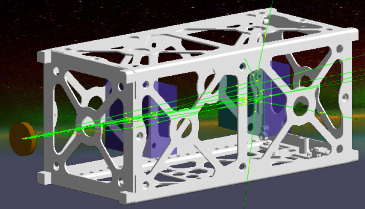


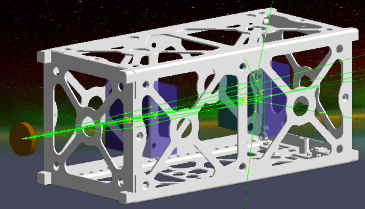
Проектът NDeGRA: Приложение на иновативни технологии в гама-астрономията

Симеон Иванов, ФзФ, СУ “Св. Климент Охридски”
Национален форум за съвременни
космически изследвания
София, 21-22 октомври 2020 г.



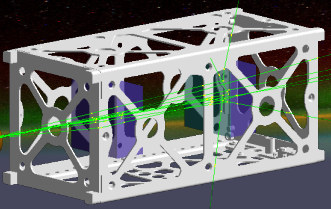
Гама-астрономическите обсерватории - преглед

- Постижения:
 - Технологични чудеса: CGRO, INTEGRAL, SWIFT, AGILE, FERMI ...
 - Неоценим принос за развитието на астрономия, астрофизика и физика на елементарните частици
- Сериозни предизвикателства:
 - Базираны в космоса
 - Размер и тегло от ключово значение за цената на проекта
 - Сложна конструкция
 - Трудни за реализация изисквания за енергия
 - Изискват собствена система за изстрелване
 - Дълъг развоен период
 - Необходимост от астрономически бюджети
 - Висока цена при евентуален неуспех



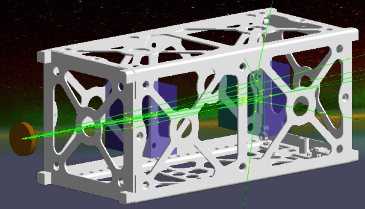
Накратко за проекта

- Изследване на приложения на нови детекторни технологии в гама астрономията
- Приложение на иновации за
 - Регистрация
 - Оцифроване
 - Подбор на събития
- Цели
 - Ниски разходи
 - Съкращаване на времето за разработка
 - Еволюционен подход
 - Чувствителност, разделителна способност и бързодействие, сравними с “традиционните” гама-телескопи
 - Възможности за приложение извън гама-астрономията.



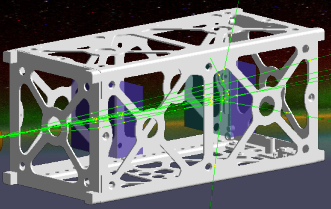
Подходът на NDeGRA

- Избор на минималистична, стандартизирана и гъвкава платформа за конструкция и извеждане в орбита – наносателити
- Опростяване на конструкцията на детекторите до ограниченията на платформата с минимални компромиси за техните характеристики – комптънова камера
- Скъсяване развойния период чрез максимална модуларизация и повторно използване на дизайн и компоненти във всички фази на проекта
- Итеративен подход, базиран на еволюционно подобрене на създадените хардуерни и софтуерни модули
- Минимизиране на разходите чрез максимално използване на стандартни, широко достъпни компоненти за детекторите, електрониката за обработка на детекторните сигнали
- Използване на съвременни софтуерни технологии за преодоляване на хардуерните ограничения, наложени от описания подход и избраната платформа



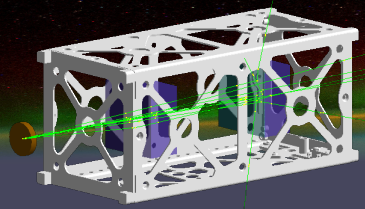
Организация на проекта и текущи резултати

- Две направления на изследване
 - Физически детектори (сцинтилаторни кристали)
 - Системи за обработка на генерираните сигнали
- Два допълващи се подхода:
 - Пълна модуларизирана софтуерна симулация на физически процеси и електроника
 - Изграждане и изследване на прототипи за валидиране на получените резултати
- Обобщение на досегашните резултати
 - Начални тестове за позиционна чувствителност
 - Модулно приложение за симулация
 - Валидиране на резултатите от симулацията чрез сравняването им с експерименталните данни
 - Развитие на необходимите за втората фаза база и квалификация
- Готовност за втората фаза на проекта
 - Разработка на виртуално устройство
 - Валидиране на методи за обработка, базирани на ML софтуерни технологии
 - Изработка на прототип



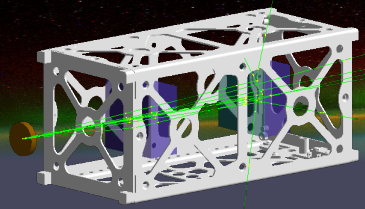
Реализация

- Заемаме без стеснение философията на платформата CubeSAT
 - Ниските разходи и бързото развитие позволяват много опити (и много неуспехи)
 - Еволюционен подход: множеството неуспехи не са проблем, стига от всеки неуспех да се ражда подобрение
 - За всяка функция, където е възможно се предпочита използване на стандартни, налични готови модули или решение, базирано на такива
 - Изобретение vs. подобряване

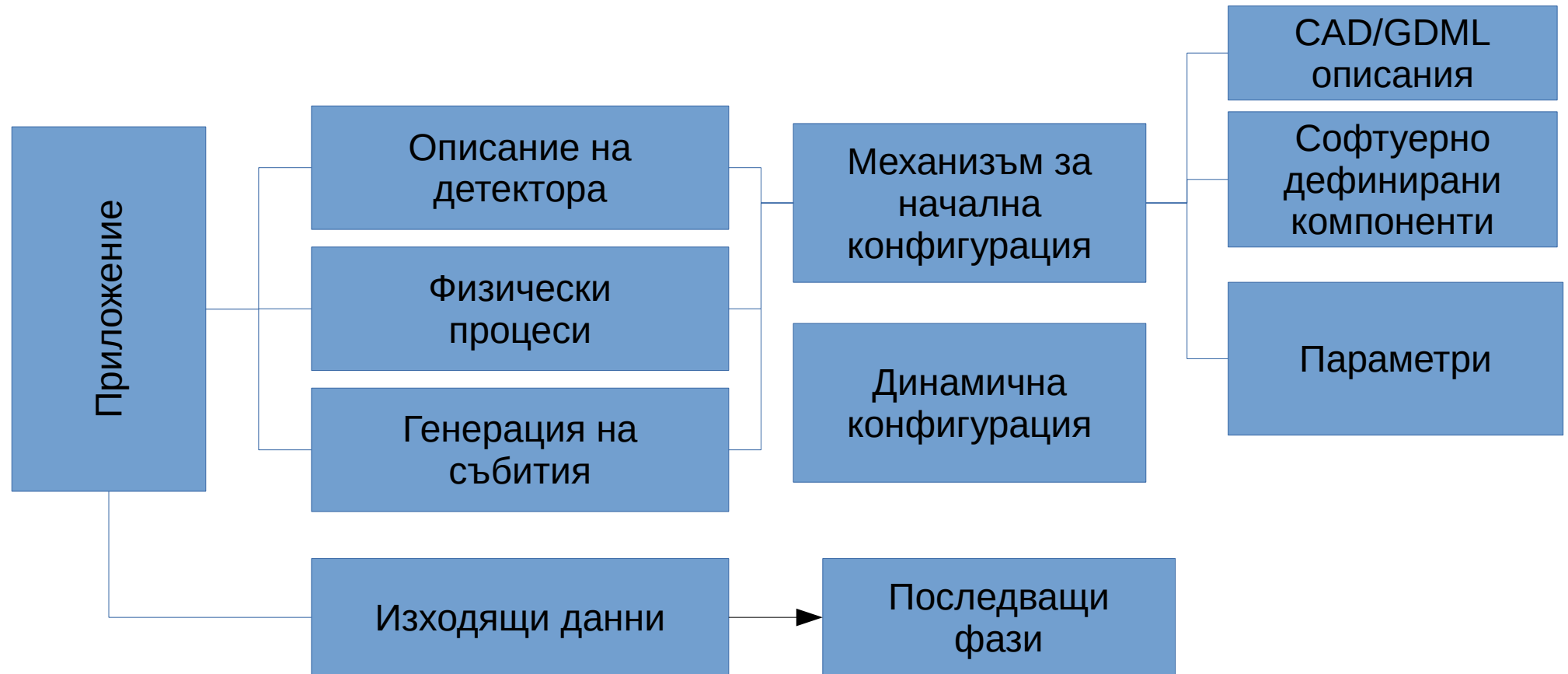


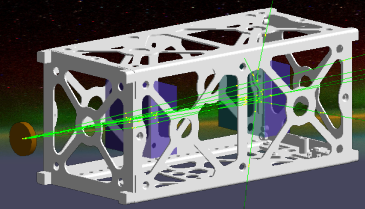
Физически детектори

- Използване на LaBr_3 и CeBr_3 сцинтилаторни кристали
 - Високоэффективни и с висока разделителна способност по енергии
 - Голям брой фотони/MeV
 - Не се нуждаят от специално захранване и охлаждане
 - Налични в различни форми
 - Сравнително достъпни
- Обобщение на резултатите от началните тестове
 - Успешно изчетени с ФЕУ/МАФЕУ
 - Потвърдена позиционна чувствителност
 - Предварително валидиране на симулациите



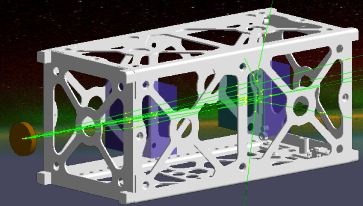
Пакет за симулации



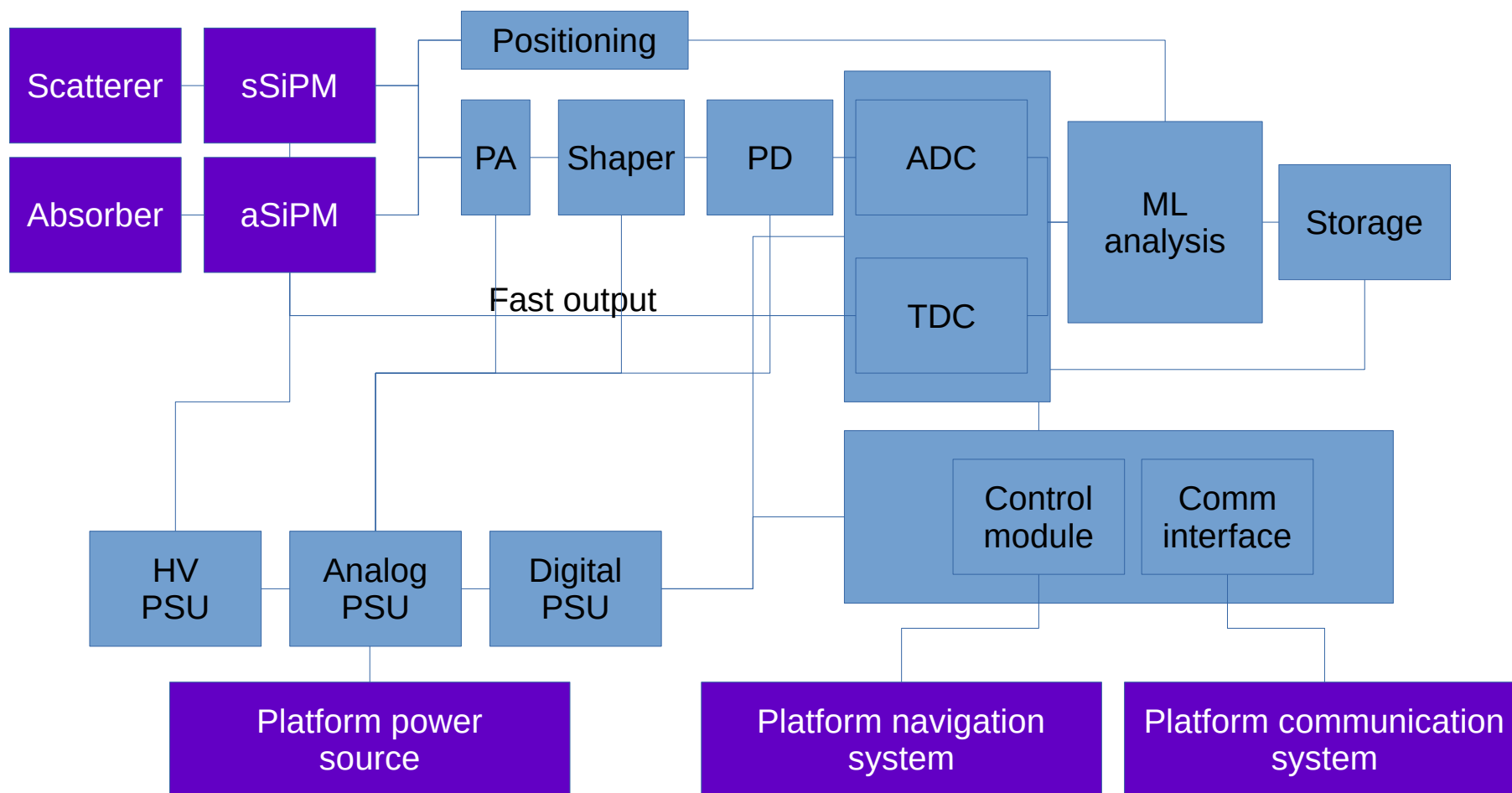


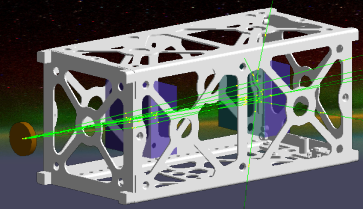
Пакет за симулации

- Базиран на библиотеката за детекторни симулации Geant4
- Модулна структура
- Геометрия и конструкция на детектора без необходимост от програмиране
- Параметрите на физическите процеси са изцяло базирани на външна текстова конфигурация
- Динамична конфигурация чрез вътрешните механизми на библиотеката
- Най-често променяните модули – запис на изходящите данни и филтри – могат да се реализират със scripting languages (python)
- Форматиране на изходящите данни за вход към следващите системи за симулация



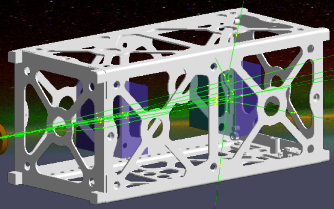
Принципна схема на детектора





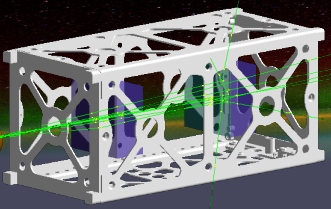
Детектори и захранване

- SiPM
 - OnSemi (SenSL) SiPM матрици
 - Hamamatsu MPPS (единични SiPMs и матрици)
- Захранване
 - Нискошумящ boost converter
 - Регулируемо напрежение за целия обхват на работа на силициевите фотоумножители
 - Регулиране за индивидуалните SiPM пиксели за матрици с голям размер (>100 pixels)
 - Частично съобразен със спецификациите на платформата CubeSat (по отношение на входящо напрежение)



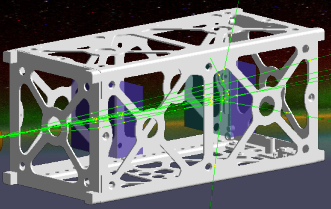
Модули за обработка на сигнала

- Генериране на сигнал за запуск на обработка по фронт от “бърз” изход на SiPM
- Определяне на времето на събитие
 - TDC реализирано във FPGA модул
- Оценка на депозираната енергия
 - ADC реализирано във FPGA модул
- Определяне на координатите на позицията на поглъщане по пикселите с максимални стойности
- Дискриминация и обработка на събития за изграждане на образ чрез machine learning модул



Управление и комуникация

- За текущата фаза на проекта
 - Реализация на интерфейс, съобразен с платформата за ориентиране на системата според нуждите за дадено наблюдение
 - Реализация на интерфейс за управление на захранването от платформата на детекторната система
- За евентуална следваща фаза
 - Реализация на интерфейс за комуникация на данните до крайния наземен потребител
 - Координация на рояк от детектори, например за наблюдения в различни спектрални области и др.



Заклучение

- Изследване на възможности за изграждане на иновативни системи за космически обсерватории на базата на нови платформи и на съвременни детекторни технологии и технологии за обработка на данни
- Валидиране на резултатите чрез създаване на детайлни симулирани прототипи и физически устройства
- Използване на итеративен и еволюционен подход за подобряване на параметрите на създадените детектори