

# Лекция 8 Периферийные модули: Timer, DMA, ADC, DAC

---

План курса «Встраиваемые микропроцессорные системы»:

**Лекция 1:** Введение. Язык программирования C

**Лекция 2:** Язык программирования C, применение для встраиваемых систем

**Лекция 3:** Стандартная библиотека языка C

**Лекция 4:** Ядро ARM Cortex-M3. Микроконтроллер Миландр K1986BE92QI

**Лекция 5:** Этапы разработки микропроцессорных систем

**Лекция 6:** Разработка и отладка программ для встраиваемых систем

**Лекция 7:** Архитектура программного обеспечения

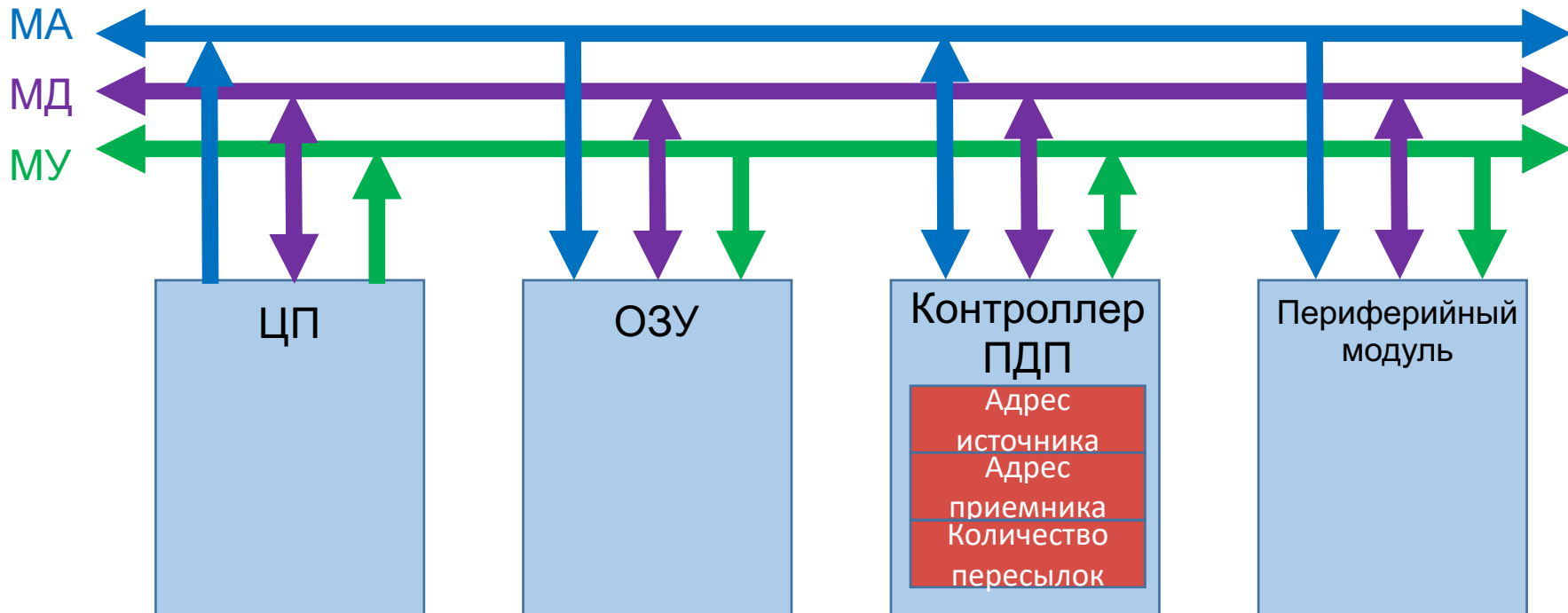
**Лекция 8:** Периферийные модули: Timer, DMA, ADC, DAC

**Лекция 9:** Периферийные модули: CAN, USB, Ethernet, SDIO

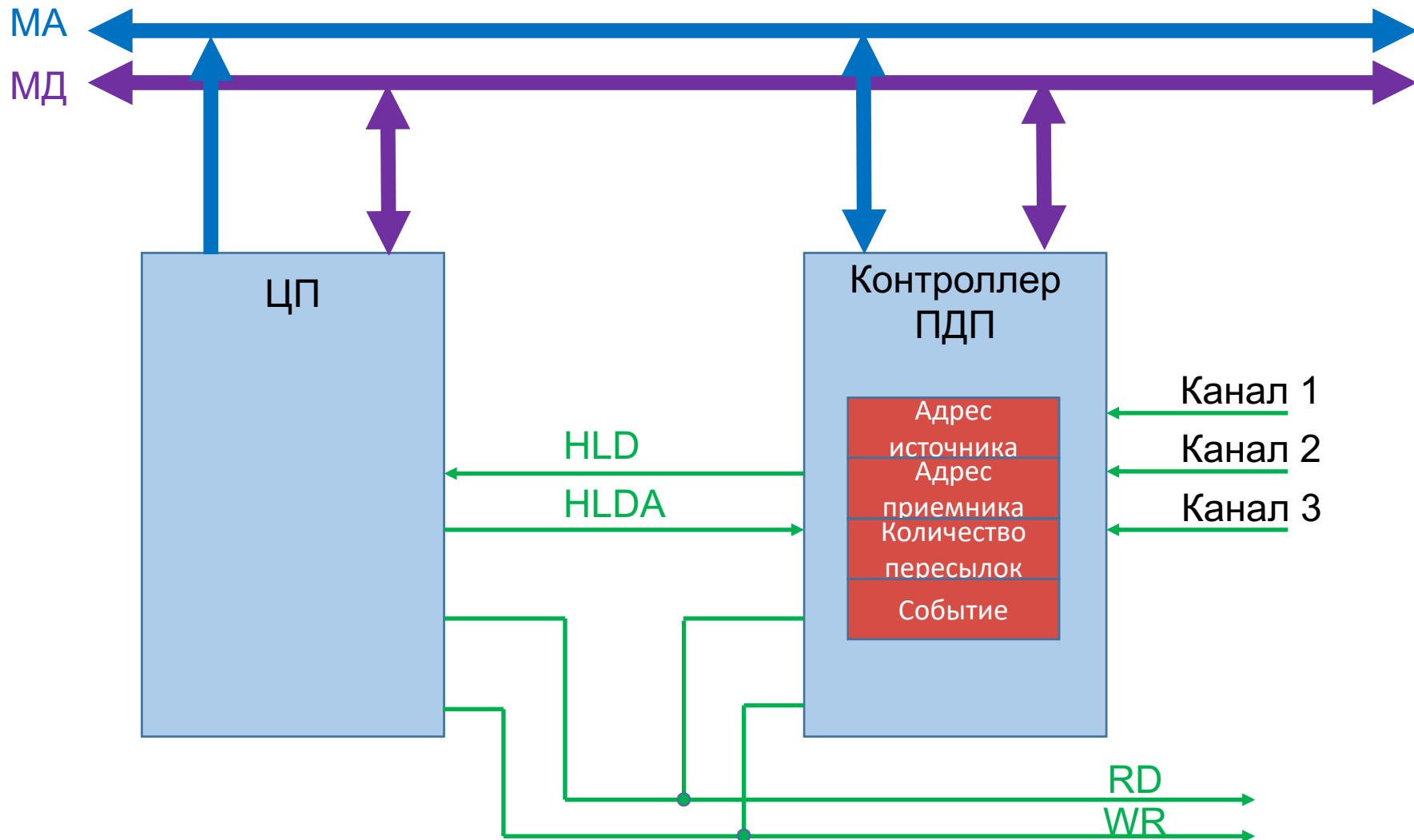
# Прямой доступ к памяти

Прямой доступ к памяти (ПДП, DMA – Direct Memory Access) – режим обмена данными в микропроцессорной системе в котором центральный процессор не участвует.

Контроллер DMA – периферийный модуль микропроцессорной системы, реализующий режим прямого доступа к памяти.



# Прямой доступ к памяти



# Причины использования прямого доступа к памяти

---

1. При копировании данных из памяти в память:
  - снижение накладных расходов на одну пересылку;
2. При обмене данными с периферийным модулем:
  - исключение ожидания флага окончания передачи (преобразования);
  - исключение вызова обработчика прерывания по окончании передачи (преобразования).

# Процесс перехода в режим прямой доступ к памяти

---

1. Контроллер ПДП получает событие запуска;
2. Контроллер ПДП выставляет для ЦП сигнал HLD (захват шины) – запрос на прямой доступ к памяти;
3. ЦП заканчивает текущие операции на шине и выставляет сигнал подтверждение HLDA;
4. Контроллер ПДП осуществляет передачу данных по шине;
5. По окончании передачи контроллер ПДП снимает сигнал HLD и выставляет запрос на прерывание.

# Настройка контроллера прямого доступа к памяти

---

1. Событие запуска;
2. Адрес источника данных;
3. Адрес приемника данных;
4. Количество пересылок;
5. Направление передачи:
  - память – память;
  - периферия – память;
  - память – периферия;
6. Размер передаваемого слова (8 бит, 16 бит, 32 бита);
7. Разрешение генерации прерывания по окончании всех пересылок;
8. Режим пакетный (burst)/однократный (single-cycle).

Адрес источника SRC
Адрес приемника DST
Количество пересылок LEN

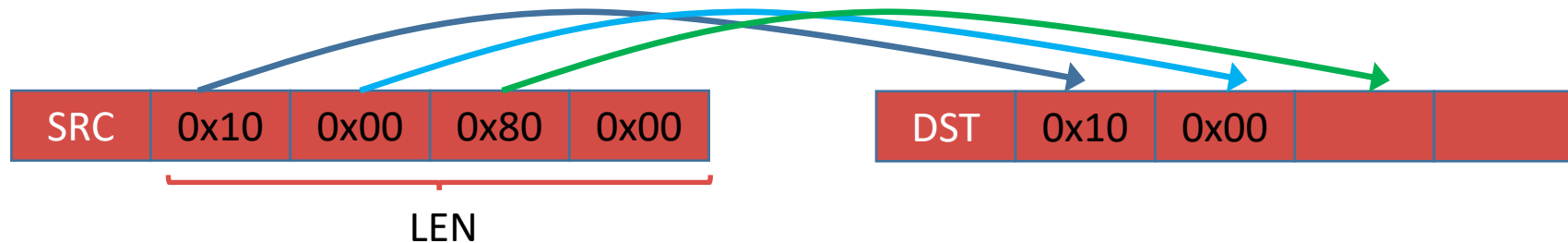
# События запуска

---

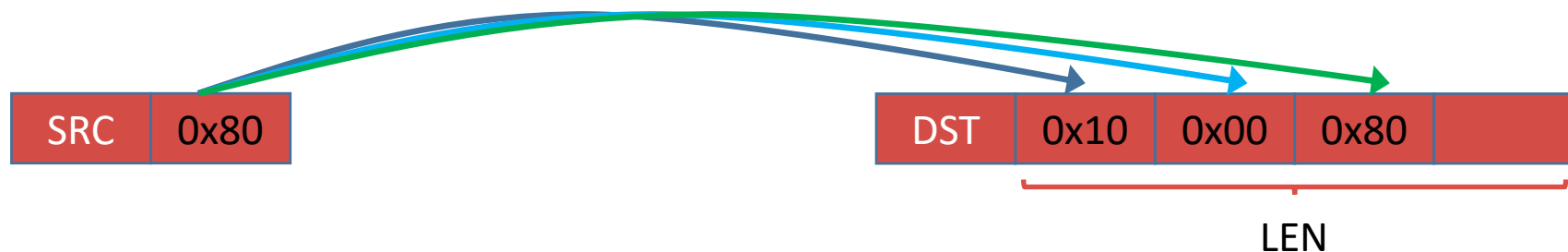
- Программный запуск – запись в регистр специальных функций контроллера ПДП;
- По прерыванию:
  - Окончание преобразования АЦП;
  - Таймер;
  - Окончание передачи/буфер передатчика пуст по UART, SPI, USB, I2C;
  - Окончание приема/буфер приемника заполнен по UART, SPI, USB, I2C.

# Направление передачи

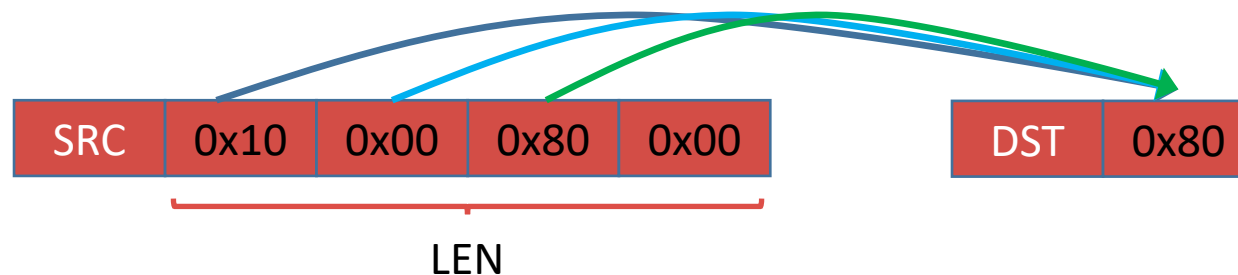
- Память – память: инкремент адреса источника и приемника;



- Периферия – память: инкремент только адреса приемника;



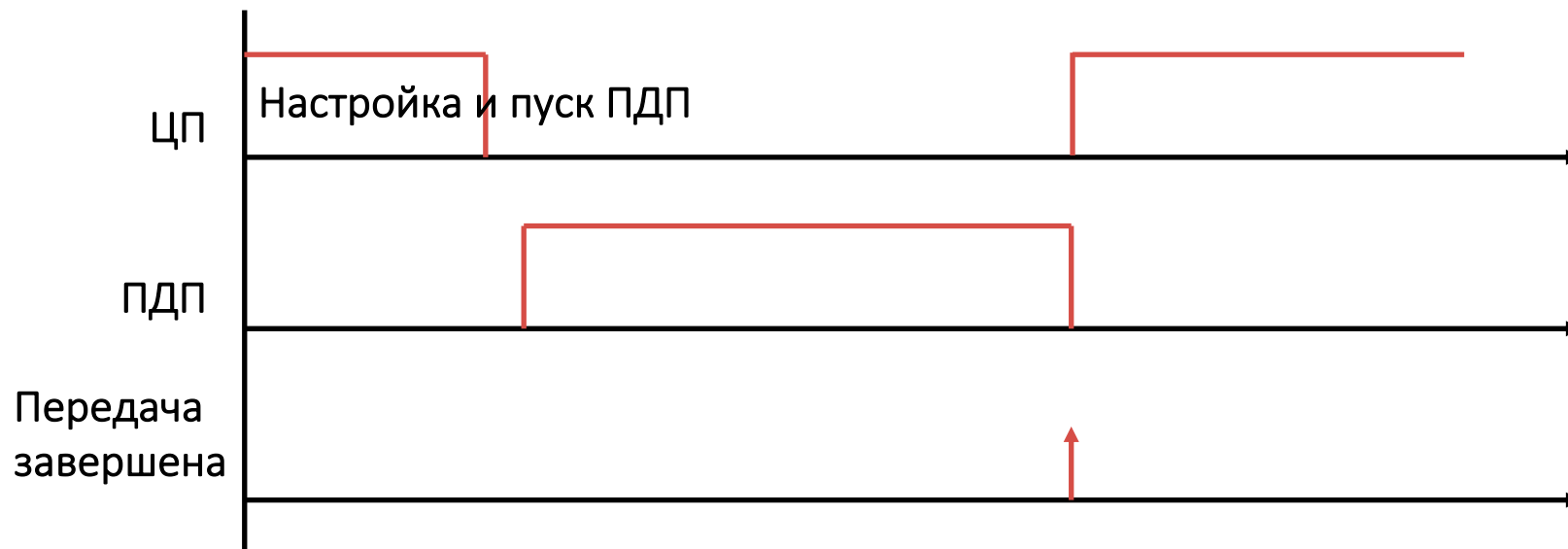
- Память – периферия: инкремент только адреса источника.





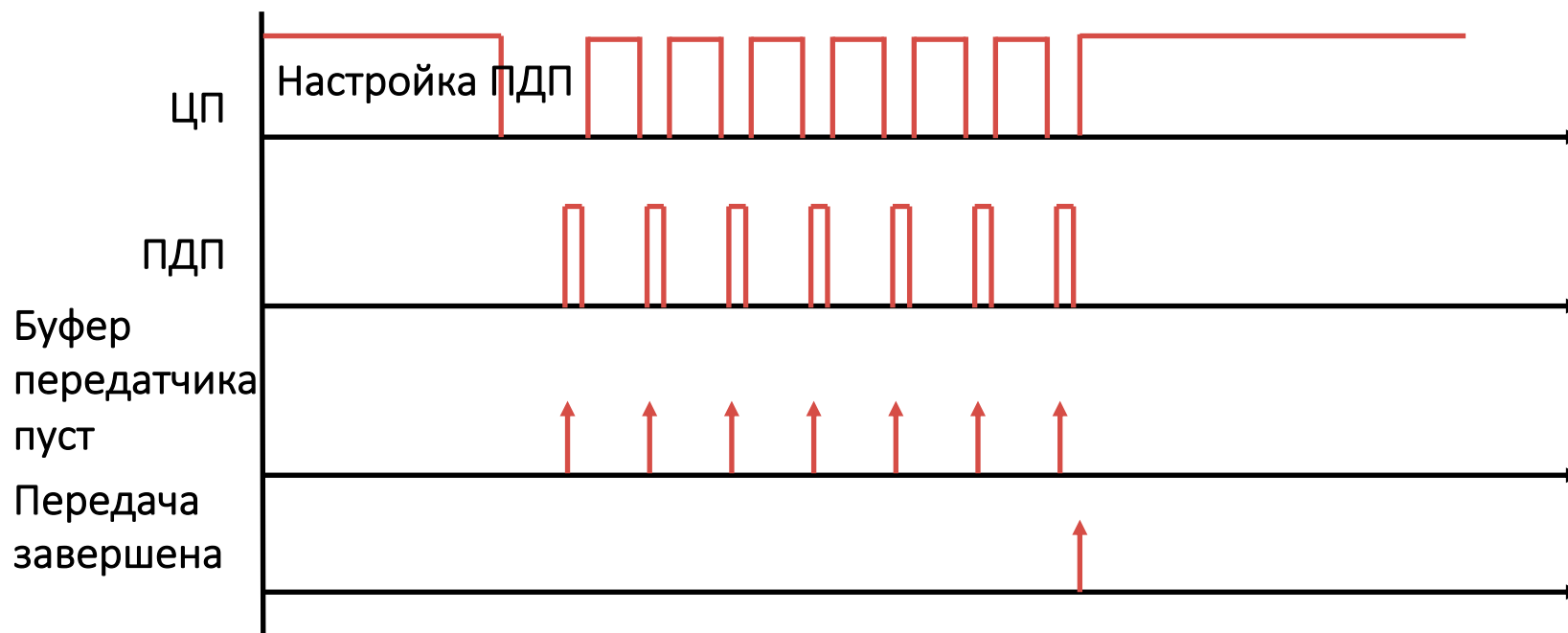
# Пример: Копирование блоков памяти

- Инкремент адреса источника и адреса приемника;
- Размер слова – минимальный размер элемента массива/структуры;
- Количество пересылок – размер массива;
- Генерация прерывания по окончании пересылки;
- Программный пуск;
- Пакетный режим.



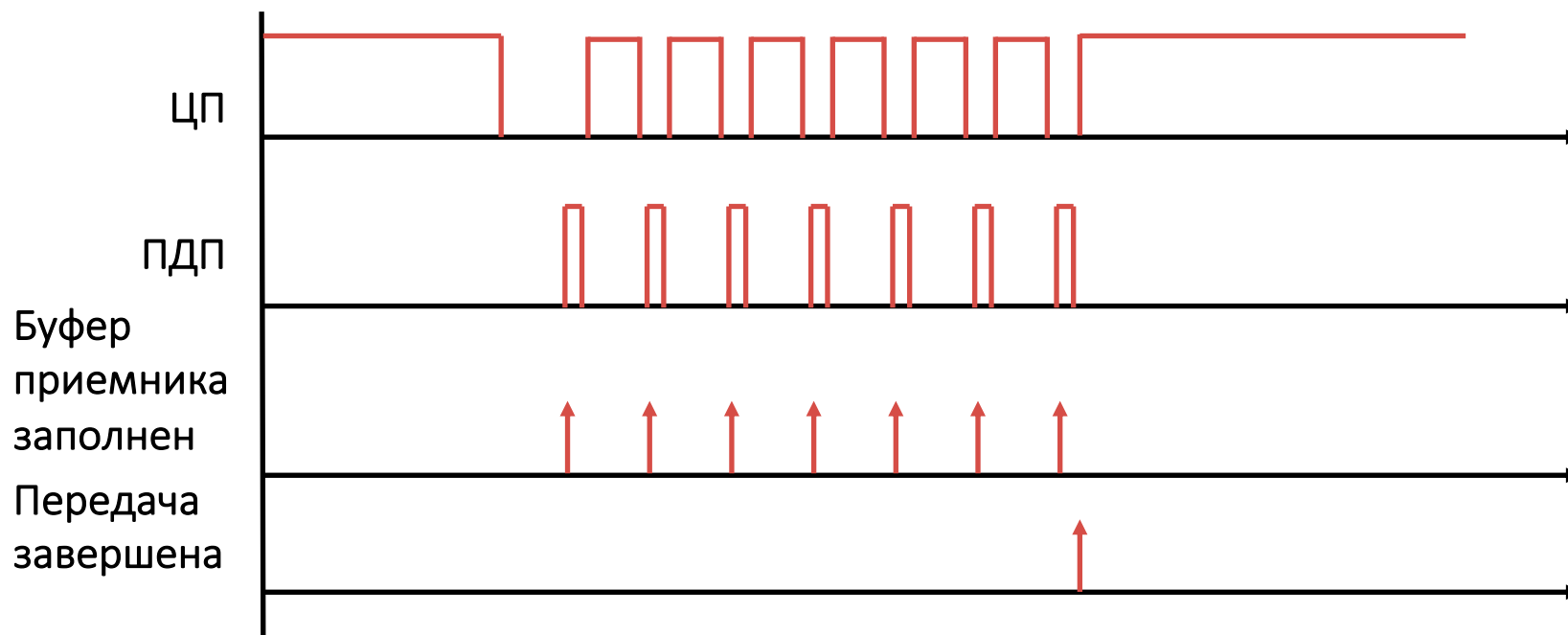
## Пример: Копирование в интерфейс передачи

- Инкремент только адреса источника;
- Размер слова – размер передаваемого слова;
- Количество пересылок – количество данных для пересылки;
- Генерация прерывания по окончании пересылки;
- Пуск по окончании передачи/опустошении буфера;
- **Однократный** режим – передачи по готовности одного слова



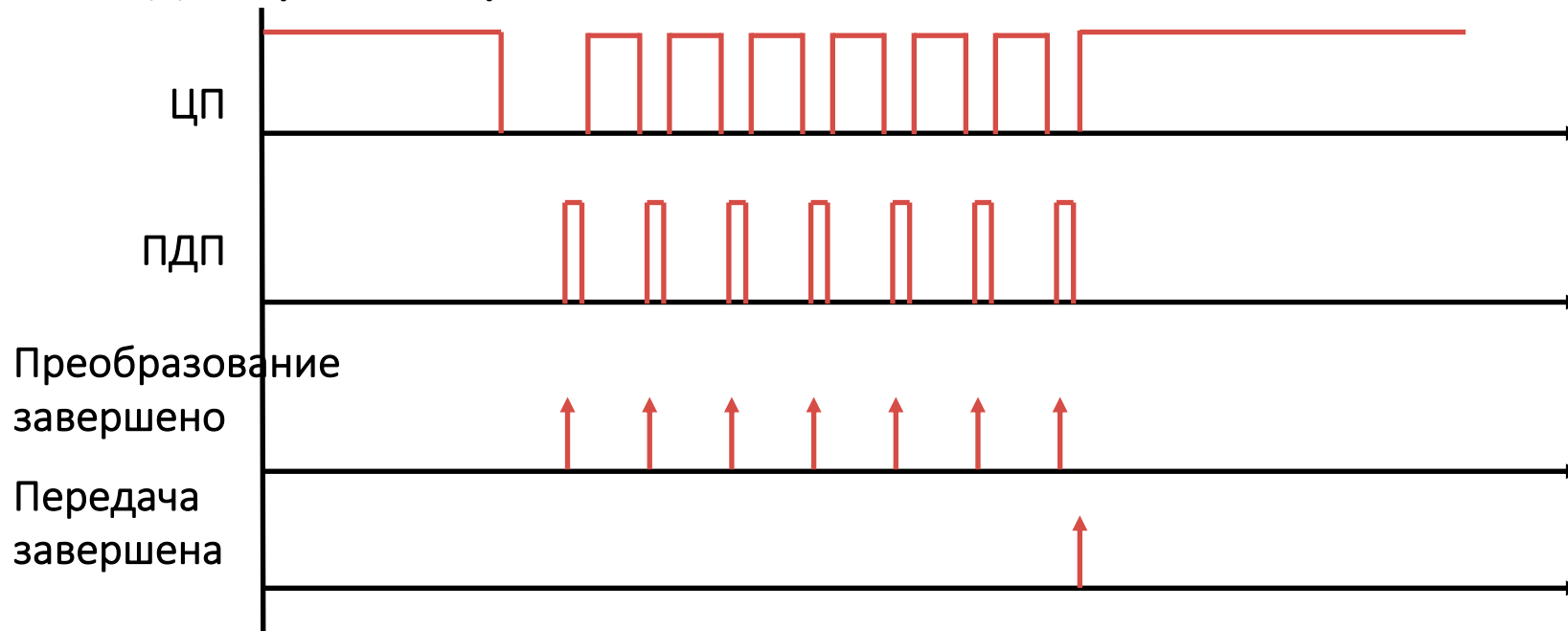
## Пример: Копирование из интерфейса передачи

- Инкремент только адреса приемника;
- Размер слова – размер передаваемого слова;
- Количество пересылок – количество данных для пересылки;
- Генерация прерывания по окончании пересылки;
- Пуск по окончании приема/заполнении буфера;
- Однократный режим.



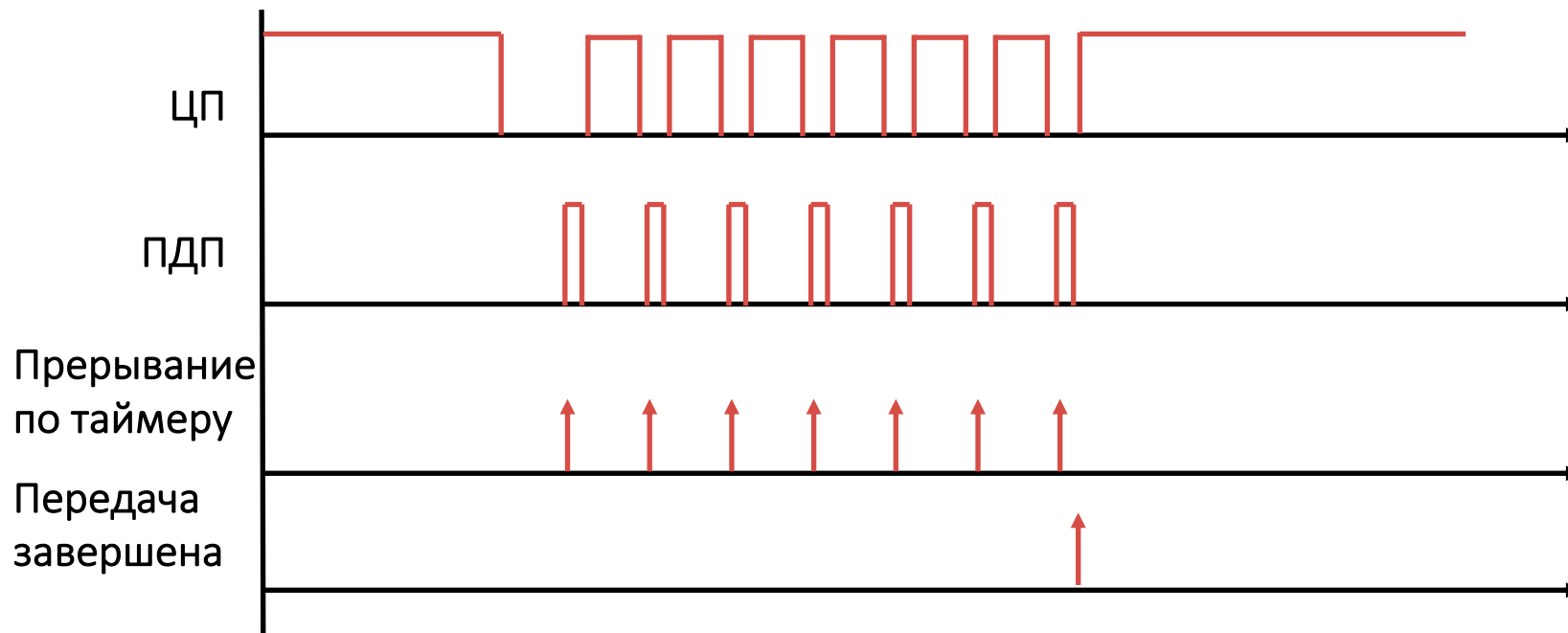
## Пример: Работа с АЦП

- Инкремент только адреса приемника
- Размер слова – размер передаваемого слова
- Количество пересылок – количество данных для пересылки
- Генерация прерывания по окончании пересылки
- Пуск по окончании преобразования АЦП (пуск АЦП по таймеру)
- Однократный режим



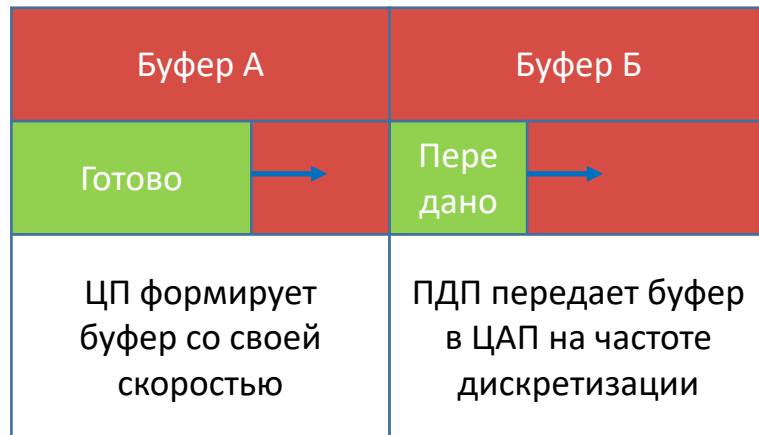
## Пример: Работа с ЦАП

- Инкремент только адреса источника;
- Размер слова – размер передаваемого слова;
- Количество пересылок – количество данных для пересылки;
- Генерация прерывания по окончании пересылки;
- Пуск по таймеру (задание частоты дискретизации);
- Однократный режим.



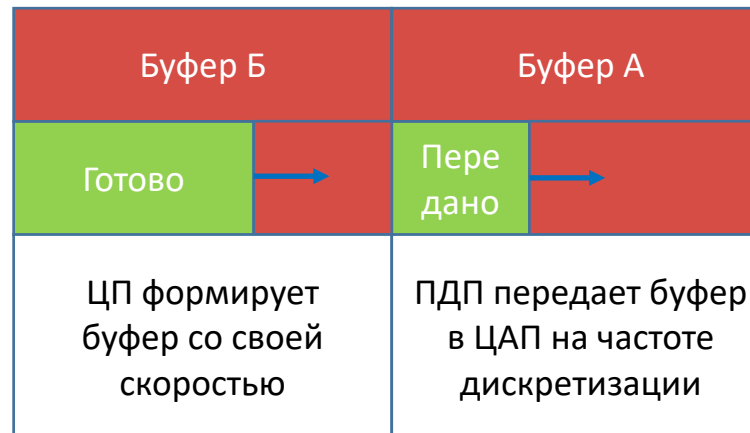
# Пример: Работа с АЦП/ЦАП в режиме «пинг-понг»

Пример генерации сигнала ЦП и передачи на ЦАП через ПДП с двумя буферами.

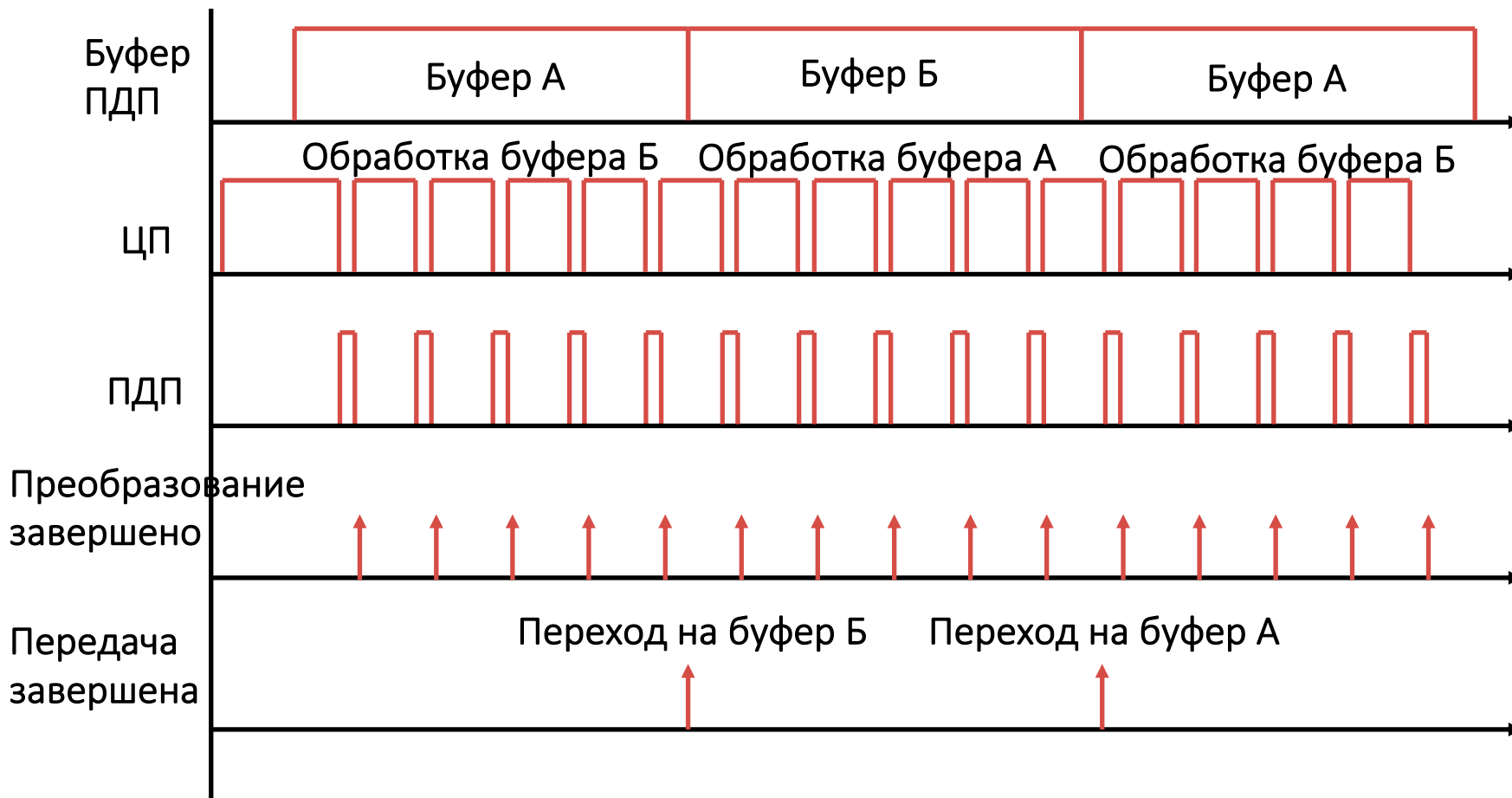


Когда ПДП передаст буфер Б, назначения буфером меняются. ЦП генерирует данные в буфер Б, ПДП передает данные из буфера А

Аналогично для работы с АЦП. ПДП заполняет буфер А, ЦП – обрабатывает буфер Б. После заполнения буфера А, назначение буферов меняются.



# Пример: Работа с АЦП/ЦАП в режиме «пинг-понг»



# Заключение

---

1. Применение режима ПДП позволяет существенно разгрузить центральный процессор (в особенности с архитектурой LOAD/STORE) от задач пересылки данных;
2. Связка «ПДП – Последовательный интерфейс» часто применяется когда микропроцессорная система использует одновременно множество интерфейсов;
3. Связка «Таймер - АЦП – ПДП», а также «Таймер – ЦАП – ПДП» часто применяется в задачах контроля аналогового сигнала и генерации аналогового сигнала.