

Мюонный детектор на основе CMOS камер

*Курсовая работа по программированию
студента 2-го курса Беловолова И.А.*

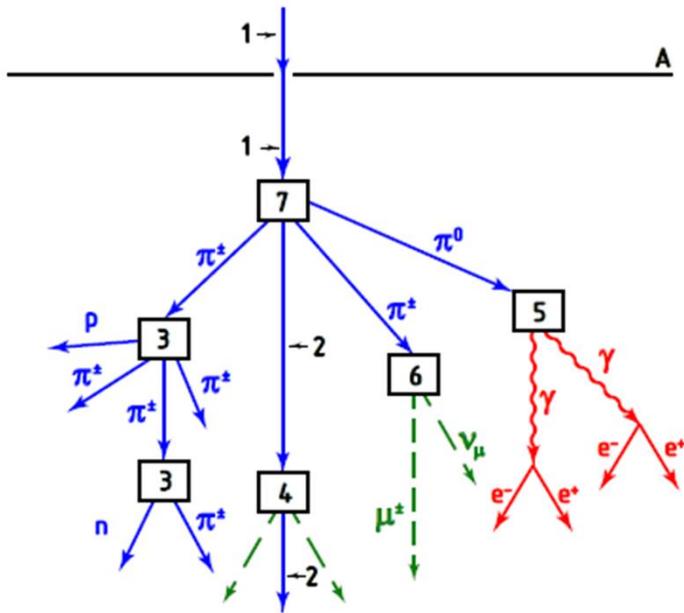
Научный руководитель:
К.ф-м.н. Г.А.Лукьянченко.

задача:

- на базе отладочной платы AX309 Xilinx Spartan-6 и нескольких CMOS-сенсоров ov7670 построить систему детектирования мюонов с поддержкой функций определения траектории.



Оценка скорости счета мюонов



A — верхняя граница атмосферы, 1 — первичная частица (протон), 2 — вторичная лидирующая частица (нуклон), 3 — ядерные взаимодействия пионов, 4 — ядерные взаимодействия без образования релятивистских частиц, 5 — распад нейтрального пиона (возникновение электромагнитного каскада), 6 — распад заряженных пионов (возникновение мюонной компоненты), 7 — взаимодействие высокоэнергичных частиц с ядрами атомов воздуха.

Мюон — короткоживущий лептон (время жизни $\sim 2,2$ мкс) с массой $208 \cdot m_e$, основное количество генерируется на высоте 10-20 км, до поверхности Земли долетают мюоны с энергией E_μ порядка 5 ГэВ и более.

Интенсивность вертикальной жесткой компоненты вторичного космического излучения (в осн. мюоны) на уровне моря [2]:

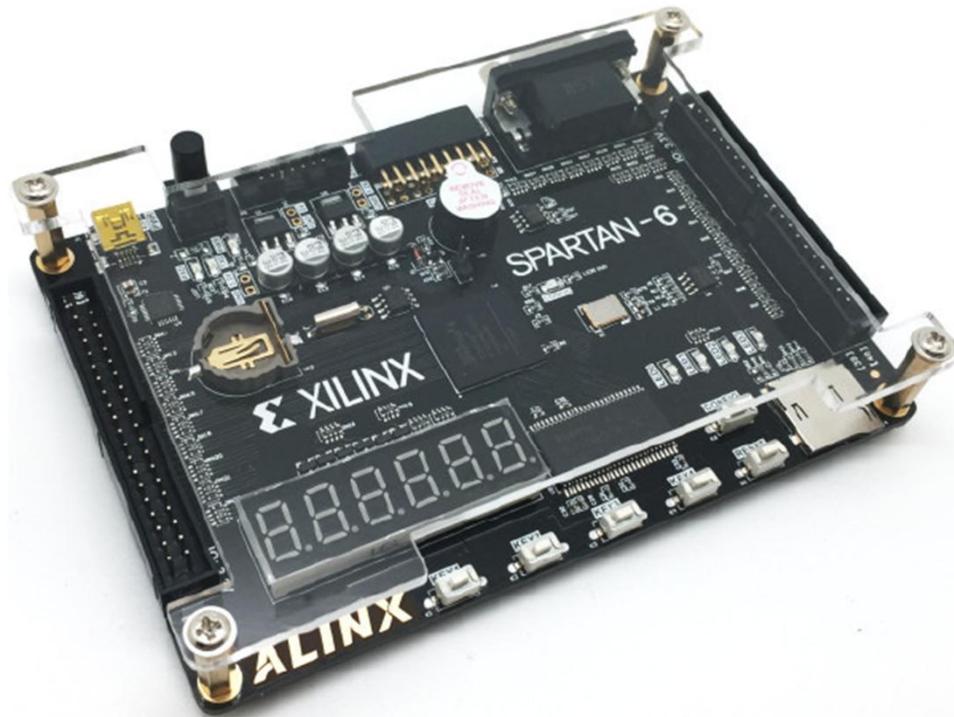
$$J_\mu \sim 0,83 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}.$$

Для сенсора ov7670 площадь матрицы $S = 0,13 \text{ см}^2$, телесный угол зрения $\Omega = 0,19 \text{ ср}$.

Отсюда ожидаемая скорость регистрации мюонов

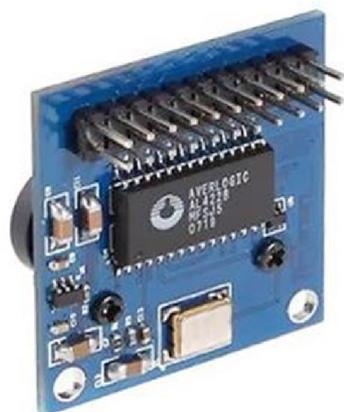
одиночным сенсором:

$$v_\mu = J_\mu \cdot S \cdot \Omega \sim 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1} (\sim 0,74 \text{ в час}).$$

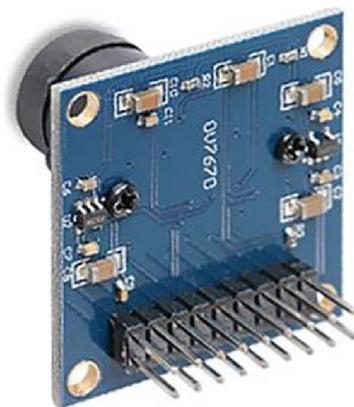


Отладочная плата AX309 Xilinx Spartan-6:

- Xilinx XC6SLX9-2FTG256C;
- 256 МБит оперативной SDRAM памяти;
- интерфейсы: JTAG, Camera Port и VGA;
- цифровой LED дисплей на 6 цифр;
- 4 пользовательских светодиода, 4 пользовательских кнопки + кнопка reset;
- 50 МГц генератор;
- 2 x 40 - пиновых порта расширения.



С БУФЕРОМ



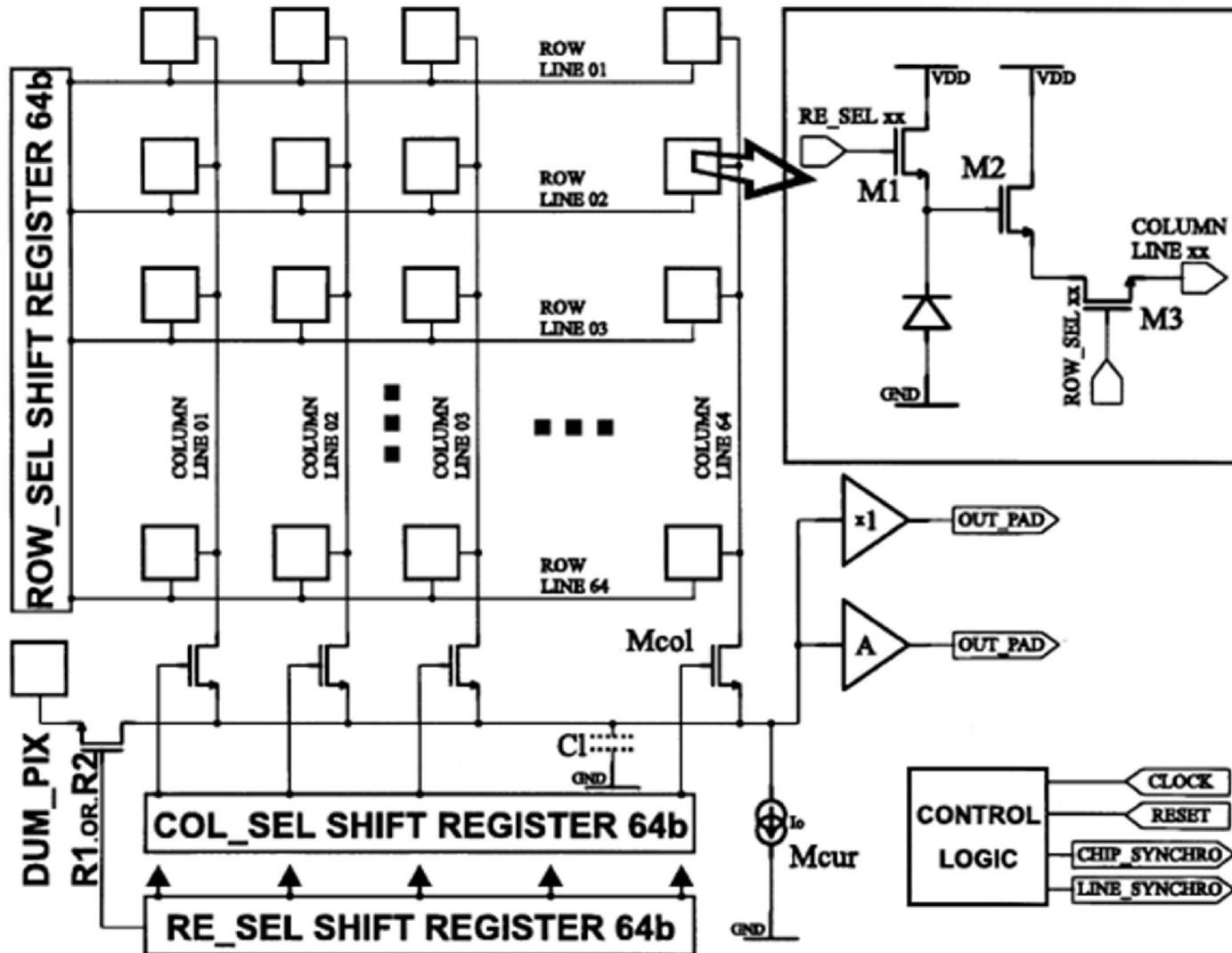
БЕЗ БУФЕРА

SPS-TECH

CMOS-сенсор ov7670:

- размер CMOS-матрицы 3,6x3,6 мм (656x488 пикселей);
- угол обзора 25° (телесный угол $\Omega = 0,19$ ср);
- тактовая частота 10-48 МГц (типичная 24 МГц);
- максимальная скорость передачи: 30 кадров/с (fps);
- максимальное разрешение 640x480 (VGA);
- возможны различные режимы кодирования цвета, по умолчанию YUV422;
- возможность изменения настроек по умолчанию через интерфейс SCCB (аналог шины I²C);
- параллельный интерфейс выдачи данных (8 бит), сигналы кадровой и строчной развертки.

Принцип действия сенсора



Распиновка камеры ov7670

VDD	GND
SDIOC	SDIOD
VSYNC	HREF
PCLK	XCLK
D7	D6
D5	D4
D3	D2
D1	D0
Сброс	PWDN

VDD — питание;

GND — общий;

SDIOC — (вход) тактовый сигнал последовательного интерфейса SCCB управления камерой;

SDIOD — (вход/выход) информационный сигнал (данные) последовательного интерфейса SCCB управления камерой;

VSYNC — (выход) импульс кадровой синхронизации;

HREF — (выход) импульс строчной синхронизации;

PCLK — (выход) тактовый импульс выдачи байта с параллельного порта D7 — D0;

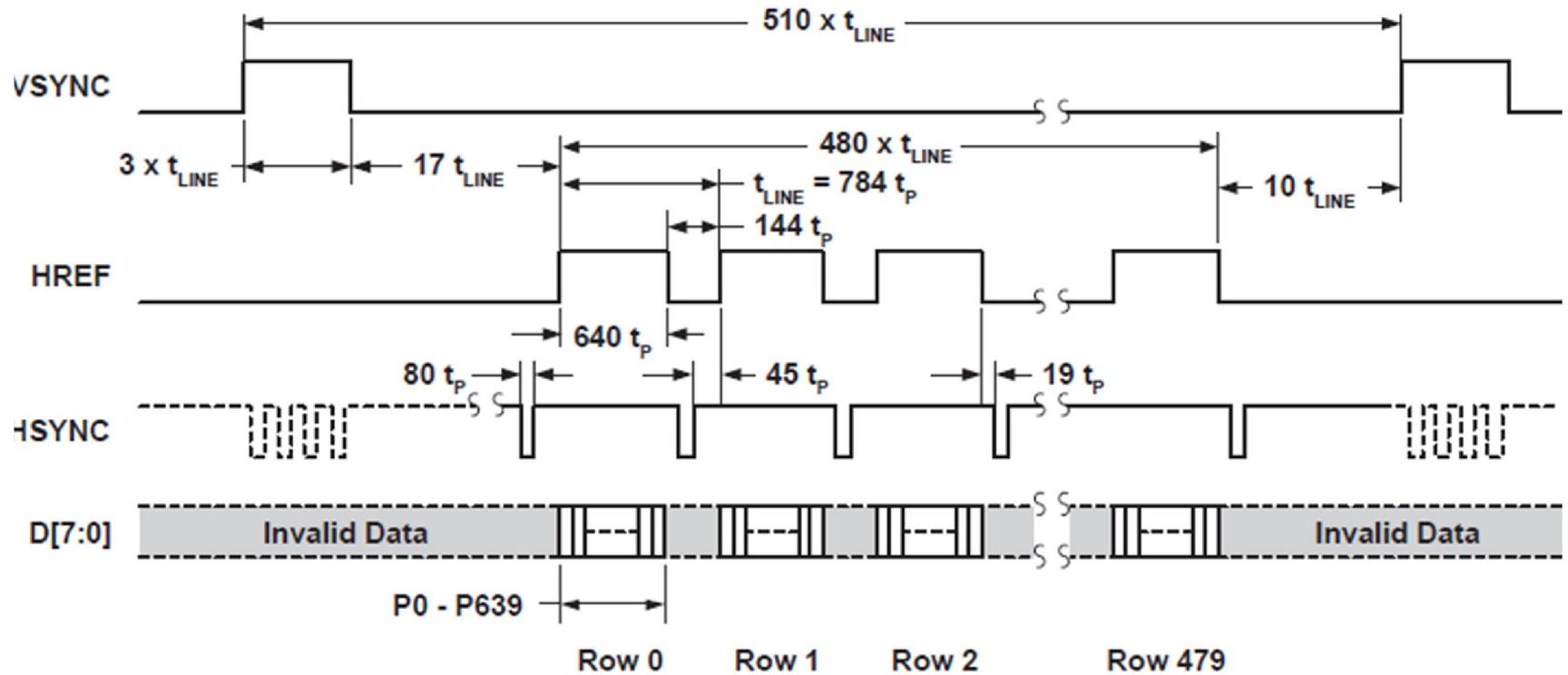
XCLK — (вход) главный тактовый импульс для работы OV7670;

D7 — D0 — 8-ми битный параллельный видеовыход;

RESET (Сброс) — вывод аппаратного сброса камеры;

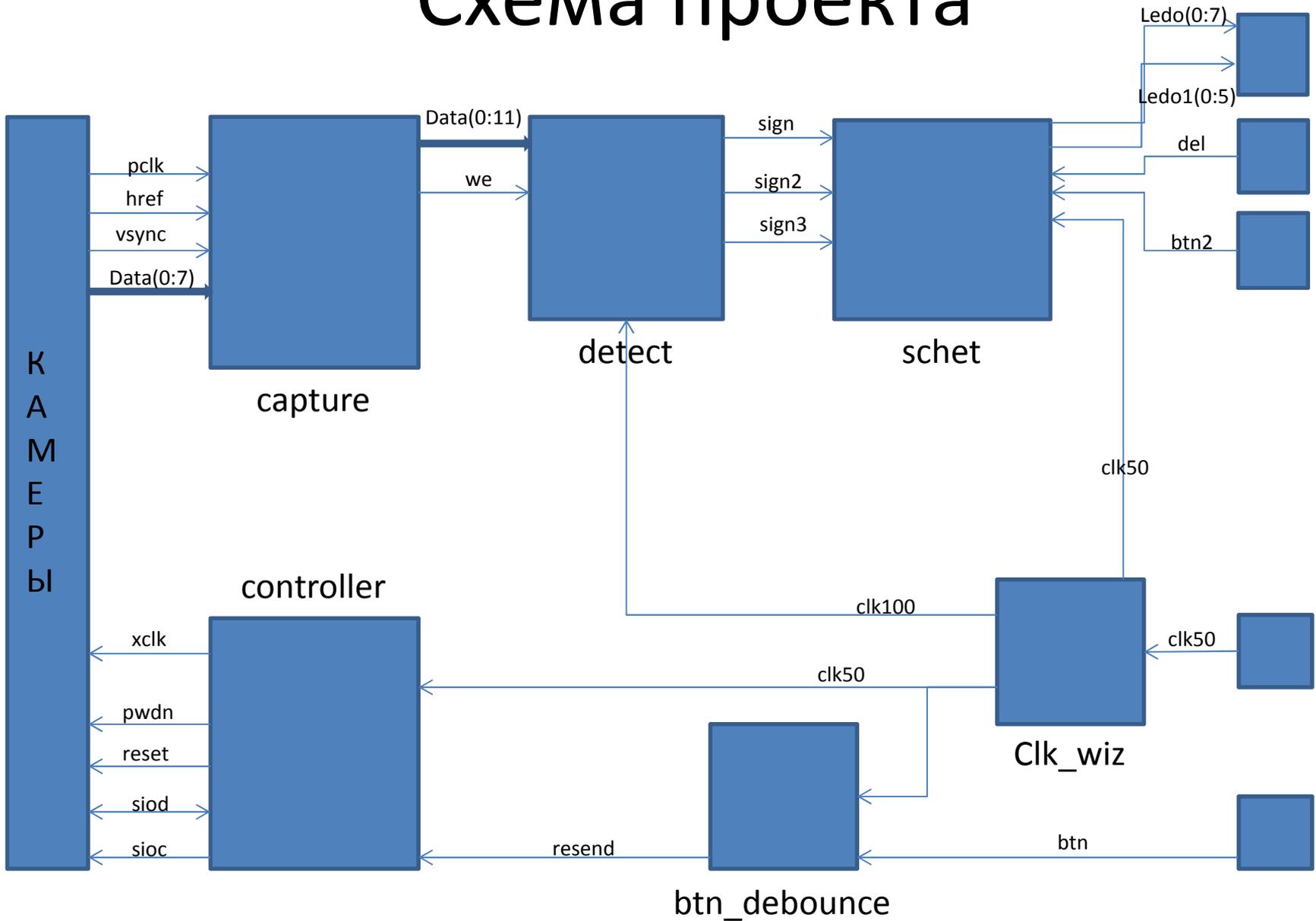
PWDN — вывод аппаратного включения/выключения камеры.

Временные диаграммы выходных сигналов

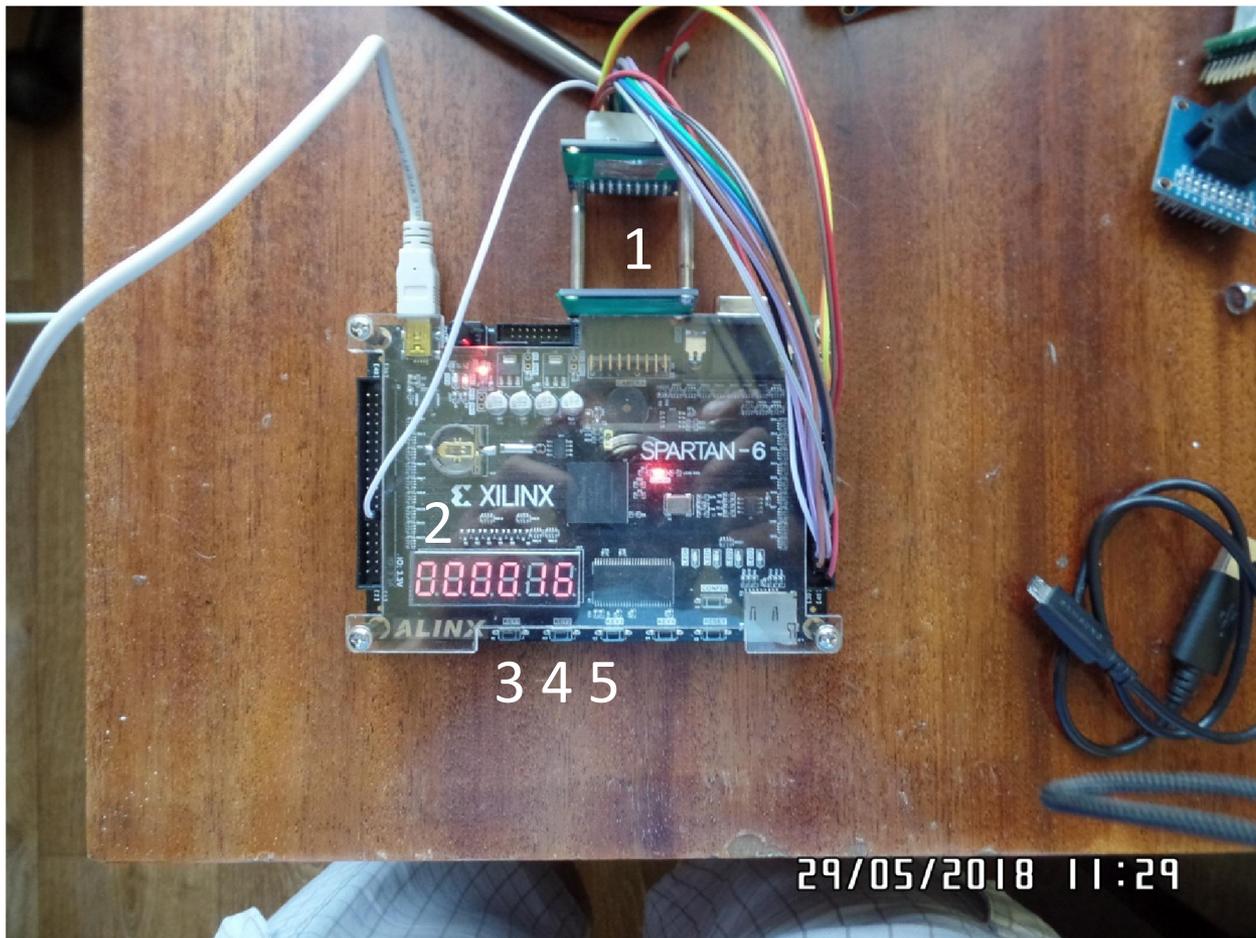


$$T_{\text{кадр}} = \tau_{clk} * 3 * 480 * 640 \approx 37 * 10^{-2} c$$

Схема проекта



Внешний вид установки



- 1-измерительный блок
- 2-индикатор
- 3-перезапуск
- 4-смена режима
- 5-обнуление

ИТОГИ

- Разработана схема совпадений для двух камер, как основной элемент мюонного детектора.

Пути улучшения

- Присоединение большего числа камер
- Использование мультиплексора для переключения между камерами
- Создание лучшей системы присоединения камер для борьбы с шумами

Спасибо за внимание!