

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЗАХВАТУ ВИДЕО С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СЕНСОРА НА МОДУЛЯХ НА БАЗЕ 1892ВМ14Я

**Версия v3.0
25.06.2019**

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	О документе	3
2	Состав стенда	4
3	Подготовка стенда	5
4	Захват и вывод видео на HDMI-монитор	7
4.1	Последовательность действий	7
4.2	Поясняющая информация	7
5	Захват видео и RTSP-вещание	9
5.1	Последовательность действий	9
5.2	Поясняющая информация	9

1. О ДОКУМЕНТЕ

Документ содержит указания по настройке модулей на базе 1892ВМ14Я (далее — “СнК”) для захвата и вывода в реальном времени следующих форматов видео:

- 720p 30 FPS для модулей Салют-ЭЛ24Д1 и Салют-ЭЛ24Д2;
- 1080p 30 FPS для модулей Салют-ЭЛ24ОМ1 с установленным Салют-ЭЛ24ПМ1 или Салют-ЭЛ24ПМ2.

Документ применим к отладочным модулям (далее — модулям) следующих ревизий:

- Салют-ЭЛ24Д1 r1.3;
- Салют-ЭЛ24Д1 r1.4;
- Салют-ЭЛ24Д1 r1.5;
- Салют-ЭЛ24Д2 r1.1;
- Салют-ЭЛ24ОМ1 r1.1 с установленным Салют-ЭЛ24ПМ1 r1.1 или Салют-ЭЛ24ПМ1 r1.2;
- Салют-ЭЛ24ОМ1 r1.2 с установленным Салют-ЭЛ24ПМ1 r1.2, Салют-ЭЛ24ПМ2 r1.0 или Салют-ЭЛ24ПМ2 r1.1.

Для модулей Салют-ЭЛ24Д1 и Салют-ЭЛ24Д2 захват видео выполняется с видеомодуля LINK OV2715 Rev 1.0, подключенного по последовательному интерфейсу MIPI CSI2 к соответствующему разъёму модуля.

Для модулей Салют-ЭЛ24ОМ1 захват видео выполняется с видеомодуля RPi Camera (B), подключенного по последовательному интерфейсу MIPI CSI2 к соответствующему разъёму модуля.

Варианты демонстрации захваченного видео:

- вывод видео на HDMI-монитор;
- RTSP-вещание на модуле, прием и вывод видео на ПЭВМ.

Для работы требуется прошивка SD/eMMC-карты, собранная из дистрибутива ОС GNU/Linux на базе Buildroot версии v3.0 для 1892ВМ14Я.

2. СОСТАВ СТЕНДА

Для захвата и вывода видео необходим стенд:

1. Комплект модуля: модуль, блок питания, SD-карта.
2. Видеомодуль LINK OV2715 (для модулей Салют-ЭЛ24Д1 и Салют-ЭЛ24Д2).
3. Видеомодуль RPi Camera (B) (для модулей Салют-ЭЛ24ОМ1).
4. Гибкий шлейф для подключения видеомодуля.
5. HDMI-монитор.
6. HDMI-кабель.
7. Ethernet-кабель.
8. ПЭВМ, удовлетворяющая требованиям:
 1. ПЭВМ должна удовлетворять требованиям из руководства программиста дистрибутива ОС GNU/Linux на базе Buildroot;
 2. ПЭВМ и модуль подключены к одной локальной Ethernet-сети.

3. ПОДГОТОВКА СТЕНДА

Для подготовки стенда к захвату видео с видеомодуля необходимо:

1. Прошить SD-карту прошивкой, собранной из дистрибутива.
2. Установить SD-карту в модуль.
3. Для модулей Салют-ЭЛ24ОМ1 настроить загрузку операционной системы из SD-карты согласно инструкции (данные действия не требуются, если прошивка eMMC-карты уже содержит дистрибутив ОС GNU/Linux на базе Buildroot версии v3.0 или выше):
 1. Перейти в режим монитора U-Boot (см. документ “Загрузчик U-Boot для 1892ВМ14Я. Руководство программиста”).
 2. Установить переключатель *XP4* в положение *uSDcard*.
 3. Выбрать загрузку ОС из SD-карты:

```
setenv mmcdev 1
saveenv
boot
```

4. Подключить модуль к сети Ethernet-кабелем, используя соответствующий разъем модуля.
5. Подключить видеомодуль к соответствующему разъёму модуля через гибкий шлейф:
 - для Салют-ЭЛ24Д1 r1.3 — разъем XS1;
 - для Салют-ЭЛ24Д1 r1.4 — разъем XS1;
 - для Салют-ЭЛ24Д1 r1.5 — разъем XS1;
 - для Салют-ЭЛ24Д2 r1.1 — разъем XS1;
 - для Салют-ЭЛ24ОМ1 r1.1 — разъем XS9;
 - для Салют-ЭЛ24ОМ1 r1.2 — разъем XS9.

Пример подключения видеомодуля к Салют-ЭЛ24Д2 r1.1 представлен на рисунке 3.1.

Пример подключения видеомодуля к Салют-ЭЛ24ОМ1 r1.2 представлен на рисунке 3.2.

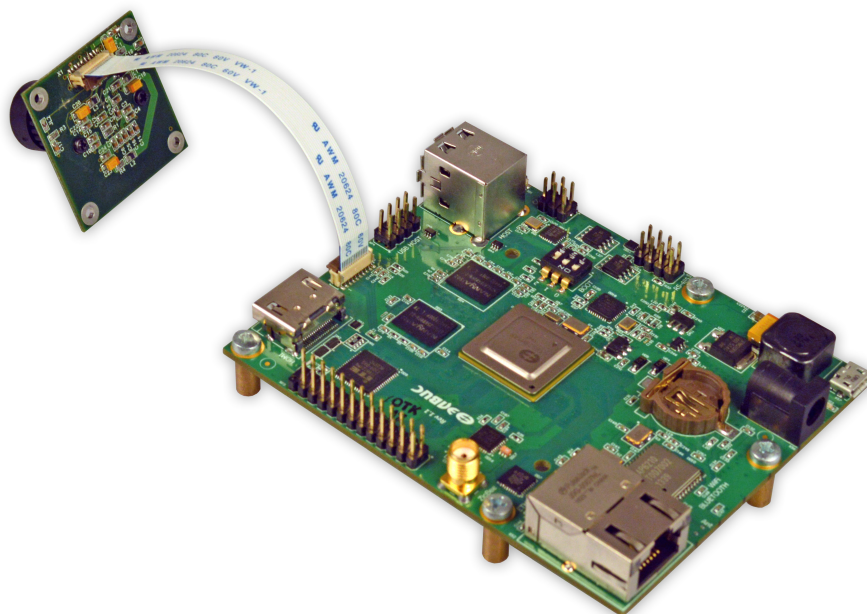


Рисунок 3.1. Пример подключения видеомодуля LINK OV2715 Rev 1.0 к модулю Салют-ЭЛ24Д2 r1.1

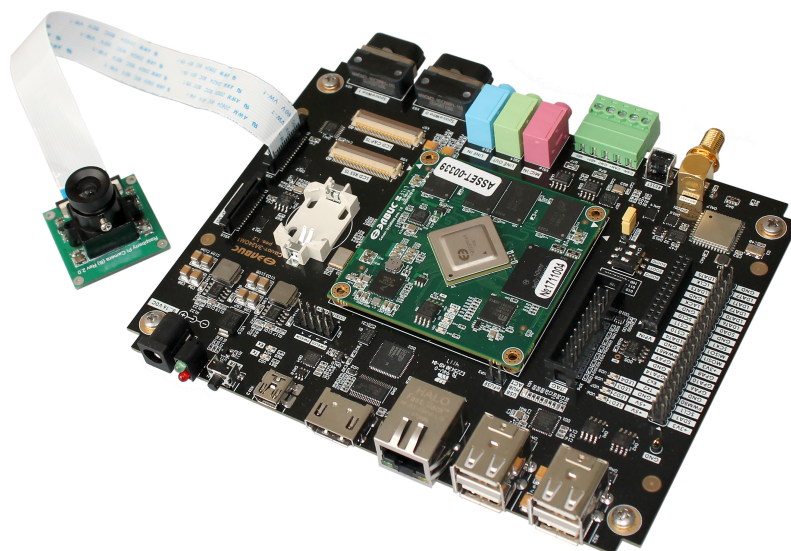


Рисунок 3.2. Пример подключения видеомодуля RPi Camera (B) к модулю Салют-ЭЛ24ОМ1 r1.2

4. ЗАХВАТ И ВЫВОД ВИДЕО НА HDMI-МОНИТОР

4.1 Последовательность действий

Для вывода видео на монитор необходимо:

1. Подготовить модуль в соответствии с главой *Подготовка стенда*.
2. Подключить HDMI-монитор HDMI-кабелем к соответствующему разъёму модуля.
3. Подать питание на модуль.
4. На ПЭВМ открыть консоль, установить соединение по терминалу SSH с модулем.
5. Для модулей Салют-ЭЛ24Д1 и Салют-ЭЛ24Д2 на ПЭВМ в терминале SSH выполнить:

```
modprobe voutfb  
v4l2tofb -i 2 -w 1280 -h 720
```

6. Для модуля Салют-ЭЛ24ОМ1 на ПЭВМ в терминале SSH выполнить:

```
v4l2tofb -i 2 -w 1920 -h 1080
```

7. Наблюдать на экране HDMI-монитора, подключенного к модулю, видео, поступающее с видеомодуля.
8. Прервать исполнение программы, нажав Ctrl-C.

4.2 Поясняющая информация

Диаграмма потоков видеокадров представлена на рисунке 4.1. Захват видео с видеомодуля выполняет блок VPIN СнК. DMA блока VPIN записывает видеокадры в буфер видеоввода в ОЗУ DDR. CPU СнК копирует видеокадры из буфера видеоввода в буфер драйвера Frame buffer. DMA блока VPOUT СнК считывает видеокадры из буфера драйвера Frame buffer и выводит на параллельный порт подключенный к HDMI-контроллеру модуля.

В ОС Linux захват видео выполняется через драйвер VPIN, реализующий стандартный API интерфейс V4L2¹. Спецификация на драйвер находится в документе “Спецификация на драйвер V4L2 VINC блока ISP VPIN/VINC 1892BM14Я”.

Для модулей Салют-ЭЛ24Д1 и Салют-ЭЛ24Д2 по умолчанию драйвер VPOUT Frame buffer (voutfb) не загружается автоматически. Для загрузки драйвера на одну сессию (до перезагрузки ОС), необходимо выполнить:

```
modprobe voutfb
```

¹ <https://linuxtv.org/downloads/v4l-dvb-apis/uapi/v4l/v4l2.html>

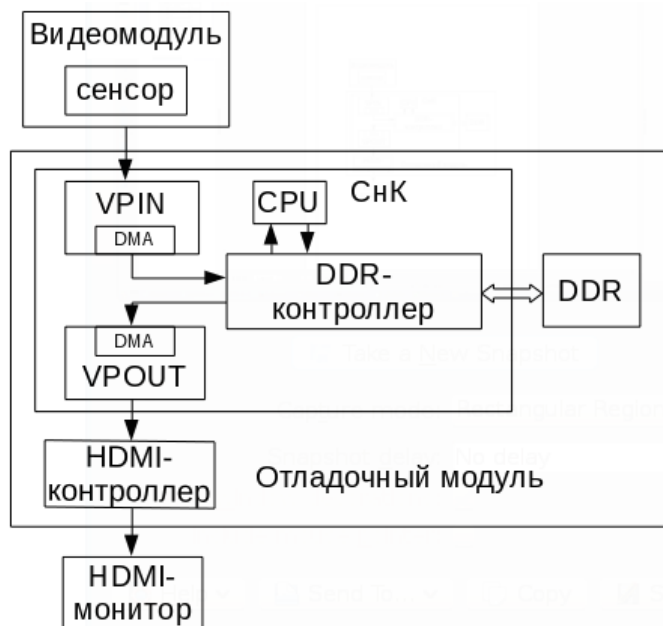


Рисунок 4.1. Диаграмма потоков видеокадров

Процедура настройки автоматической загрузки драйвера описана в главе “Включение драйвера framebuffer voutfb” документа “Дистрибутив ОС GNU/Linux на базе Buildroot для 1892BM14Я. Руководство программиста”.

Для вывода видео на монитор используется утилита `v4l2tofb`. Утилита открывает устройство соответствующее входному интерфейсу, который задается ключом `-i`, устанавливает формат `BGR32`², принимает кадры от VPIN и выводит их на Frame buffer.

Соответствие между значением ключа `-i` и выбираемым входным интерфейсом следующие: 0 - PInterface0; 1 - PInterface1; 2 - SInterface0(CSI0); 3 - SInterface1(CSI1).

² <https://linuxtv.org/downloads/v4l-dvb-apis/uapi/v4l/pixfmt-packed-rgb.html>

5. ЗАХВАТ ВИДЕО И RTSP-ВЕЩАНИЕ

5.1 Последовательность действий

Для запуска RTSP-вещания видео необходимо:

1. Подготовить модуль в соответствии с главой *Подготовка стенда*.
2. Подать питание на модуль.
3. На ПЭВМ открыть консоль, установить соединение по терминалу SSH с модулем.
4. В терминале SSH выполнить:

```
cap-enc -s <res> -f1 /dev/v4l/by-path/platform-37200000.vinc-video-index0 \
/dev/v4l/by-path/platform-37100000.codec-video-index0 | \
gst-rtsp-test-launch 'fdsrc blocksize=4116480 do-timestamp=true ! \
video/x-h264,stream-format=byte-stream,alignment=nal ! \
rtph264pay name=pay0 mtu=65507'
```

где *<res>* — необходимо заменить на разрешение кадра. Для модулей Салют-ЭЛ24Д1 и Салют-ЭЛ24Д2 установить разрешение кадра *1280x720*. Для модуля Салют-ЭЛ24ОМ1 установить разрешение кадра *1920x1072*.

5. Для приема и вывода видео на монитор на ПЭВМ с использованием [GStreamer](https://gstreamer.freedesktop.org)³ необходимо в консоли ПЭВМ выполнить:

```
gst-launch-1.0 -v rtspsrc location=rtsp://<board-ip>:8554/test ! \
rtph264depay ! queue ! h264parse ! avdec_h264 ! xvimagesink sync=false
```

где *<board-ip>* — необходимо заменить на внешний сетевой адрес модуля.

Для приема и вывода видео на монитор на ПЭВМ с использованием [FFmpeg](https://www.ffmpeg.org)⁴ необходимо в консоли ПЭВМ выполнить:

```
ffplay rtsp://<board-ip>:8554/test
```

6. Наблюдать на экране монитора, подключенного к ПЭВМ, видео, поступающее с видеомодуля.
7. Прервать исполнение программы, нажав **Ctrl-C**.

5.2 Поясняющая информация

Диаграмма потоков видеокладов представлена на рисунке 5.1. Захват видео с видеомодуля выполняет блок VPIN СнК. DMA блока VPIN записывает видеоклады в буфер видеоввода в ОЗУ DDR. Сжатие видео в соответствии со стандартом [H.264](https://www.itu.int/rec/T-REC-H.264)⁵ (Constrained Base

³ <https://gstreamer.freedesktop.org>

⁴ <https://www.ffmpeg.org>

⁵ <https://www.itu.int/rec/T-REC-H.264>

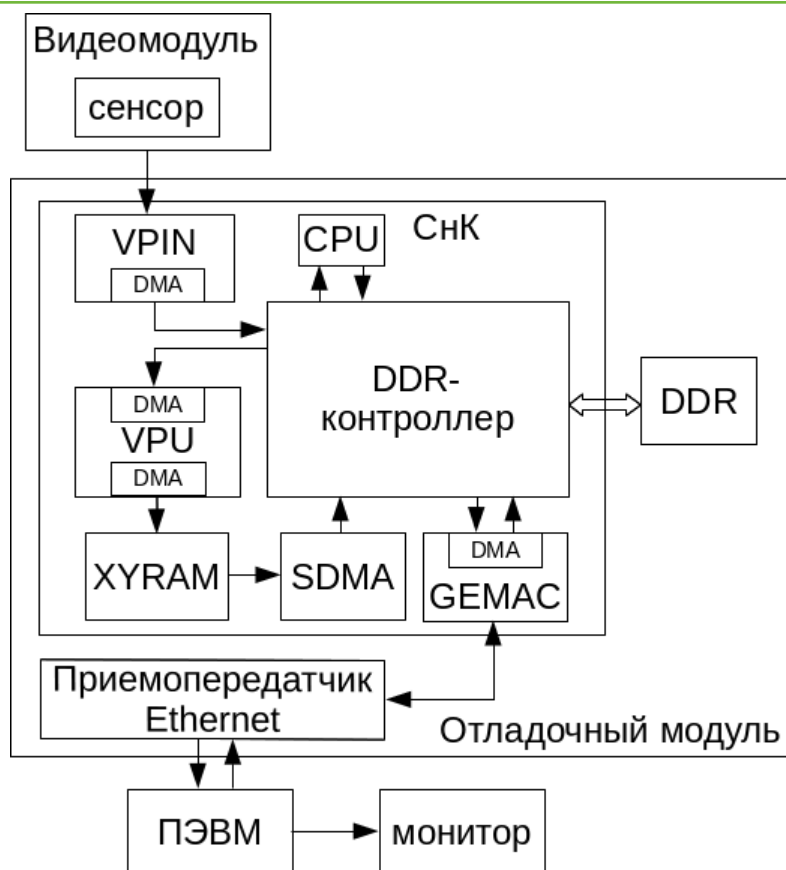


Рисунок 5.1. Диаграмма потоков видеокадров

line Profile) выполняет блок VPU СнК. DMA блока VPU записывает исходные видеокадры в буфер в памяти VRAM СнК, а сжатые данные — в буфер в памяти XYRAM СнК. Блок SDMA СнК копирует сжатые данные из буфера в памяти XYRAM в буфер в ОЗУ DDR. CPU СнК передает данные в блок GEMAC СнК, который отправляет их в приемопередатчик Ethernet, соединенный с ПЭВМ. ПЭВМ принимает видео, декодирует его и выводит на монитор.

В ОС Linux захват видео выполняется через драйвер VPIN, реализующий стандартный API интерфейс V4L2. Спецификация на драйвер находится в документе “Спецификация на драйвер V4L2 VINC блока ISP VPIN/VINC 1892BM14Я”. Сжатие видео выполняется через драйвер VPU, реализующий стандартный API интерфейс V4L2. Описание драйвера находится в документе “Ядро Linux для 1892BM14Я. Руководство системного программиста”.

Для захвата и сжатия видео в соответствии со стандартом H.264 используется утилита `сар-енс`. Утилита открывает устройство, соответствующее видеомодулю, и устройство, соответствующее VPU, устанавливает формат M420⁶, принимает кадры от VPIN, передает их VPU, принимает сжатые данные от VPU и записывает их в стандартный вывод.

Примечание: Утилита `сар-енс` позволяет установить контролы V4L2 драйвера VPU с помощью опции `-с`.

⁶ <https://linuxtv.org/downloads/v4l-dvb-apis/uapi/v4l/pixfmt-m420.html>

Для RTSP-вещания используется утилита `gst-rtsp-test-launch` (GStreamer). Утилита с помощью элемента `fdsrc` считывает данные из стандартного ввода в буферы GStreamer, преобразовывает буферы GStreamer в пакеты RTP с помощью элемента `rtph264pay` и реализует работу RTSP-сервера с помощью библиотеки `gst-rtsp-server` GStreamer.

Примечание: В представленной команде временные метки буферов устанавливаются элементом `fdsrc` в момент получения буфера, а не в момент считывания изображения сенсором.

Свойство `blocksize` элемента `fdsrc` должно иметь значение, равное размеру capture-буфера, который вычисляется по следующей формуле:

$$S = W \times H \times 2$$

где W — ширина кадра, H — высота кадра. Например, при разрешении 1920x1072 размер capture-буфера равен 4116480 байт, следовательно, свойство `blocksize` элемента `fdsrc` необходимо установить в значение 4116480.

Примечание: `gst-rtsp-test-launch` по умолчанию использует RTSP-порт 8554. Другой порт может быть задан с помощью опции `-p`.

Прием, декодирование и вывод видео на монитор на ПЭВМ выполняется с использованием GStreamer или FFmpeg.

Примечание: При использовании GStreamer протокол передачи может быть задан с помощью свойства `protocols` элемента `rtspsrc`, например:

```
protocols="tcp+udp-mcast+udp"
```

GStreamer будет пытаться использовать протоколы в следующем порядке: UDP, unicast/UDP, multicast/TCP. Данный порядок не может быть переопределен.

При использовании FFmpeg протокол передачи может быть задан с помощью опции `-rtsp_transport`, например:

```
-rtsp_transport tcp+udp_multicast+udp
```

Стабильность декодирования на ПЭВМ может зависеть от используемых версий FFmpeg и GStreamer, драйверов аппаратного декодера или производительности CPU (при программном декодировании).

В случае потери одного пакета при передаче по UDP, на приёмнике становится невозможно восстановить все P-кадры до следующего I-кадра. В этом случае декодер может либо воспроизводить испорченные кадры или показывать последний неиспорченный кадр до приёма следующего I-кадра, поэтому рекомендуется использовать передачу по TCP.