

# ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПРОЦЕССОР ДЛЯ БЕСПЛАТФОРМЕННЫХ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ



# ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ И ТРЕБОВАНИЯ К БИНС ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Наименование	Значение	Примечание
Максимальные линейные перегрузки, g	400	
Максимальная угловая скорость, °/сек	600	
Случайный уход при измерении угловых параметров, угл. сек. в сек.	0.01	3σ
Случайная погрешность масштабного коэффициента акселерометров, %	$5 \cdot 10^{-4}$	3σ
Смещение нуля акселерометров, g	$10^{-5}$	3σ

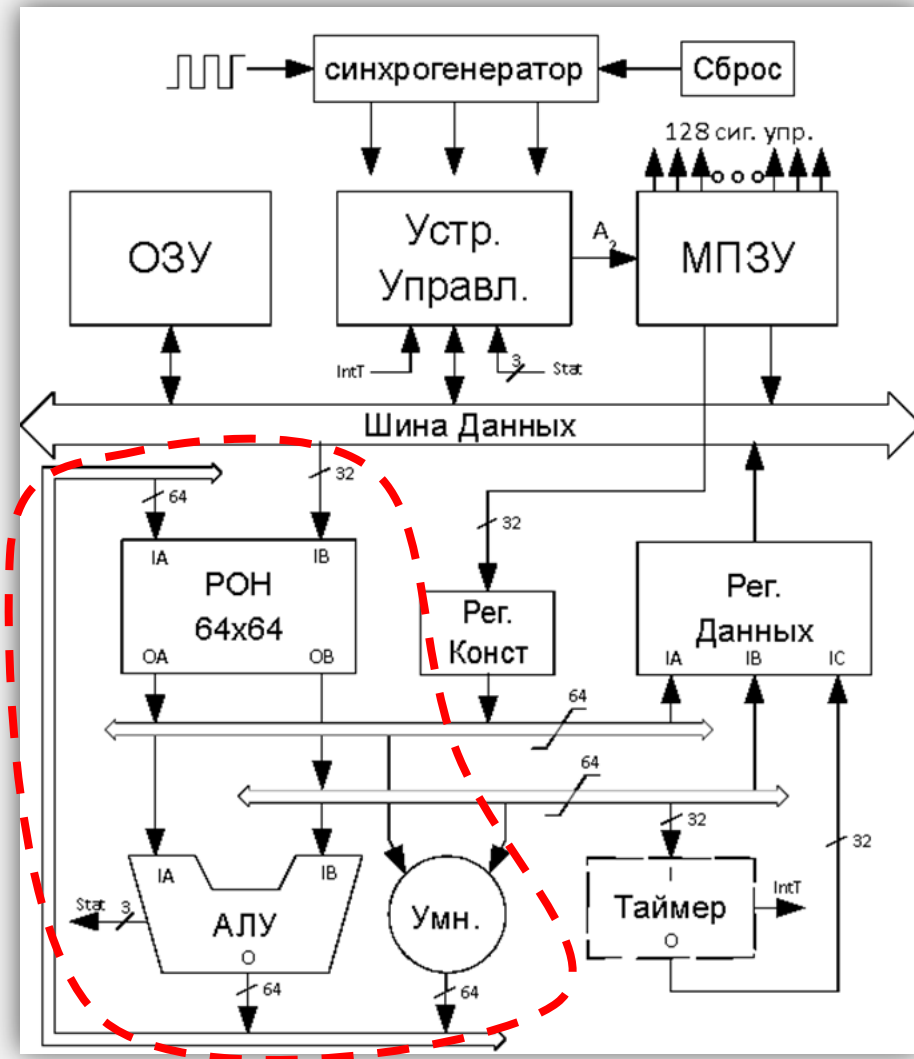


Наименование	Значение	Примечание
<b>БИНС</b>		
Масса, кг	0.5	
Объем, дм <sup>3</sup>	0.4	
Конструктивное исполнение	3D-конструкция герметизированного микроблока	
<b>ФОП</b>		
Производительность, MOPS (10 <sup>6</sup> op/sec)	100	Эквивалентная производительность
Разрядность данных, бит	64	
Масса, кг	0.1	
Объем, дм <sup>3</sup>	0.1	
Потребляемая мощность, Вт	0.3	
Конструктивное исполнение	1 кристалл СБИС	



## Особенности архитектуры:

- Длительность операций – 1 такт
- Фиксированная точка
- 4-входовой регистровый файл (внутренний и внешний обмены одновременно)
- Умножение  $64 \times 64$ , произведение – 128 бит
- Длина командного слова – 128 бит (все модули функционируют одновременно)



Тип архитектуры – VLIW-RISC  
 Разрядность модулей – 64 бита со знаком  
 Емкость памяти: ОЗУ – 16К×32 бита  
                                 РОН - 64×64 бита  
 Магистралы: процессорное ядро – 64 бит  
                                 обмен с ОЗУ – 32 бита

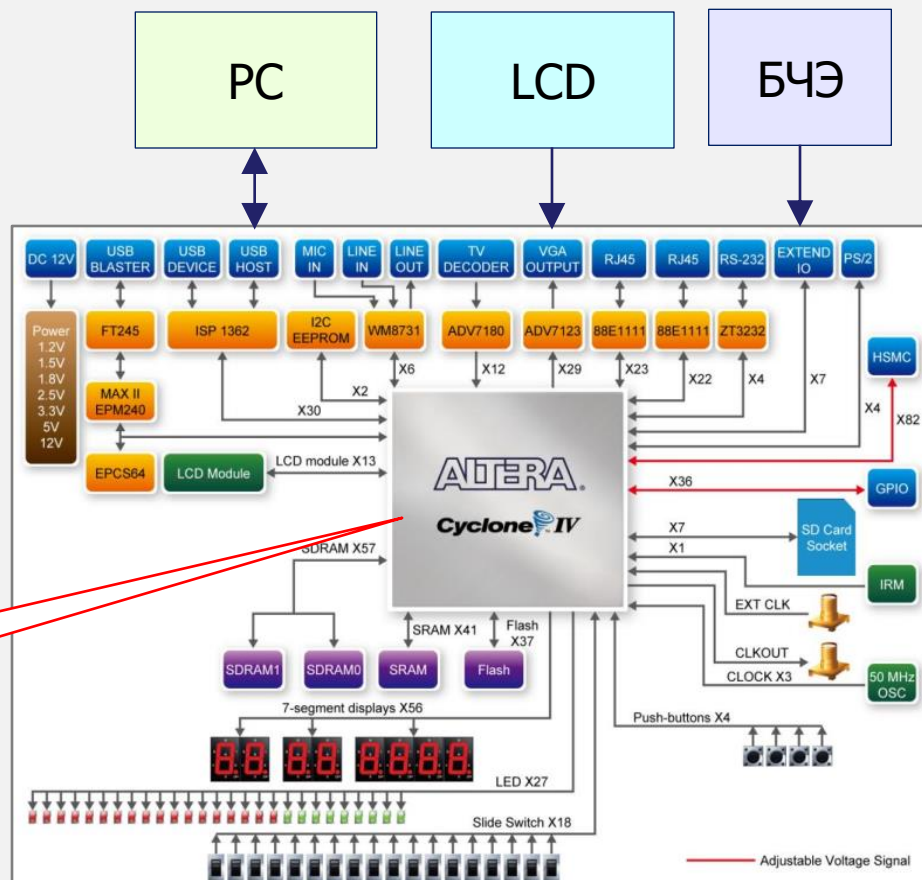
Времена выполнения операций и функций (64b)		
Сложение, вычитание	1 такт	
Умножение	1 такт	$64b \times 64b = 128b$
Деление	50 тактов	$64b/64b = 64b[q] + 64b[r]$
Sin(x), Cos (x)	56 тактов	$e \leq 10^{-18}$



## Прототип СБИС ФОП на базе FPGA Altera Cyclone IV

### Режимы работы:

- Загрузка программы
- Исполнение – шаговое, циклическое.
- Возможность модификации архитектуры.
- Поддержка режима реального времени.
- Документирование всех операций, программ, прогонов



Прототип IP Core



Сравнение реализации алгоритмов БИСО на ФОП-БИНС-64 и на серийно выпускающейся БЦВМ. Программисты – разработчики алгоритмов. Задачи:

- Сравнение времени реализации алгоритмов БИСО на обеих платформах
- Сравнение суммарной погрешности реализации алгоритмов БИСО на обеих платформах

## Результаты реализации алгоритмов БИСО

Алгоритмы БИСО			Параметры реализации			
Наименование алгоритма	Процессор	Физический смысл прогона	Длина пр - мы, команд	Требуемая емкость ОЗУ, ячеек	Время реализации, тактов	Суммарная абсолютная погрешность
5-ти шаговый алгоритм БИСО	БЦВМ	Измерение угловой скорости вращения Земли	н/д	н/д	<b>6462</b>	<b><math>1,87 \cdot 10^{-5}</math> *</b>
	ФОП64		372	60	<b>412-436</b>	<b><math>2.0 \cdot 10^{-13}</math> **</b> <b><math>1,2 \cdot 10^{-11}</math> ***</b>

\* -  $N_{\text{циклов}} = 5000$  (~16 мин полета)

\*\* -  $N_{\text{циклов}} = 4 \cdot 10^5$  (~16 мин полета)

\*\*\* -  $N_{\text{циклов}} = 2.4 \cdot 10^7$  (~10 мин полета)

