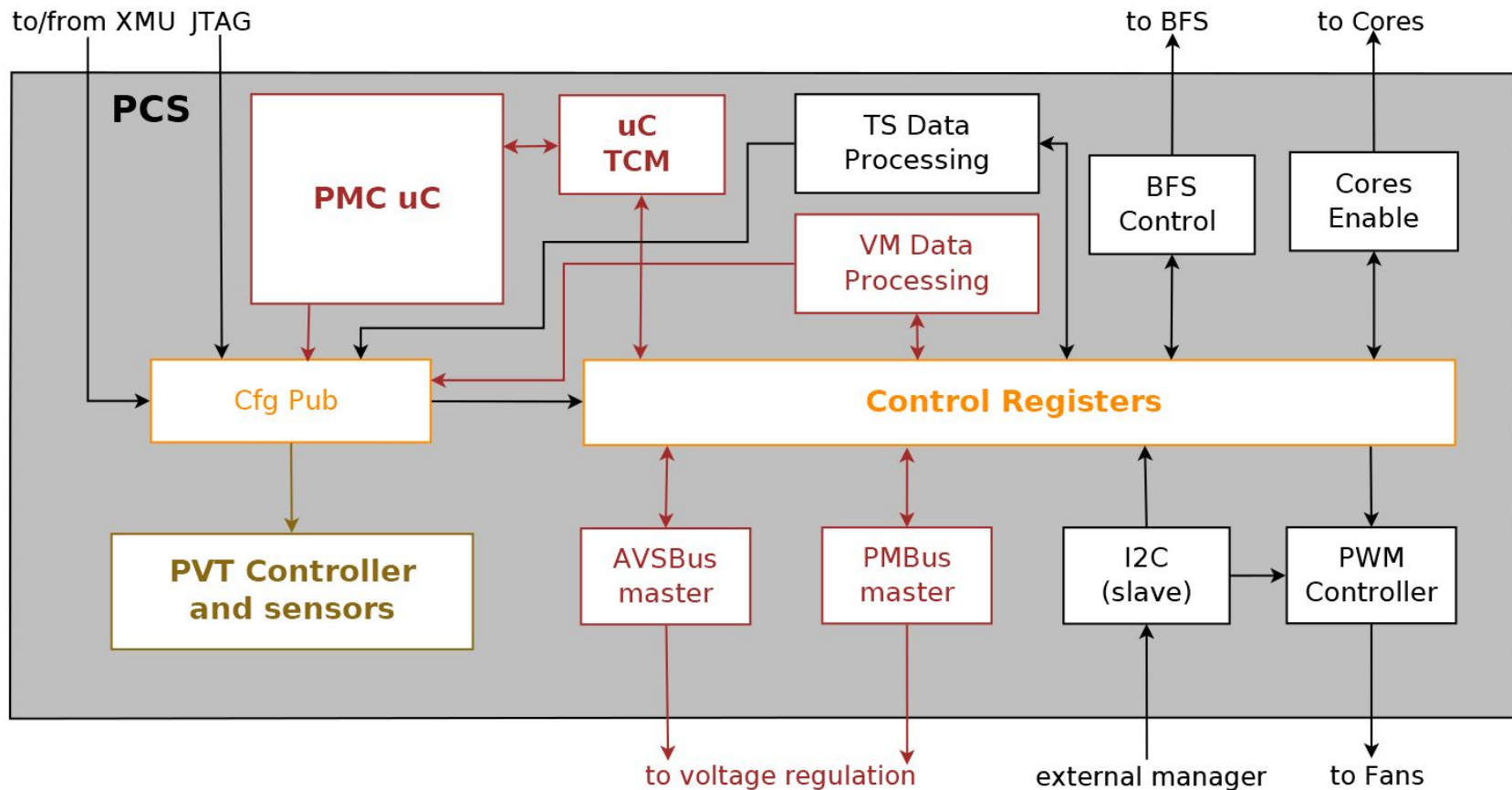
Цель работы

Разработать модуль PCS для процессора Эльбрус-32С на основе модуля, реализованного в Эльбрус-16С.

Задачи:

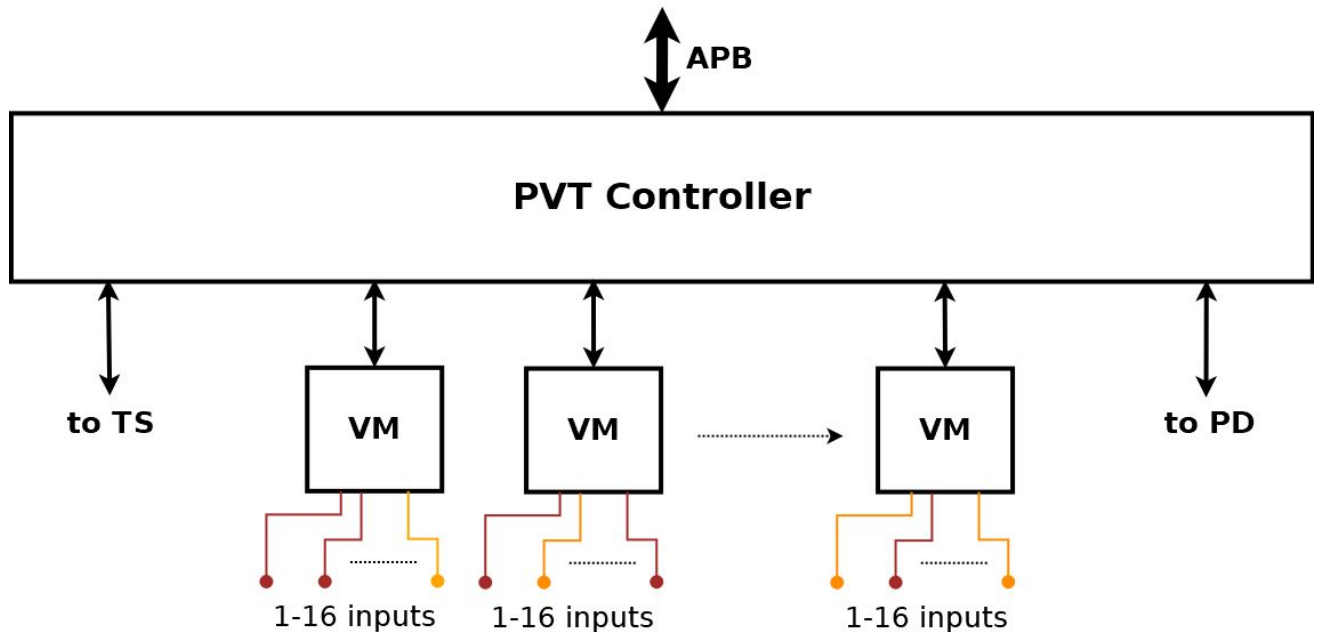
1. Разработать модуль аппаратной обработки показаний с встроенных вольтметров.
2. Интегрировать программируемый микроконтроллер в систему PCS.

PCS в Эльбрус-32С



Модуль аппаратной обработки показаний вольтметров

PVT-контроллер и сенсоры Moortec



VM - встроенные вольтметры (до 8)
TS - термосенсоры (до 8)
PD - датчики техпроцесса (до 24)

—●— - домен 1
—●— - домен 2

Модуль аппаратной обработки показаний вольтметров

Назначение

Функции:

- Конвертация показаний вольтметров в напряжение в милливольтгах
- Поиск минимального и максимального напряжений среди показаний со всех датчиков

Дополнительное требование: реализовать поиск минимума и максимума отдельно для двух доменов питания.

Модуль аппаратной обработки показаний вольтметров

Конвертация показаний в напряжения

Формула, приведённая в документации: $V = \frac{V_{ref}}{5} \cdot \left(\frac{6 \cdot data}{2^{14}} - \frac{3}{2^{14}} - 1 \right)$

- V — измеряемое напряжение
- $V_{ref} = 1213$ мВ
- $data$ — данные из PVT-контроллера

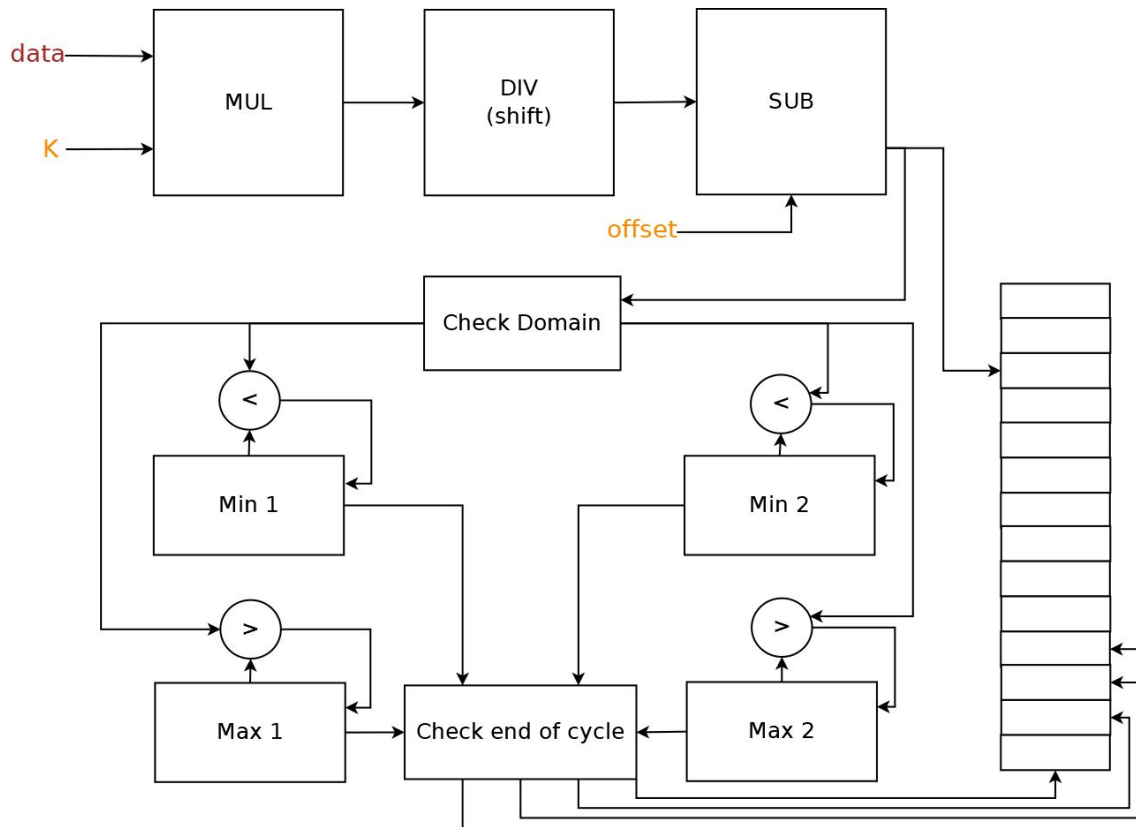
Преобразованная формула: $V = \frac{K \cdot data}{2^{14}} - offset$

- $K = \frac{6}{5} \cdot V_{ref} \approx 1456$
- $offset = \frac{V_{ref}}{5} \cdot \left(\frac{3}{2^{14}} + 1 \right) \approx 243$

V , K , $offset$ — 11-битные, целые числа без знака.

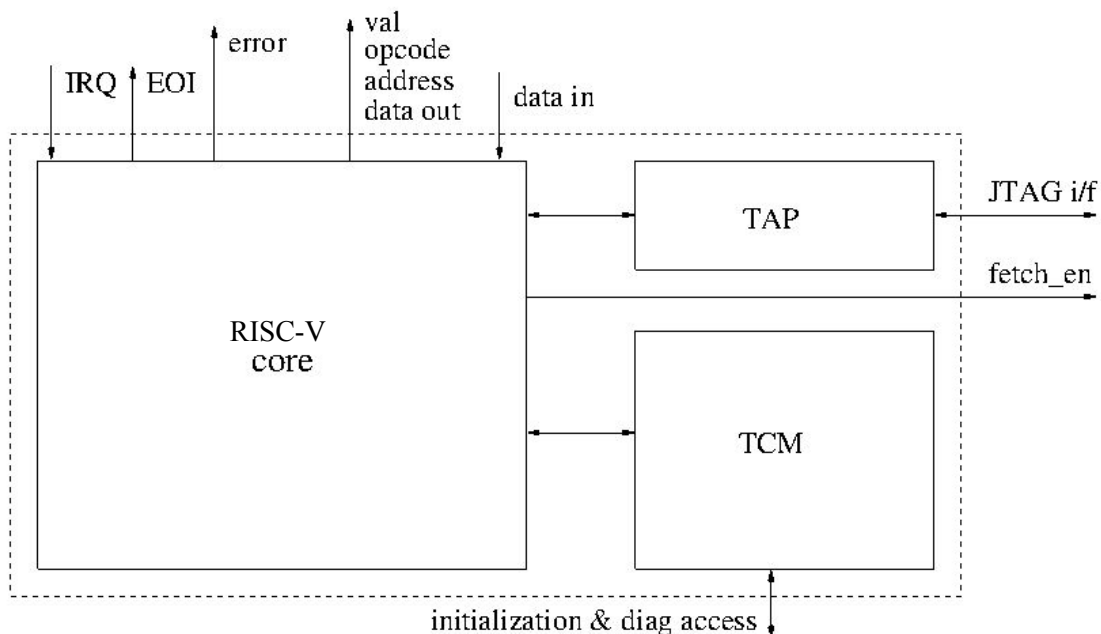
Модуль аппаратной обработки показаний вольтметров

Реализованный алгоритм



Интеграция микроконтроллера

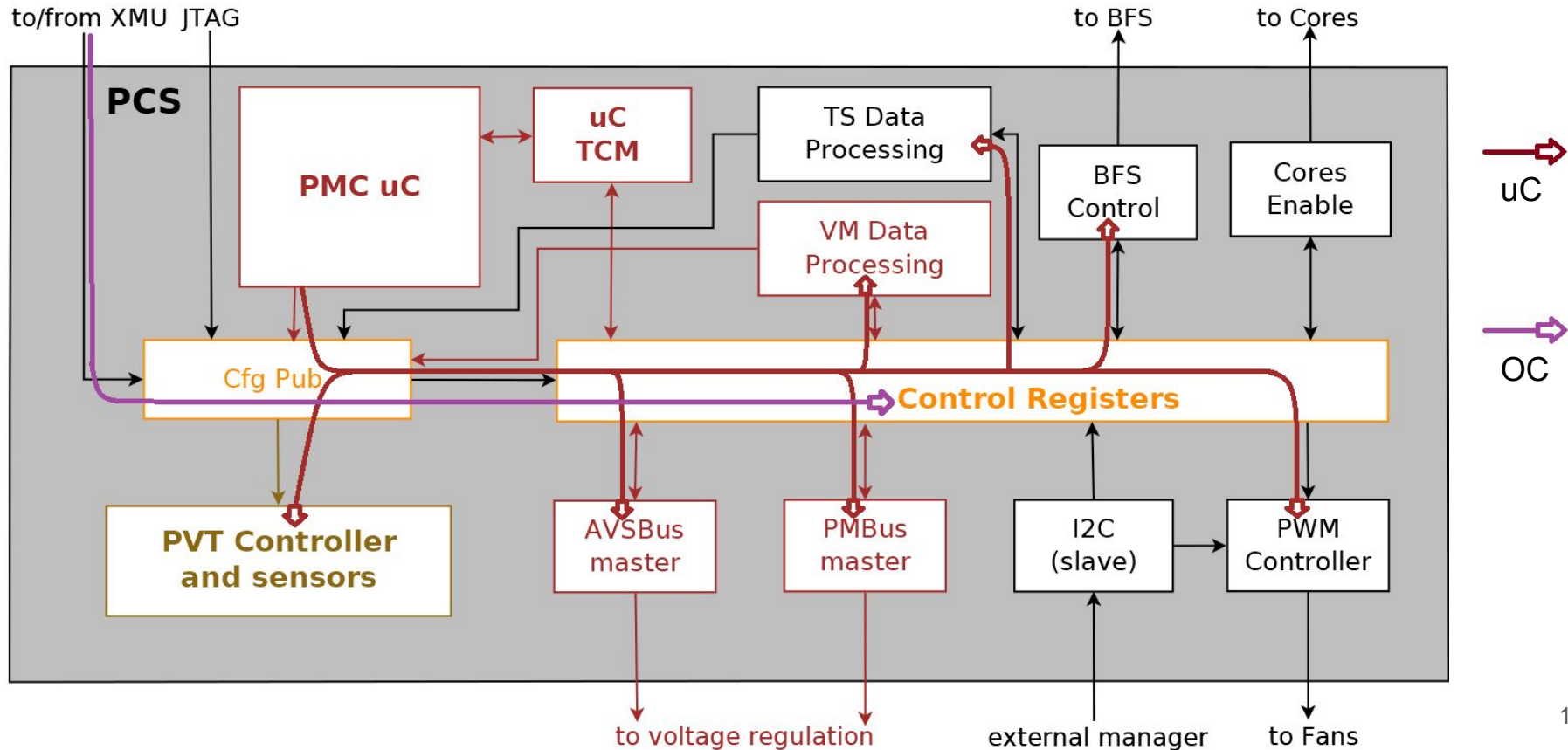
Микроконтроллер из проекта Сапфир-1



- RISC-V ядро, реализующее 32-разрядную систему команд.
- TCM — общая память для инструкций и данных.
- TAP-контроллер для отладки.

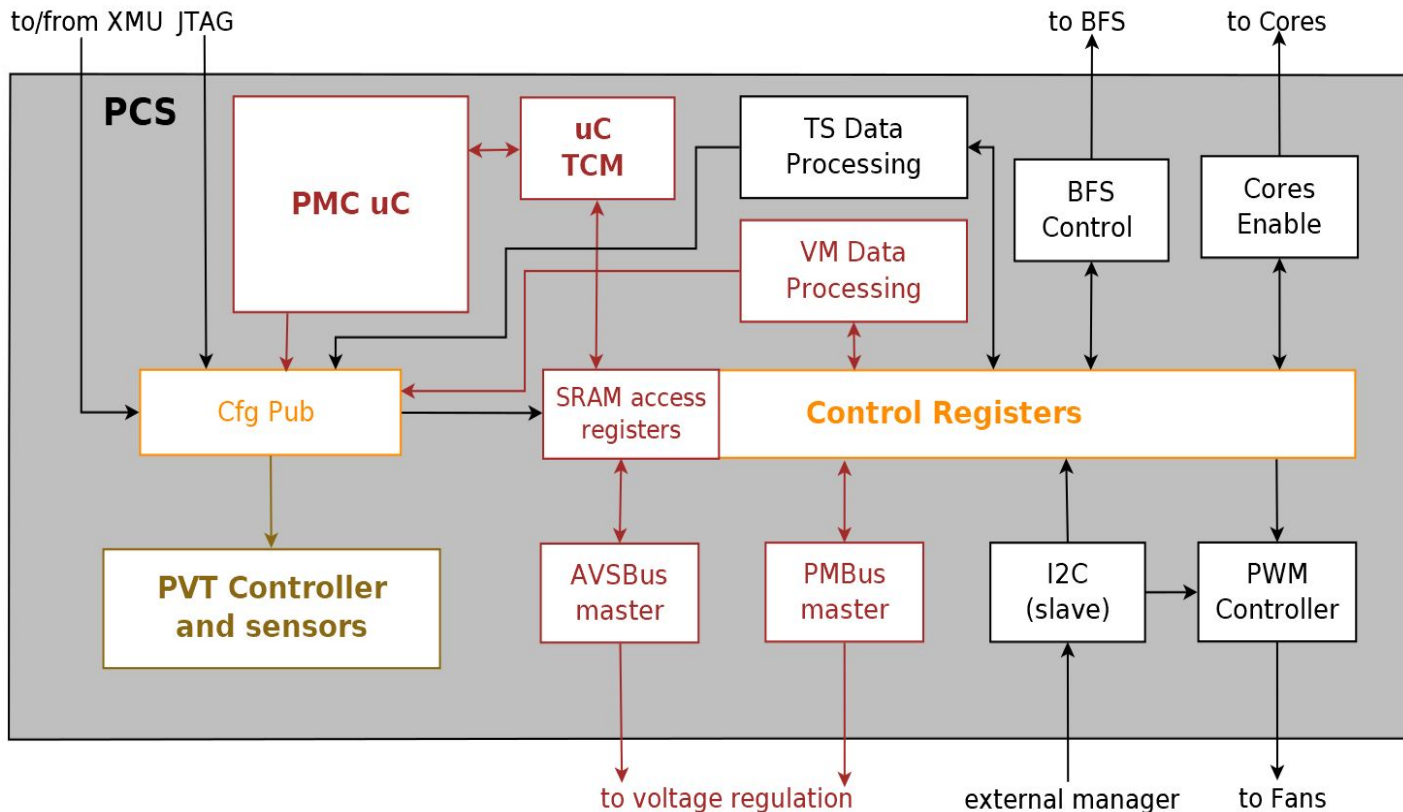
Интеграция микроконтроллера

Роль микроконтроллера в составе PCS



Интеграция микроконтроллера

Внесенные изменения



Для интеграции микроконтроллера выполнено:

- Добавлены регистры для программирования микроконтроллера
- Добавлен интерфейс в коммутатор доступа к регистрам
- Разнесены адресные диапазоны TCM и управляющих регистров

Результаты

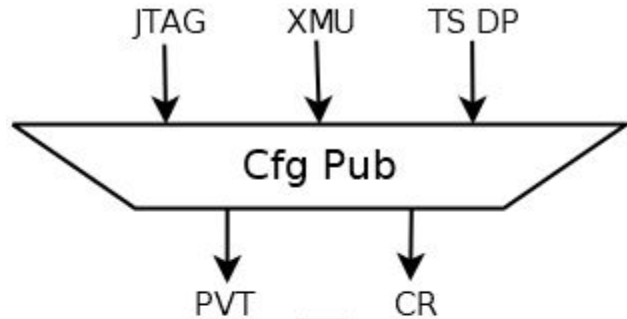
Выполнено:

- Реализация модуля, обрабатывающего данные с вольтметров.
- Интеграция в систему PCS RISC-V микроконтроллера из проекта Сапфир-1.

Дальнейшее развитие:

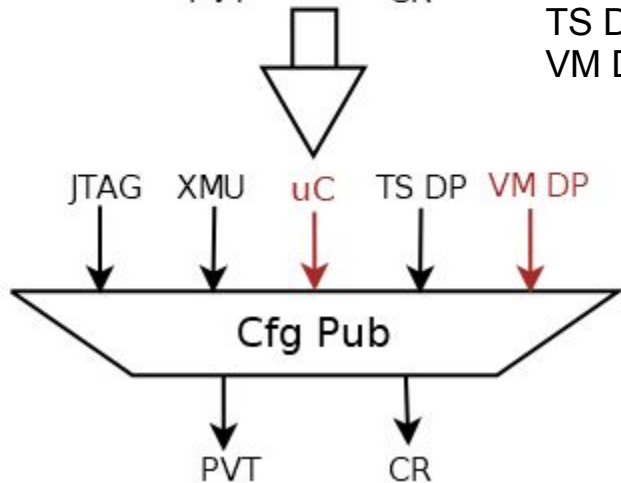
- Добавление управляющих регистров для поддержки PMBus и AVSBus.
- Доработка алгоритма арбитража запросов в коммутаторе доступа к управляющим регистрам.

Коммутатор доступа к управляющим регистрам



Статическая, приоритетная
схема арбитража.

TS DP — TS Data Processing
VM DP — VM Data Processing



Арбитр round-robin.