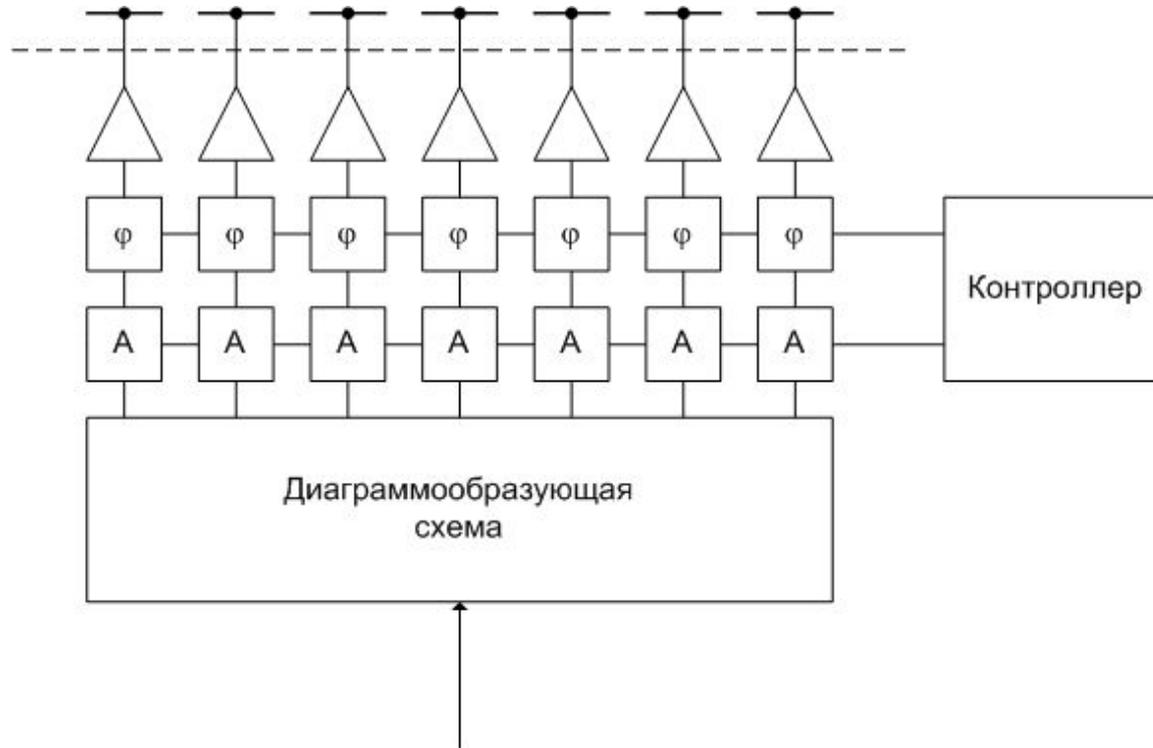


Структура курса

- Введение
 - Фазированные антенные решетки и их назначение
- Теория ФАР
 - Основные характеристики ФАР
 - Диаграммоформирование в ФАР
- Техника ФАР
 - Схемы возбуждения ФАР
 - Принципы конструирования ФАР
 - надежность ФАР
 - **принципы управления ФАР**
 - Калибровка и контроль ФАР

Типовая схема передающей ФАР



Основное соотношение управления ФАР

$$\Delta\varphi_i = \frac{2\pi}{\lambda} (ux_i + vy_i + wz_i) - \varphi_i^0 + \varphi_i^{wide}$$

λ - длина волны

x, y, z - координаты элемента (обычно две)

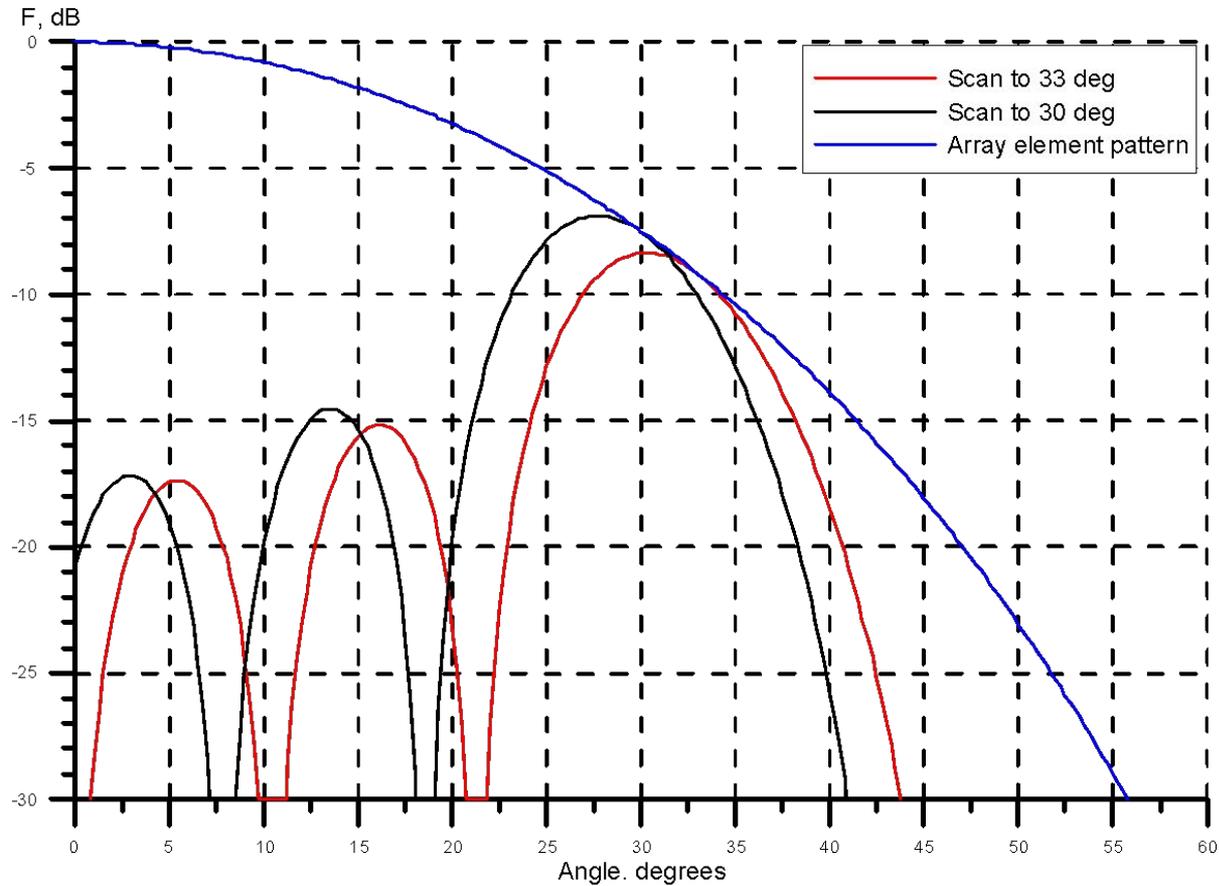
u, v, w - направляющие косинусы (обычно два)

φ_i^0 - начальная фаза канала

φ_i^{wide} - маска управления формой ДН (расширения луча)

Луч отжимается внутрь

(влияние ДН элемента)



Описание параметров алгоритма

- **Координаты**
 - определяются «по чертежу»,
 - прошиваются в энергонезависимую память антенны
- **Длина волны**
 - определяется по ТЗ
 - Прошивается в энергонезависимую память антенны
 - Передается как номер частотной точки
- **Начальная фаза**
 - определяется при калибровке
 - Прошивается в энергонезависимую память антенны
- **Маска управления формой луча**
 - Предвычисляется при проектировании антенны
 - Несколько наборов прошиваются в энергонезависимую память
 - Передается как номер расширения
- **Направляющие косинусы**
 - Передаются как параметр от внешнего управляющего устройства

Типовые требования к контроллеру

$$\Delta\varphi_i = \frac{2\pi}{\lambda} (ux_i + vy_i + wz_i) - \varphi_i^0 + \varphi_i^{wide}$$

- Требования по быстродействию
- Требования к памяти

Расчет фазовых состояний в целых числах

$$\Delta\varphi_i = \frac{2\pi}{\lambda} (ux_i + vy_i + L_i^0) \quad \xrightarrow{\text{Нормировка к } \lambda} \quad \Delta\varphi_i = 2\pi (u\tilde{x}_i + v\tilde{y}_i + \tilde{L}_i^0)$$

$$n_i = \text{round}\left(\frac{\partial\varphi_i N}{2\pi}\right) \quad \text{- номер состояния фазовращателя}$$

тогда
$$n_i = \text{round}\left(N(u\tilde{x}_i + v\tilde{y}_i + \tilde{L}_i^0)\right)$$

переход к целым числам

$$\hat{u} = 2^{15} u \quad \hat{x} = 2^8 \tilde{x} \quad N = 2^k$$

$$u = \frac{\hat{u}}{2^{15}} \quad \tilde{x} = \frac{\hat{x}}{2^8}$$

$$n_i = \frac{2^k}{2^{8+15}} (\hat{u}\hat{x}_i + \hat{v}\hat{y}_i) \quad \text{округление автоматически}$$

Два 16-разрядных умножения, 32-разрядное умножение, сдвиг

Для учета начальной фазы и расширения – 16-разрядные сложения

Бюджет памяти для констант диаграммоформирования

- На один канал:
 - На одну частотную точку:
 - Координаты элементов – 2×16
 - Начальная фаза 1×16 (иногда больше)
 - На один тип расширения
 - Константа расширения 1×16

итого 6-8 байт на канал и частотную точку
Для крупной сложной антенны - мегабайты

Альтернатива: пред-вычисление фазовых состояний

- Для ограниченного количества лучей:
- В памяти хранится набор номеров состояний для каждого луча
- Они были определены заранее
- Нет вычислений, только выбор из памяти

К вопросу о точности установки луча

$$\Delta l = \frac{\lambda}{N}$$



$$\theta_{3dB} = \frac{\lambda}{D}$$

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta l}{D} = \frac{\lambda}{ND} = \frac{\theta_{3dB}}{N}$$

Формула очень примерная!

- Переключение фазовращателя – вероятностное событие, и происходит раньше, чем предполагается формулой
- Переключение одного элемента не значит, что максимум луча сдвинется
- Сдвиг максимума луча не значит заметного изменения уровня сигнала
- Должна производиться статистическая оценка точности положения равносигнального направления
- В любом случае для многоэлементных антенн луч управляется весьма точно

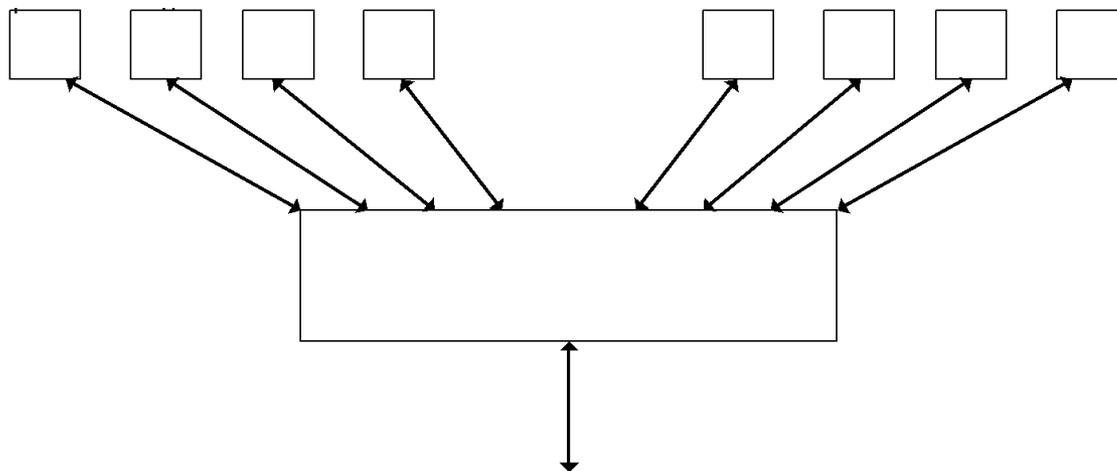
К вопросу о скачке фазы при установке луча



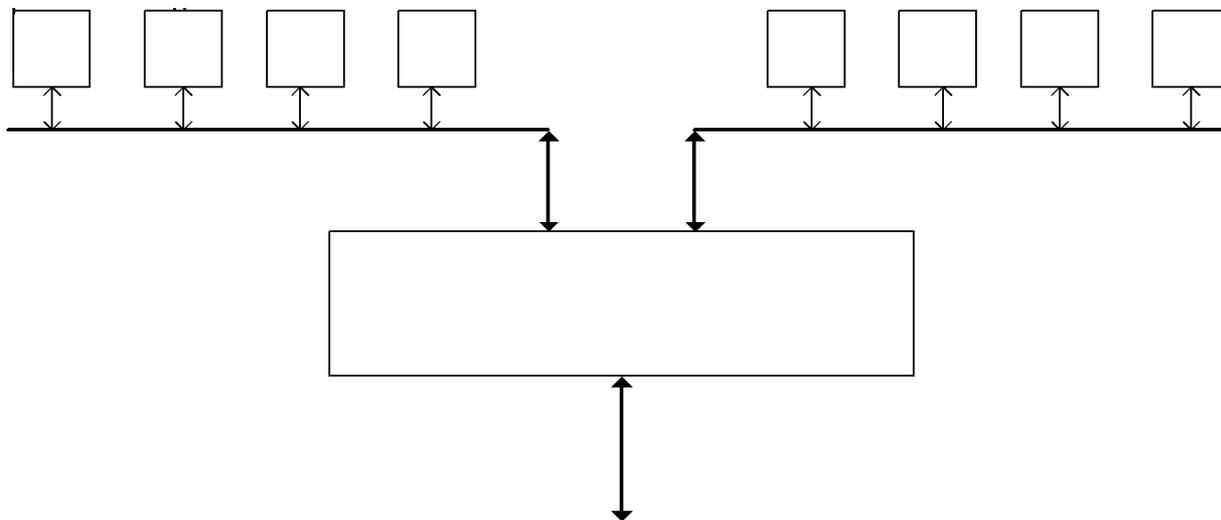
$$\Delta\varphi_i = \frac{2\pi}{\lambda} (ux_i + vy_i + wz_i)$$

Где начало координат для координат?

Архитектура типа «звезда»



Архитектура типа «шина»

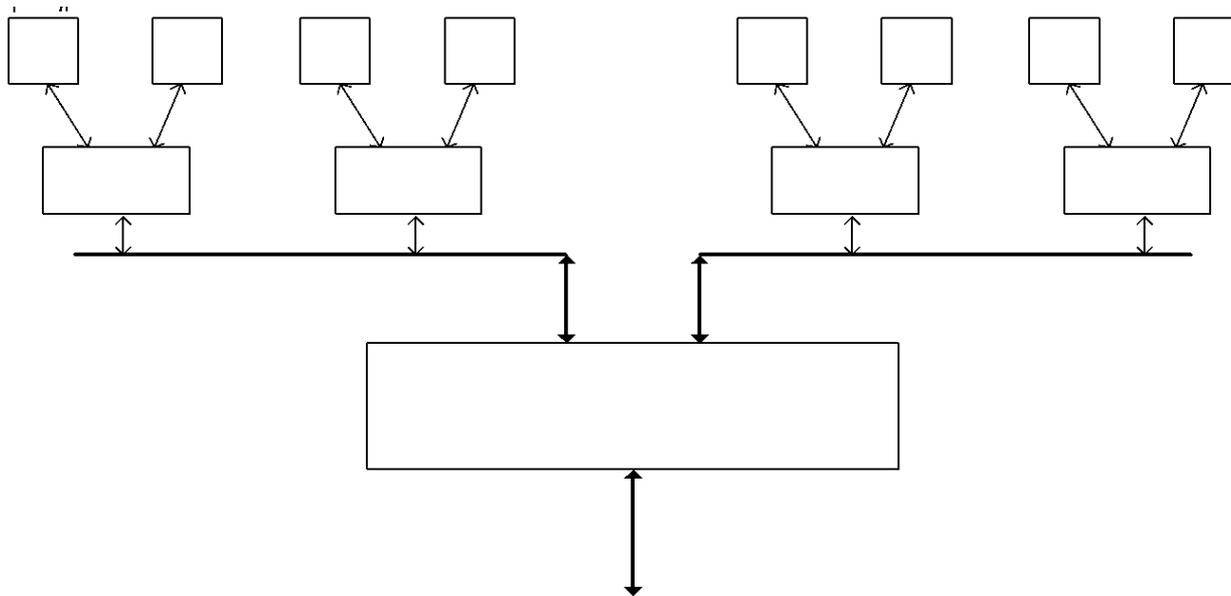


Бюджет пропускной способности каналов управления ФАР

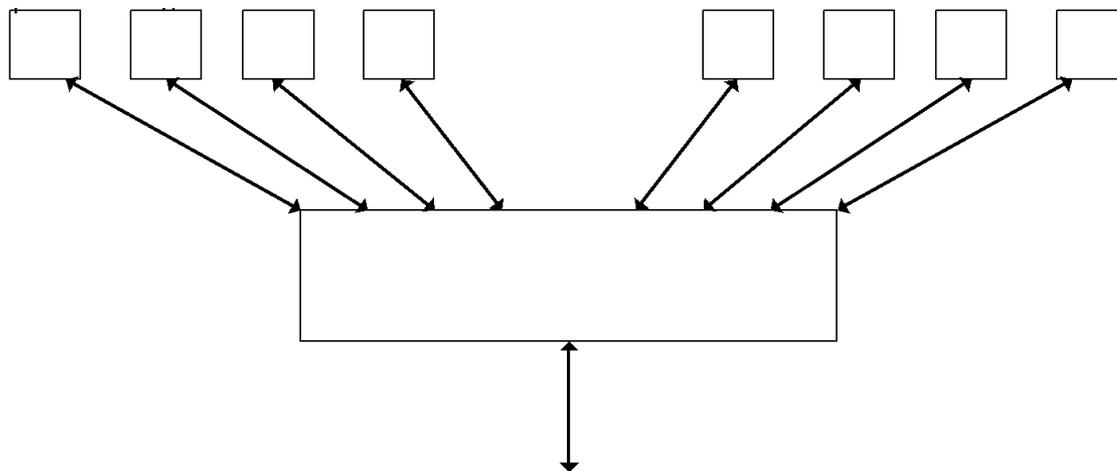
- На один канал: 1 байт (10 бит).
- На 1000 каналов: 1 кБайт (10 кБит)
- На 1000 герц: 1 мБайт/с (10 мБит/с)

Необходимо распределение ресурсов

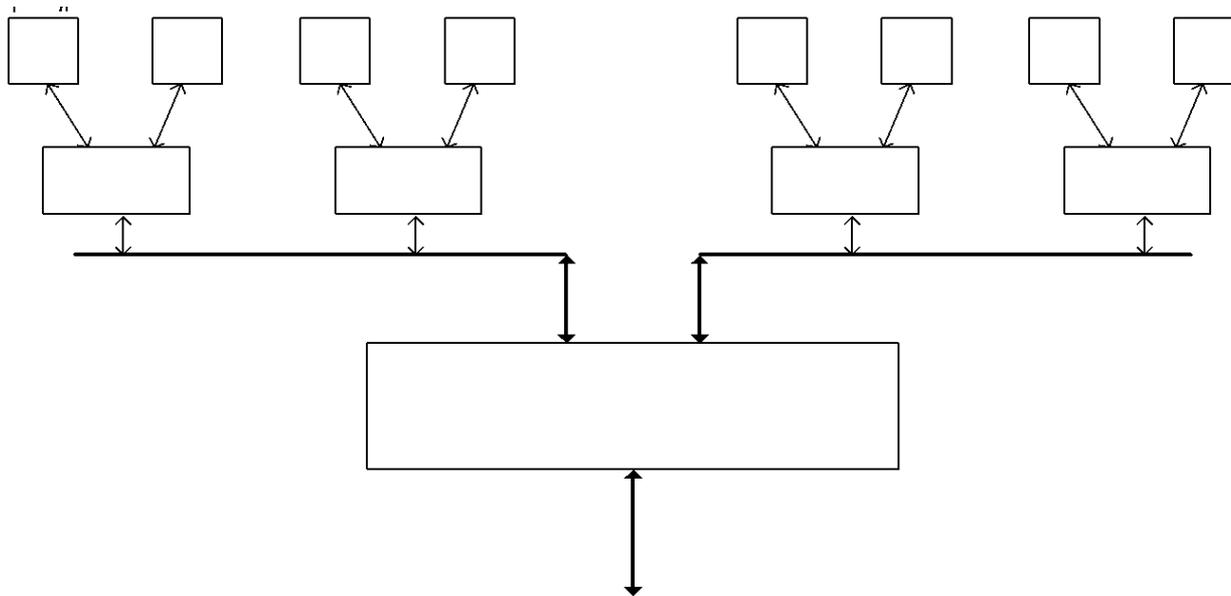
Использование распределенных вычислений



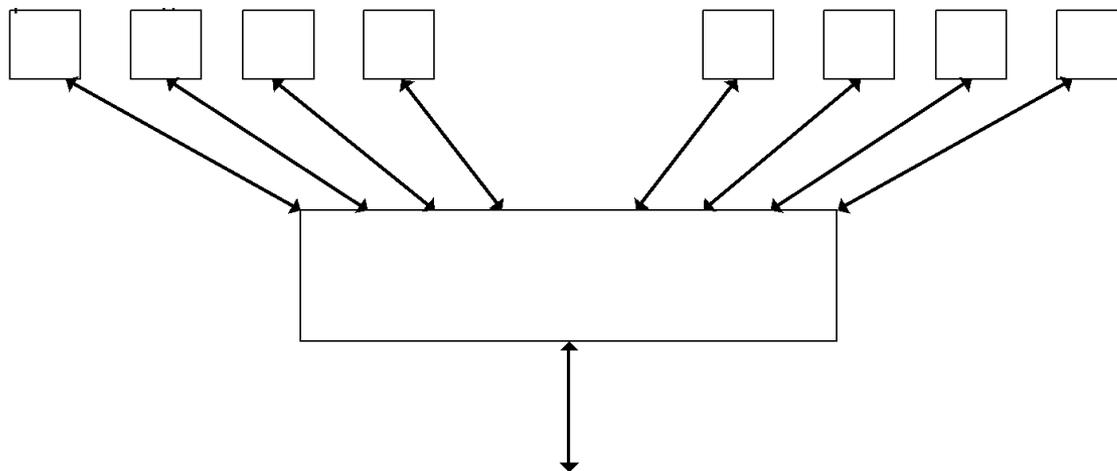
Архитектура типа «звезда»



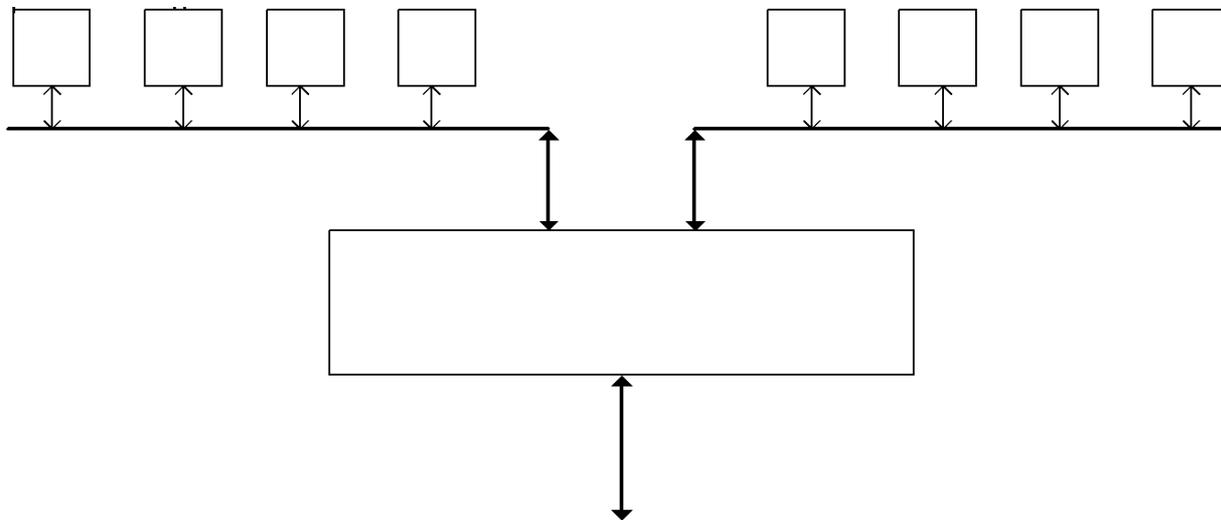
Использование распределенных вычислений



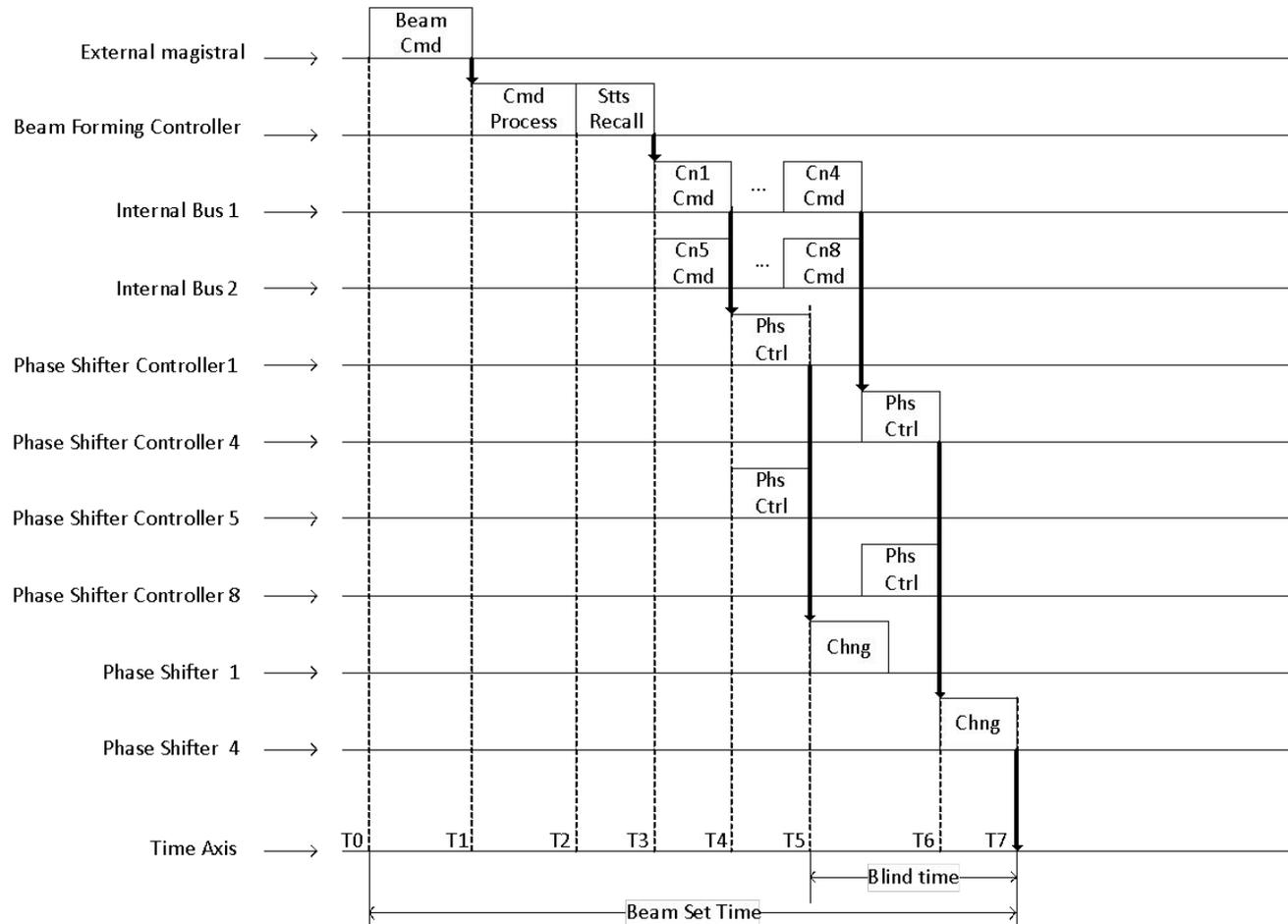
Архитектура типа «звезда»



Архитектура типа «шина»



Временная диаграмма «шины»

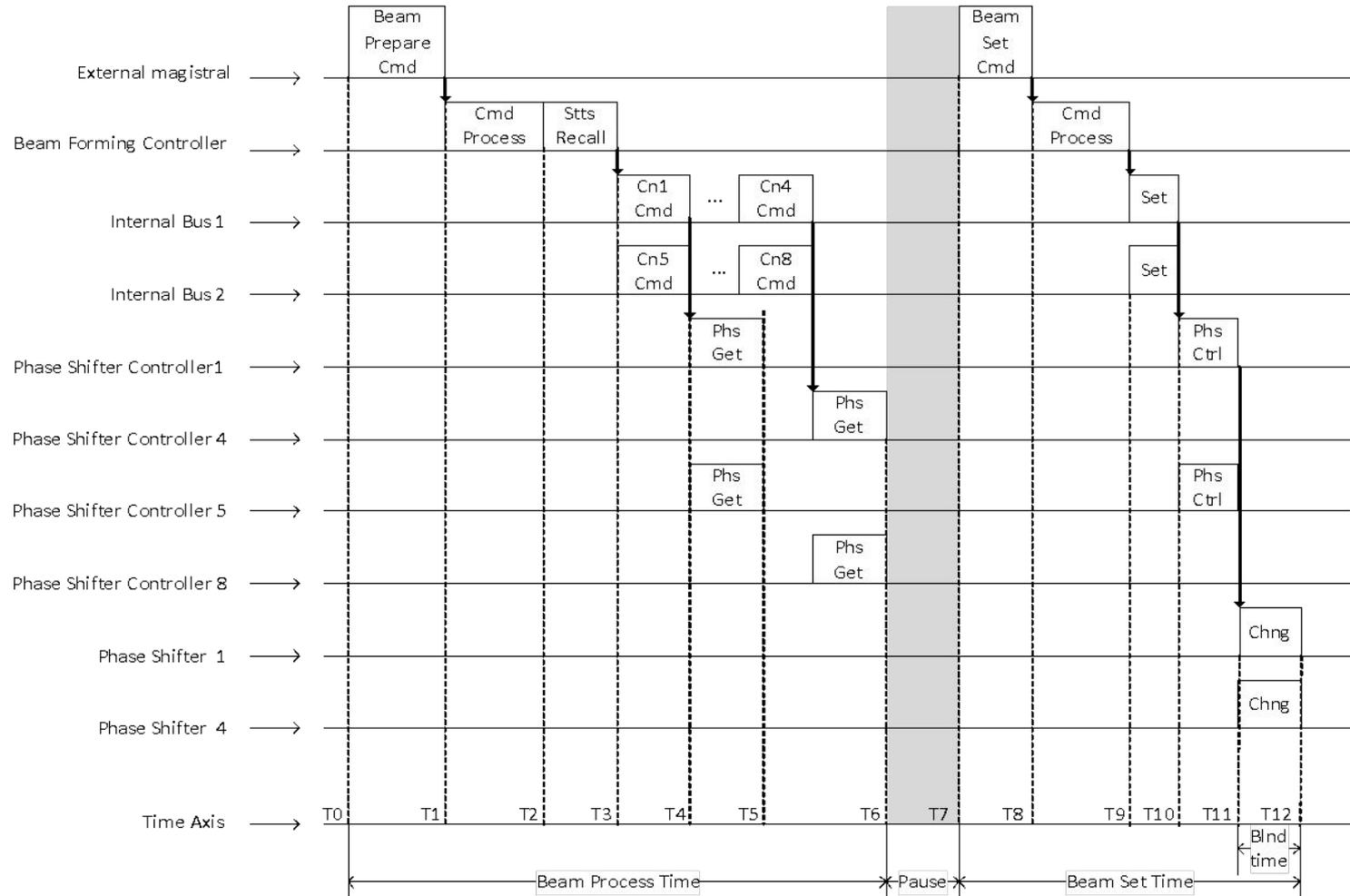


Типовые временные интервалы

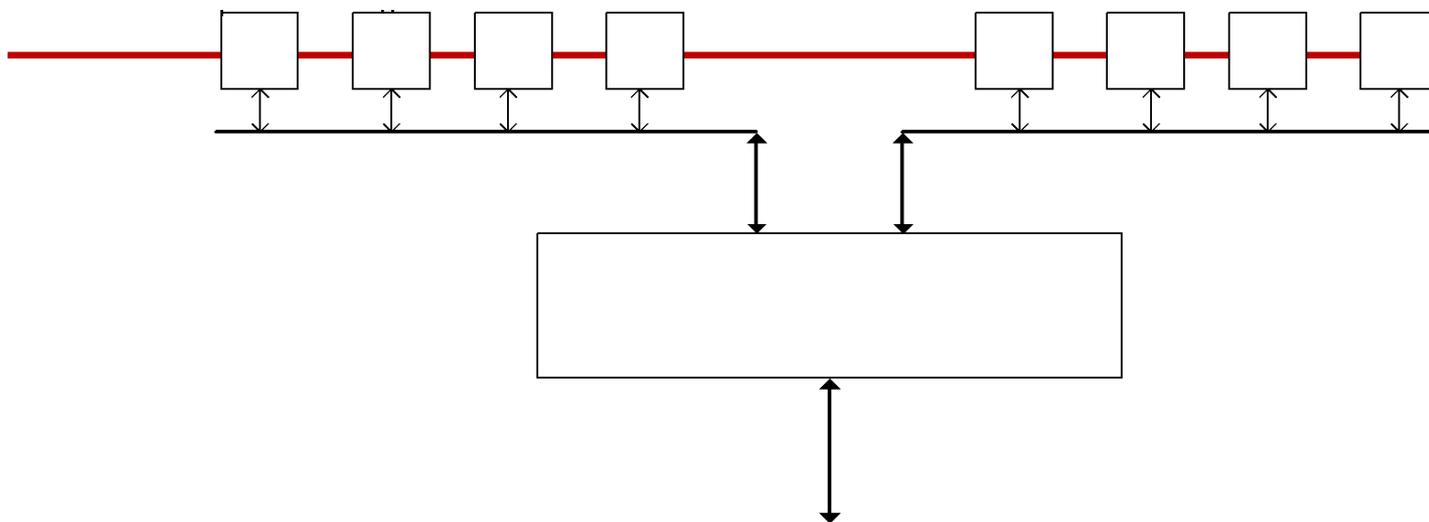
Исходя из скорости магистрали 1 мегабит/сек
(1 бит за 1 мкс)

- Длина КУЛ 100 бит
- Длина КУФ 50 бит
- 10 абонентов на шине 500 бит
- Время ослепления 0.5 миллисекунды

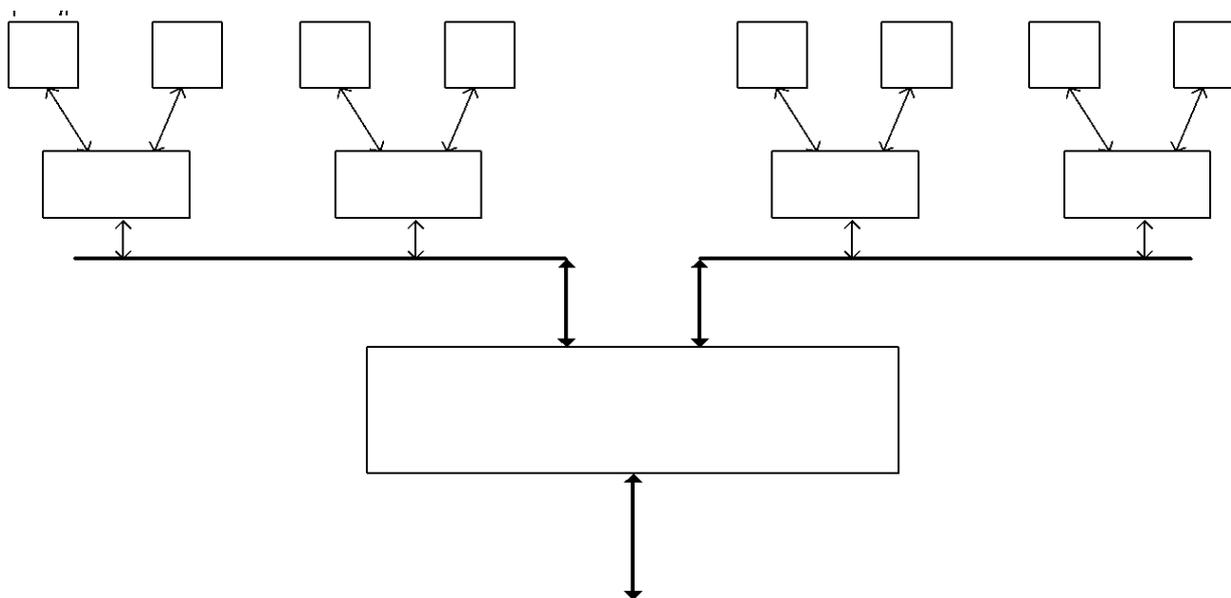
Сокращаем время ослепления



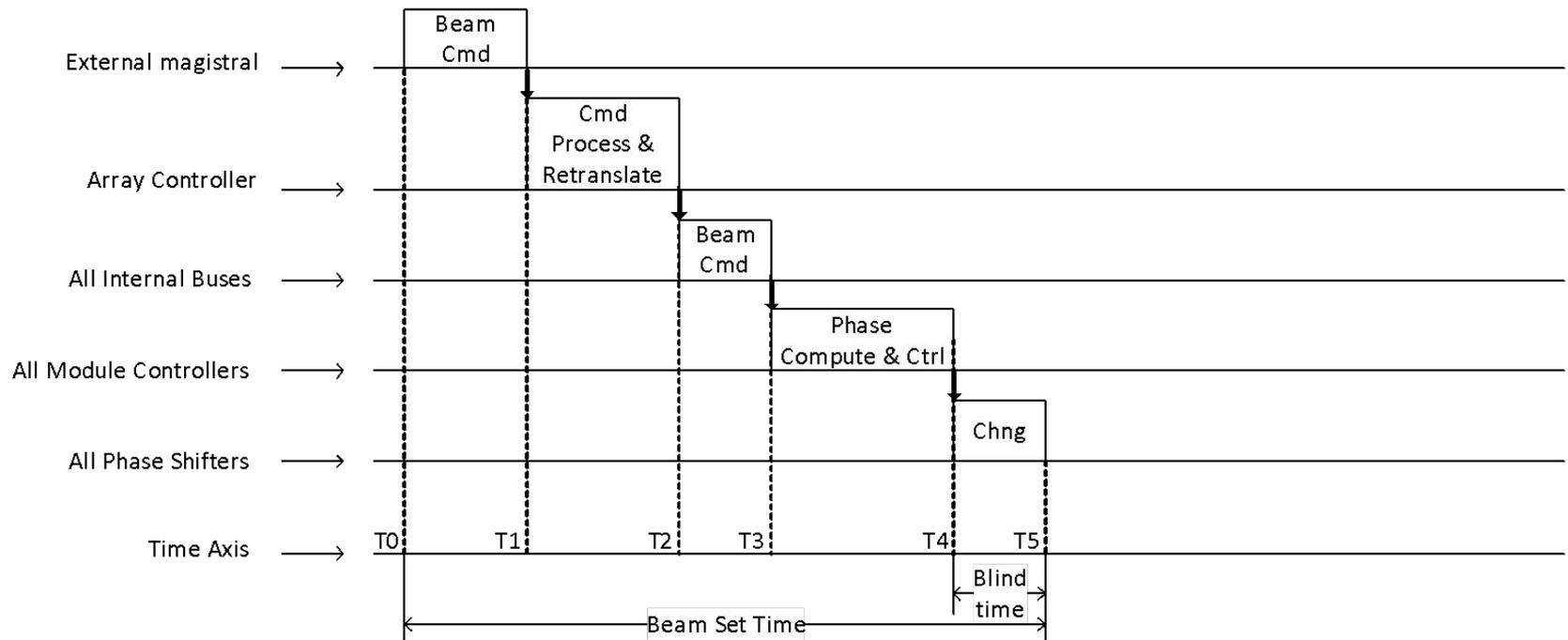
Архитектура типа «шина»



Распределенная архитектура



Временная диаграмма



Требования, которые надо оговорить в ТЗ

- Время установки луча (ослепления?)
- Время выполнения команды
- (опционально) время до начала установки луча (ослепления?)
- Темп (максимальная частота) выдачи команд

Модульность!!!

