

Институт – Физико-технический

Кафедра – Электроника и автоматика физических установок

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ PIN ДЕТЕКТОРА ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Исполнитель: студент гр. 072А, К.В. Ларина, ТПУ

Руководители: канд. техн. наук Давид Хватил, ИЯФ АН ЧР  
д-р техн. наук Павел Крист, ИЯФ АН ЧР

Консультанты: д-р филос. наук Ивана Краузова, ИЯФ АН ЧР  
д-р техн. наук А.Г. Горюнов, ТПУ

24 марта  
2017



1. Цели и задачи работы
2. Описание разрабатываемого детектора ионизирующего излучения
3. PIN фотодиод
4. Плата KID\_v2
5. STM32L053 Discovery (процессор ARM Cortex M0+)
6. Сбор и обработка данных
7. Практическая часть
8. Экспериментальная часть
9. Заключение



Цель: создание программного обеспечения для нового типа спектрометрического детектора ионизирующего излучения.

Применение: **персональный дозиметр** для членов экипажей самолетов по договору с компанией Develict Solutions и отделом дозиметрии ИЯФ АН ЧР.

Тестирование: лаборатория Микротрона МТ25.

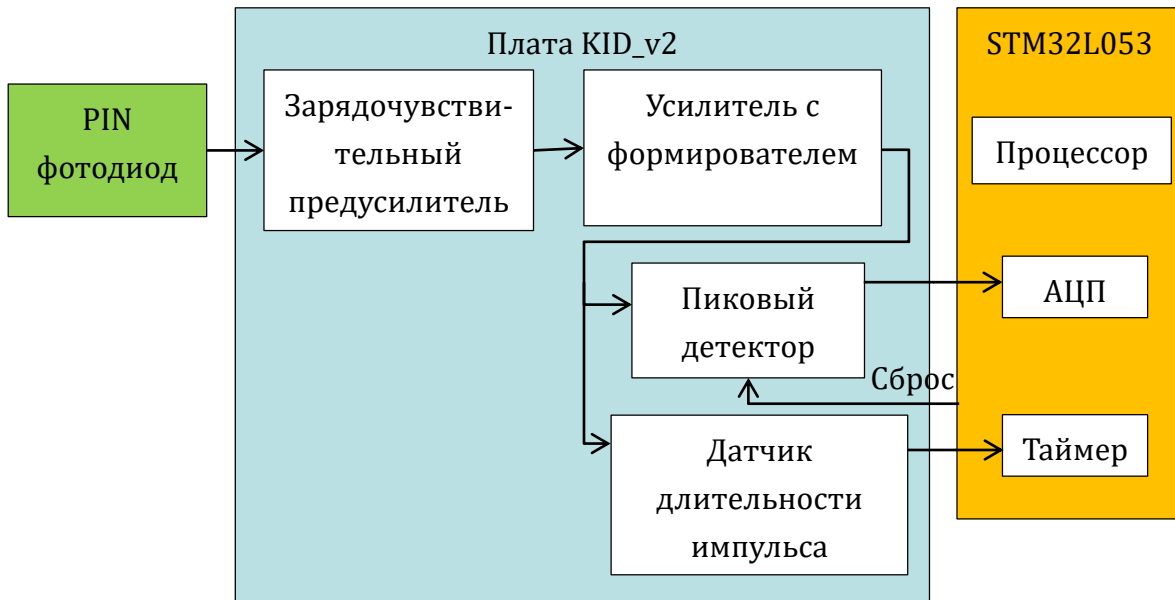
Получение и обработка данных: процессор **ARM Cortex-M0+** с ультра-низким энергопотреблением.

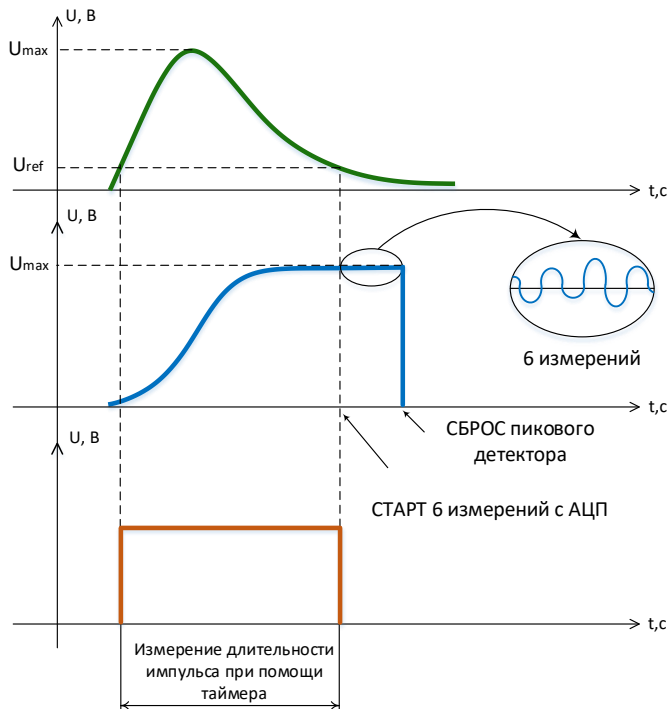




1. Разработать программу получения данных от пикового детектора (измерения с АЦП и сброс пикового детектора - STM320L53).
2. Разработать программу получения данных от детектора длительности импульсов (измерение длительности импульсов таймером - STM320L53).
3. Сравнение двух методов измерения энергии частиц.
4. Обнаружение и фильтрация ложных сигналов путем сравнения значений с обоих детекторов.
5. Калибровка детектора (фотоны –  $^{60}\text{Co}$  и  $\alpha$ -частицы – Отдел радиационной дозиметрии, протоны – Тандетрон).
6. Тестирование детектора (фотоны и электроны – Микротрон).

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ





1. Импульс напряжения  
(Заряженная частица)

2. Пиковый детектор  
(Измерение максимума  
сигнала напряжения)

3. Датчик длительности  
импульса (Измерение  
длительности импульса)

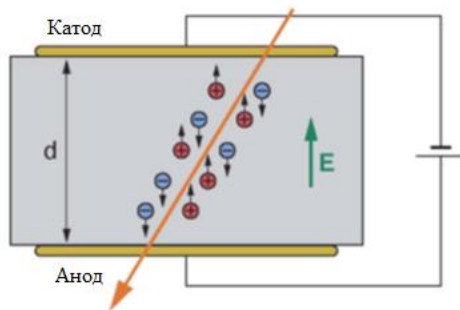


## Достоинства разрабатываемого детектора:

- ✓ Режим низкого энергопотребления
- ✓ Возможность фильтрации ложных сигналов
- ✓ Ориентированность на авиацию
- ✓ Работа как в непрерывном, так и в импульсном режиме
- ✓ Открытый доступ (все схемы, метод измерения дозы и программы микроконтроллера находятся в публичном доступе)
- ✓ Универсальность (есть возможность изменить метод измерения)

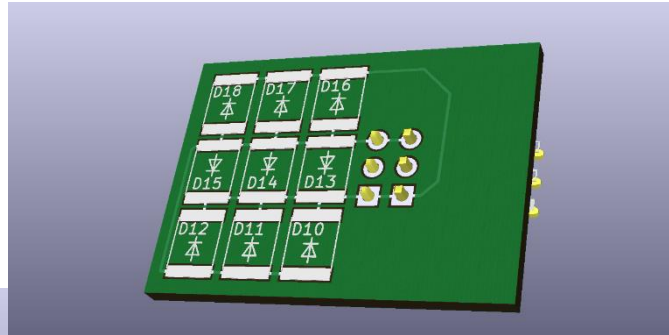
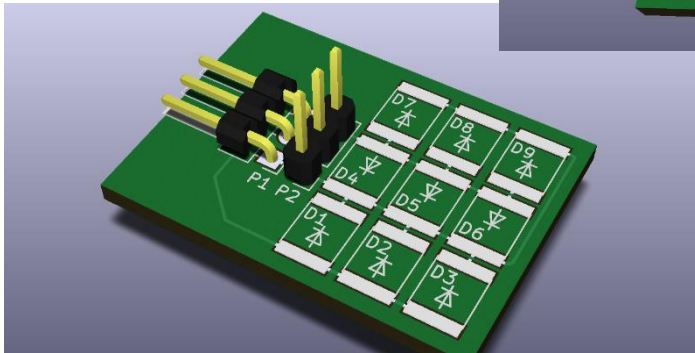


PIN фотодиод состоит из кремниевых полупроводников р-типа, n-типа и зоны собственной проводимости, расположенной между ними.



PIN фотодиод детектирует индивидуальные частицы излучения (гамма- или заряженные частицы). Когда частица попадает в область обеднения, она производит небольшое количество заряда пропорционально энергии фотона.

# PIN фотодиод





TEMD5080X01

ОСОБЕННОСТИ

S2744-09

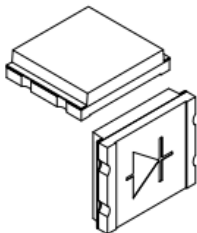
Чувствительная область:  $7.7 \text{ мм}^2$

Толщина обедненного слоя: 0.4 мм

Обратное напряжение:  $V_{Rmax} = 25 \text{ В}$

Диапазон спектрального отклика:

350 – 1100 нм



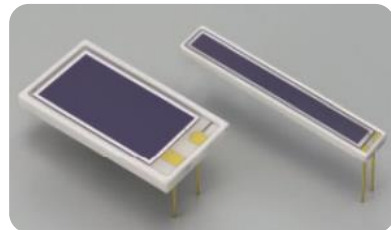
Чувствительная область:  $200 \text{ мм}^2$

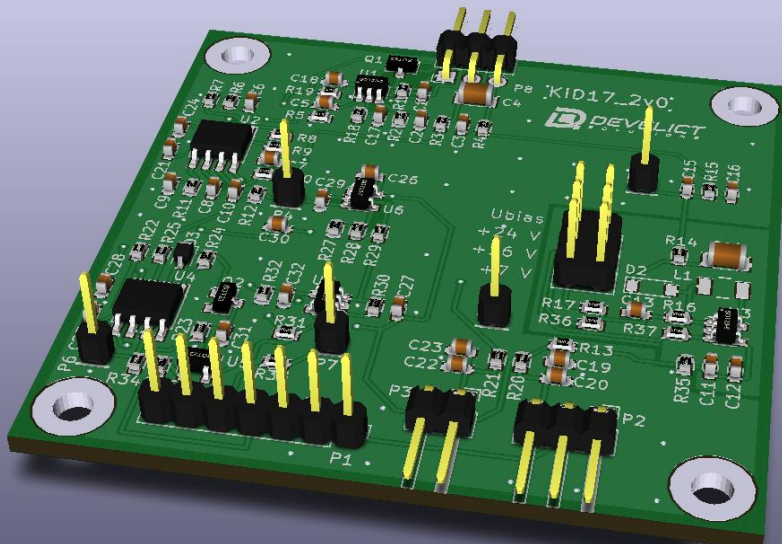
Толщина обедненного слоя: 0.3 мм

Обратное напряжение:  $V_{Rmax} = 100 \text{ В}$

Диапазон спектрального отклика:

340 – 1100 нм

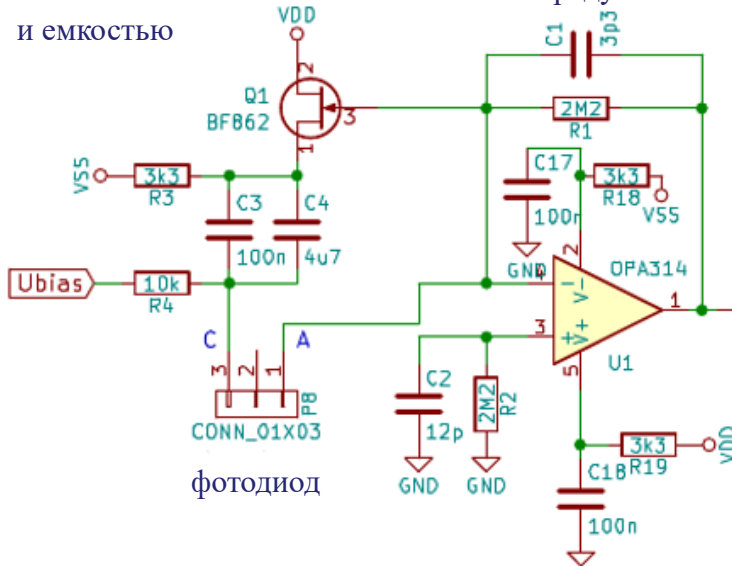


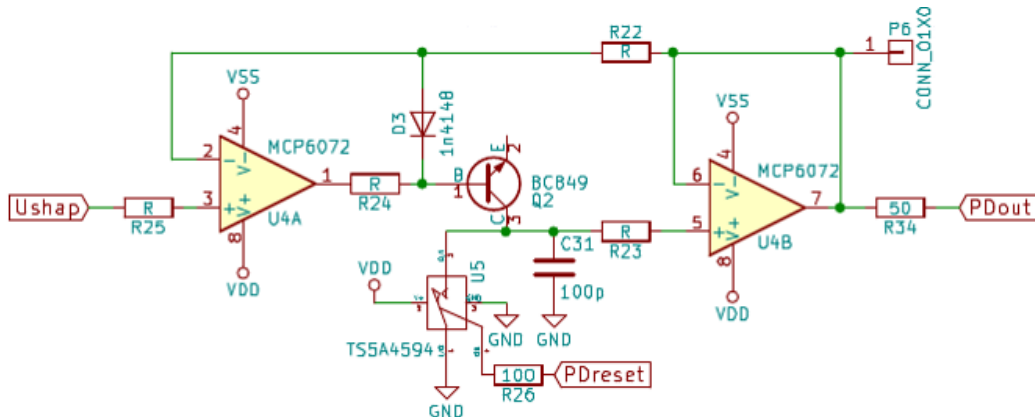




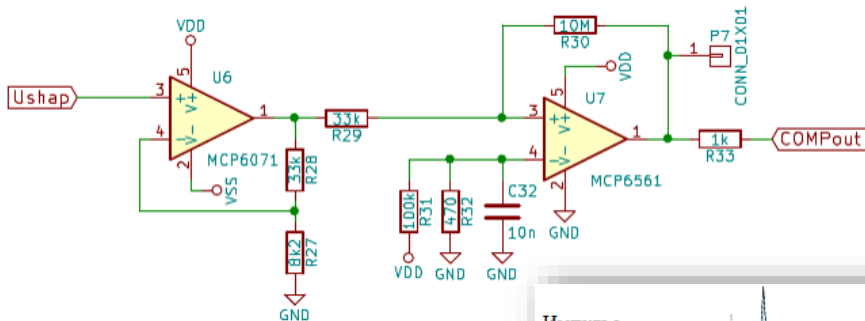
## Зарядочувствительный предусилитель

ПТ с низким уровнем шума  
и емкостью

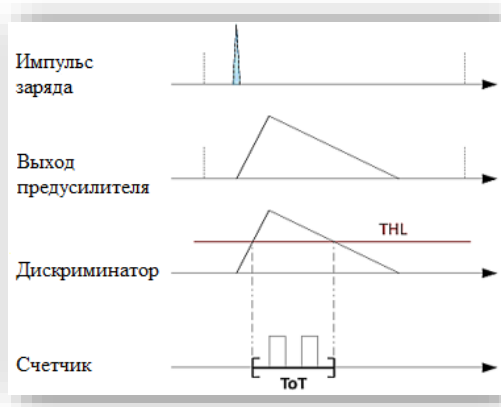




- Пиковый детектор фиксирует максимум сигнала напряжения на входе.
- Выходное напряжение прямо пропорционально энергии частицы, прошедшей через детектирующий диод.

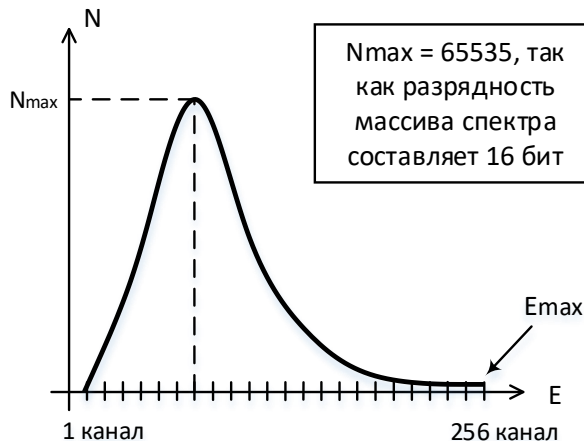


- Выход: количество тактовых импульсов в интервале времени, соответствующем превышению импульса над пороговым напряжением.
- Интервал времени пропорционален энергии частицы, прошедшей через диод.





- Система детектирования передает микропроцессору сигналы, пропорциональные энергии заряженной частицы, прошедшей через PIN фотодиод.
- Спектр имеет 256 каналов, в которых записано количество зарегистрированных заряженных частиц в определенном энергетическом диапазоне.

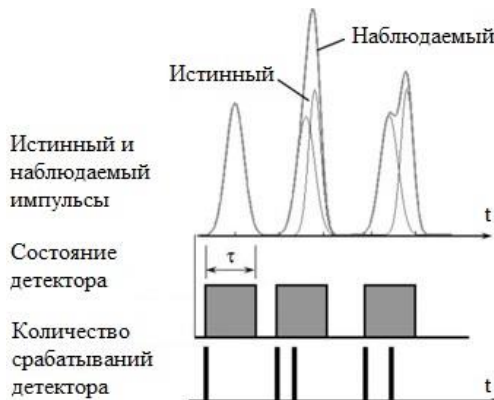
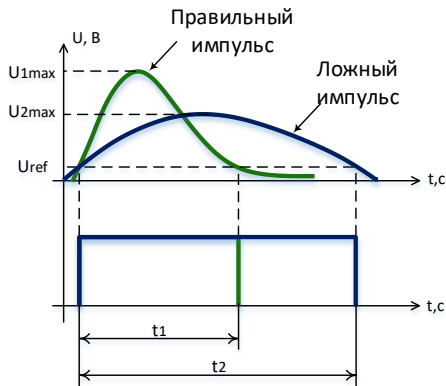


- После калибровки спектр пересчитывается в эквивалент дозы.

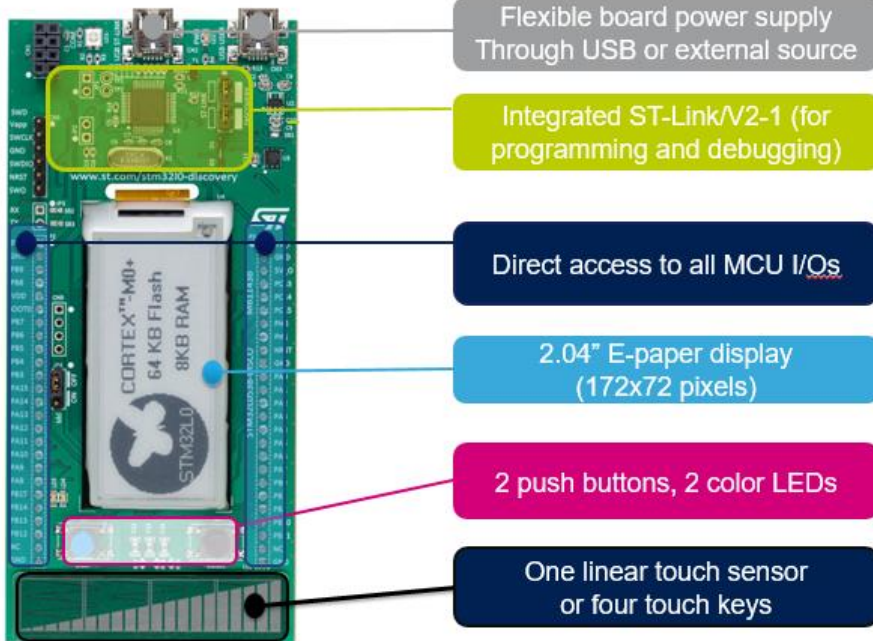




- Если сигнал с пикового детектора и детектора длительности импульсов значительно различается, то он признается ошибочным и не подвергается дальнейшей обработке.
- Предусмотрена фильтрация двух типов: фильтрация слишком длительных импульсов и фильтрация эффекта наложения импульсов.

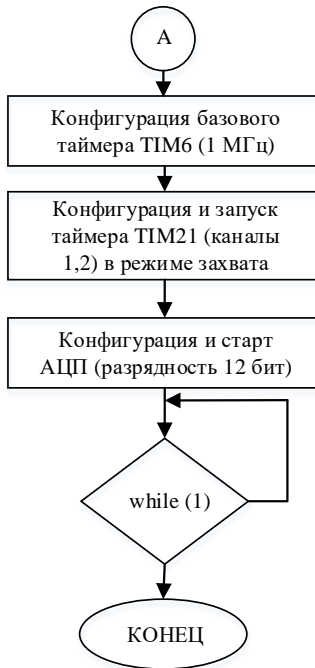


# STM32L053 Discovery (процессор ARM Cortex M0+)

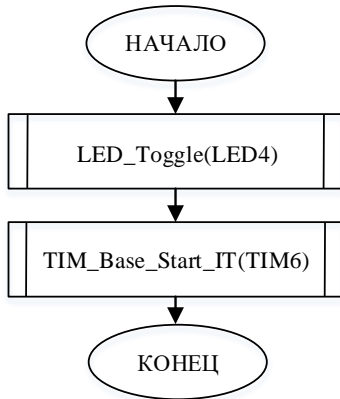


# ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

# Блок-схемы программ для 1<sup>го</sup> метода измерений



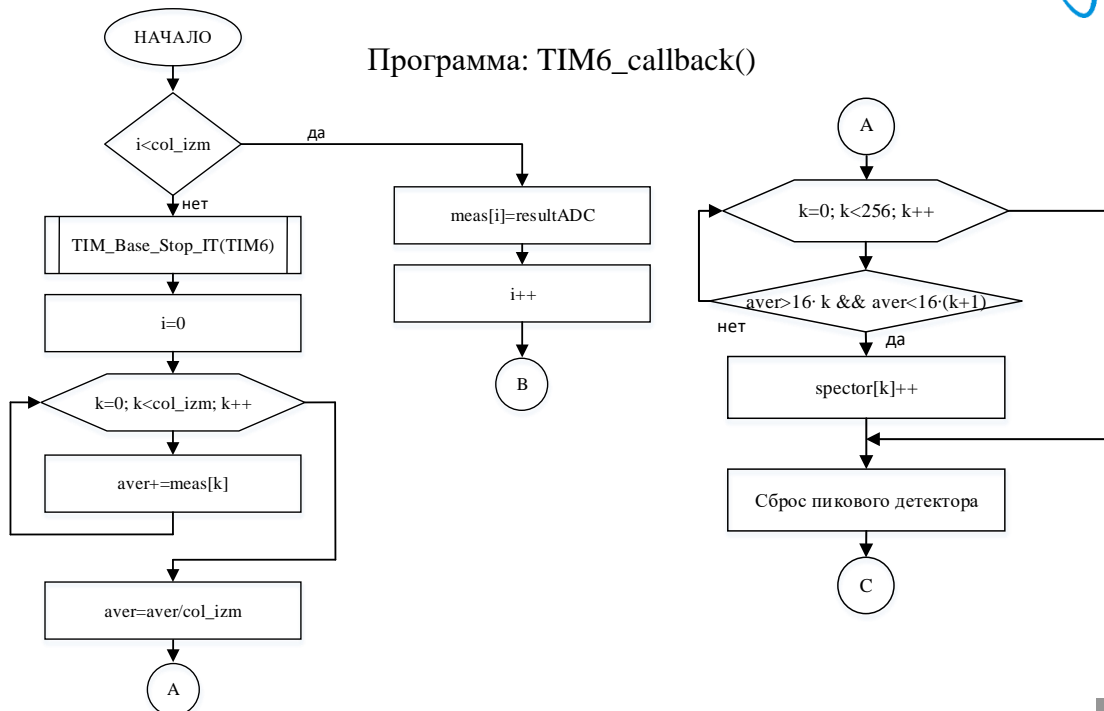
Программа: Main()

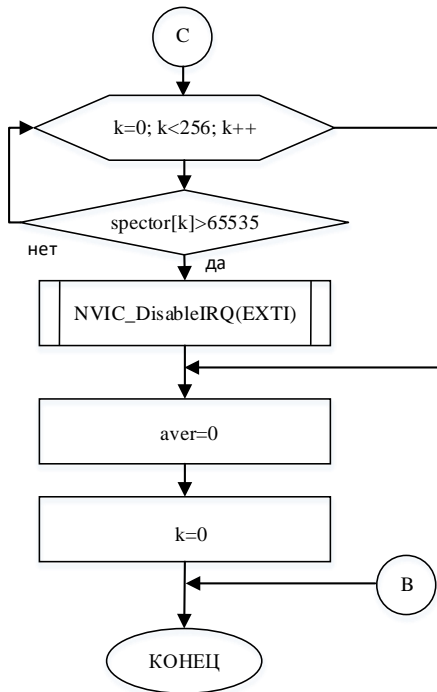


Программа: EXTI\_callback()



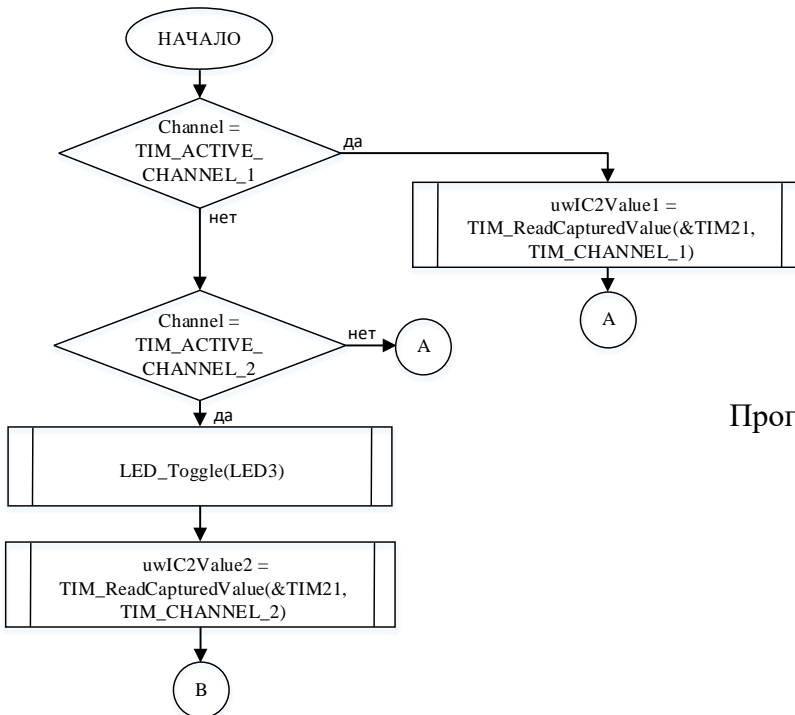
Программа: TIM6\_callback()





Продолжение программы:

TIM6\_callback()



Программа: TIM21\_Callback()

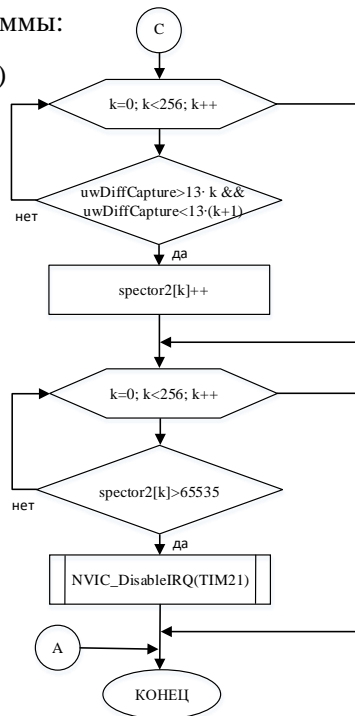
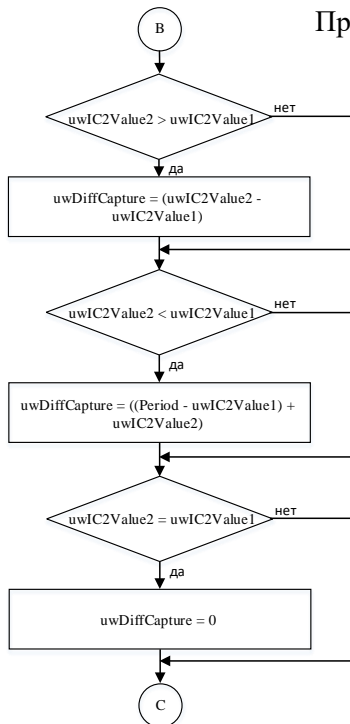


# Блок-схемы программ для 2<sup>го</sup> метода измерений

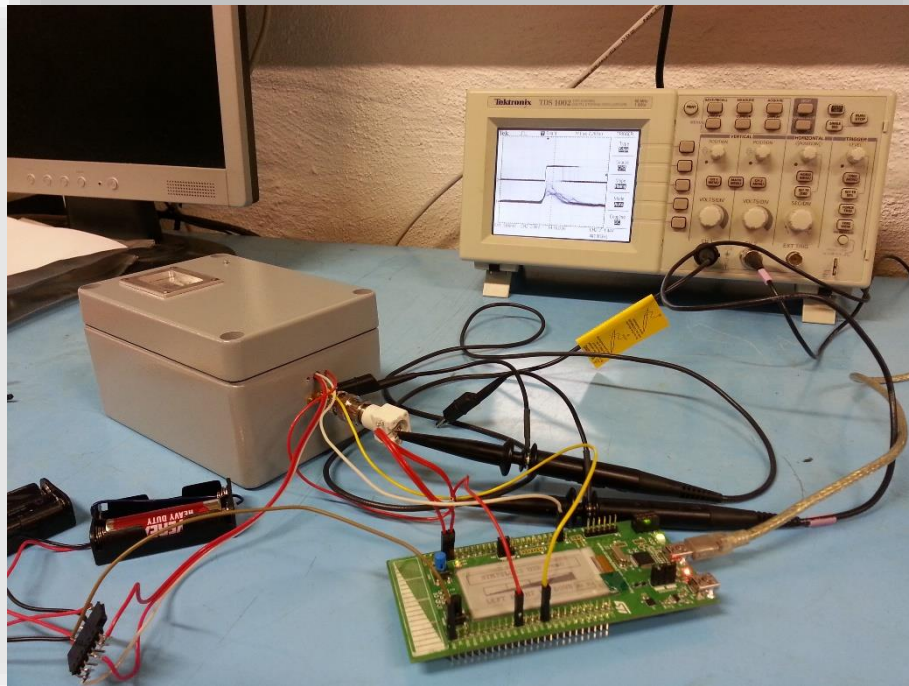


Продолжение программы:

TIM21\_callback()

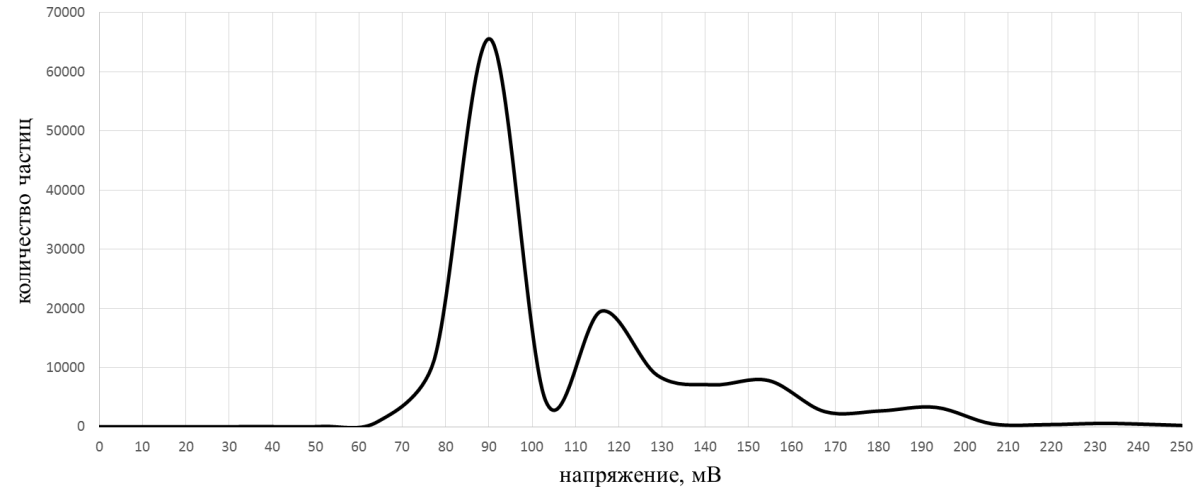


# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ



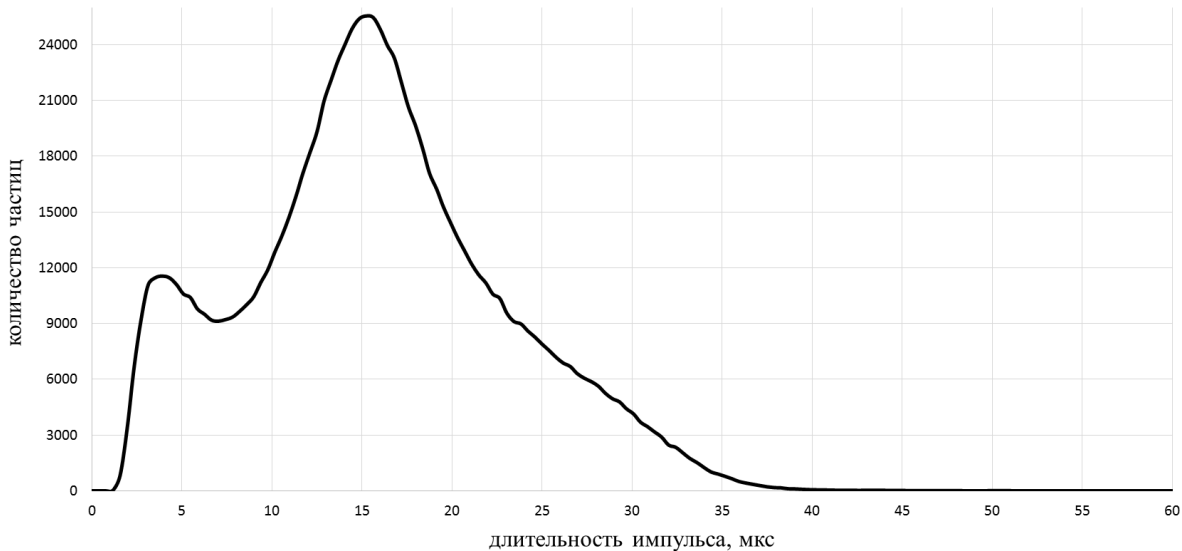


Энергетический спектр от источника  $Cs^{137}$  (пиковый детектор)





Энергетический спектр от источника  $Cs^{137}$  (детектор длительности импульса)





## Результаты:

- ✓ Изучен теоретический материал по регистрации ионизирующего излучения, а также устройство и принцип работы применяемых детекторов.
- ✓ Разработана программа первого метода измерения (для пикового детектора).
- ✓ Разработана программа второго метода измерения (для детектора длительности импульсов).
- ✓ Тест детектора на фотонах от источника  $Cs^{137}$ .

## Планы:

- Реализовать детекцию и фильтрацию ложных сигналов.
- Выполнить калибровку детектора.
- Осуществить тест в лаборатории Микротрона МТ25.

## Certificate of accomplishment



This is to certify that  
**Kseniia Larina**  
has successfully completed the  
**STM32L0 training**

*Szymon Panecki*

Instructors  
**S.Panecki**

*A. Barata*

**A.Barata**

Between 2017-02-22 and 2017-02-23  
ST Prague

