



МАКРО EMC
Группа компаний Макро Групп

ООО «Макро EMC»

196105, Россия, Санкт-Петербург, ул. Свеаборгская, д.12, пом.3Н

ИНН 7810895610 КПП 781001001 Р/с 40702810206000003697

БИК 044030920 К/с 30101810000000000920

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФИЛИАЛ ПАО "ПРОМСВЯЗЬБАНК"

ОКПО 43468759 ОКВЭД 26.30, 27.90, 46.69.9, 47.78, 47.99, 72.1, 73.20.1

КОНТРАКТНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОНИКИ

Модуль вычислительный гетерогенный - «PicoITX-S» Руководство по эксплуатации

МРЦН.PicoS.10.001 РЭ

Санкт-Петербург

2024г.

Оглавление

СОКРАЩЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ	4
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	5
ОСНОВНЫЕ СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЯ.....	6
ВАРИАНТЫ ИСПОЛНЕНИЯ	6
ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДУЛЯ	7
РАСПОЛОЖЕНИЕ ИНТЕРФЕЙСОВ НА ПЛАТЕ МОДУЛЯ.....	8
ГАБАРИТНЫЙ ЧЕРТЕЖ МОДУЛЯ.....	9
ТИПОВАЯ КОМПЛЕКТНОСТЬ.....	10
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	10
ПАРОЛЬ СИСТЕМЫ	10
ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ИНТЕГРАЛЬНОЙ МИКРОСХЕМЫ 1892ВА018.....	10
КАНАЛ ПОДДЕРЖКИ И ПОЛЕЗНЫЕ ССЫЛКИ.....	12
ИНТЕРФЕЙС USB	13
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ.....	13
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СИГНАЛЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ	13
ОТОБРАЖЕНИЕ ВИДЕО ЗАХВАТА С USB-КАМЕРЫ.....	13
ИНТЕРФЕЙС DIO	15
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ.....	15
ЦОКОЛЕВКА И СХЕМОТЕХНИКА ИНТЕРФЕЙСА DIO.....	15
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СИГНАЛЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ DIO.....	18
РЕАЛИЗАЦИЯ DIO В ОС LINUX	19
ДОСТУП К ИНТЕРФЕЙСУ DIO ИЗ КОМАНДНОЙ СТРОКИ.....	19
ДОСТУП К ИНТЕРФЕЙСУ DIO ИЗ С	21
ИНТЕРФЕЙС RS-232.....	23
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ.....	23
ПАРАМЕТРЫ ИНТЕРФЕЙСА	23

ЦОКОЛЕВКА И СХЕМОТЕХНИКА РАЗЪЕМА RS-232	23
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СИГНАЛЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ RS-232.....	24
Доступ к RS-232 из командной строки.....	24
Доступ к RS-232 из C	25
ИНТЕРФЕЙС RS-485.....	26
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ.....	26
ПАРАМЕТРЫ ИНТЕРФЕЙСА	26
ЦОКОЛЕВКА И СХЕМОТЕХНИКА РАЗЪЕМА RS-485	26
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СИГНАЛЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ RS-485.....	27
РЕАЛИЗАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСА RS-485 В ОС LINUX	27
Доступ к RS-485 из командной строки.....	28
Доступ к RS-485 из C	28
ИНТЕРФЕЙС MIPI-CSI-2	29
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ.....	29
ЦОКОЛЕВКА И СХЕМОТЕХНИКА ИНТЕРФЕЙСА MIPI-CSI-2.....	29
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СИГНАЛЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ	31
Доступ к интерфейсу MIPI-CSI-2 из ОС BUILDROOT.....	32
ЗАПУСК ВИДЕОСЕНСОРА ПО ИНТЕРФЕЙСУ MIPI-CSI-2.....	33
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС UART0	35
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ.....	35
ЦОКОЛЕВКА И СХЕМОТЕХНИКА РАЗЪЕМА UART0	35
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СИГНАЛЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ UART0	36
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – СПИСОК ПАКЕТОВ В СБОРКЕ ОБРАЗА ОС BUILDROOT	37
ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПАКЕТОВ В СБОРКЕ BUILDROOT.....	37
СПИСОК ПАКЕТОВ.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 – ПОДКЛЮЧЕНИЕ ВИДЕОСЕНСОРОВ К ПОРТАМ МОДУЛЯ ПО ИНТЕРФЕЙСУ MIPI-CSI-2.....	44

Сокращения, определения и термины

ВКС - видеоконференцсвязь;

ИИ - искусственный интеллект;

ИМС – интегральная микросхема;

ККМ - контрольно-кассовая машина;

ОС - операционная система;

Охлаждение: набор средств (вентилятор, радиатор) для отвода тепла гетерогенного вычислительного модуля «PicoITX-S»;

ПО – программное обеспечение;

СнК – система на кристалле;

DSP - цифровой сигнальный процессор (анг. digital signal processor);

NPU - нейронный процессор (анг. neural processing unit);

SBC - одноплатный компьютер (анг. single board computer);

SBL - примитивный загрузчик ОС (анг. simple boot loader);

TOPs: единица скорости вычислений процессора - триллион операций в секунду (анг. trillion operations per second).

Общее описание и область применения

Модуль вычислительный гетерогенный - «PicoITX-S» (далее модуль) является законченным устройством класса SBC в формфакторе Pico-ITX и нацелен для работы с классическими и нейросетевыми алгоритмами в равной степени.

Модуль базируется на СнК 1892ВА018, коммерческое название «СКИФ» от НПЦ «Элвис», представляющий собой четырёхъядерный процессор архитектуры Arm A53 с максимальной частотой до 2 ГГц дополненный DSP сопроцессором Elcore-50, модулем цифрового радио и прочими стандартами интерфейсами, характерными для такого процессора.

Модуль работает под операционными системами семейства Linux. На текущий момент проверена совместимость модуля с операционными системами AltLinux, RedOS, Buildroot.

Данная версия документа распространяется на модули с коммерческим названием «PicoITX-S», «PicoITX-S-T», «Pico_ITX» выпущенных по КД МРЦН.PicoS.10.001, МРЦН.PicoS.50.001, МРЦН.1339.Pico.01.000; МРЦН.1357.Pico.01.000, МРЦН.1357.Pico.02B.000.

Текущая версия КД – литера «О2».

Основные сферы применения модуля



Модуль предназначен для использования в качестве универсального вычислителя для следующих устройств: рабочие станции начального уровня, тонкие клиенты, банкоматы, торговые терминалы и т.д.

Варианты исполнения

Модуль производится в двух вариантах:

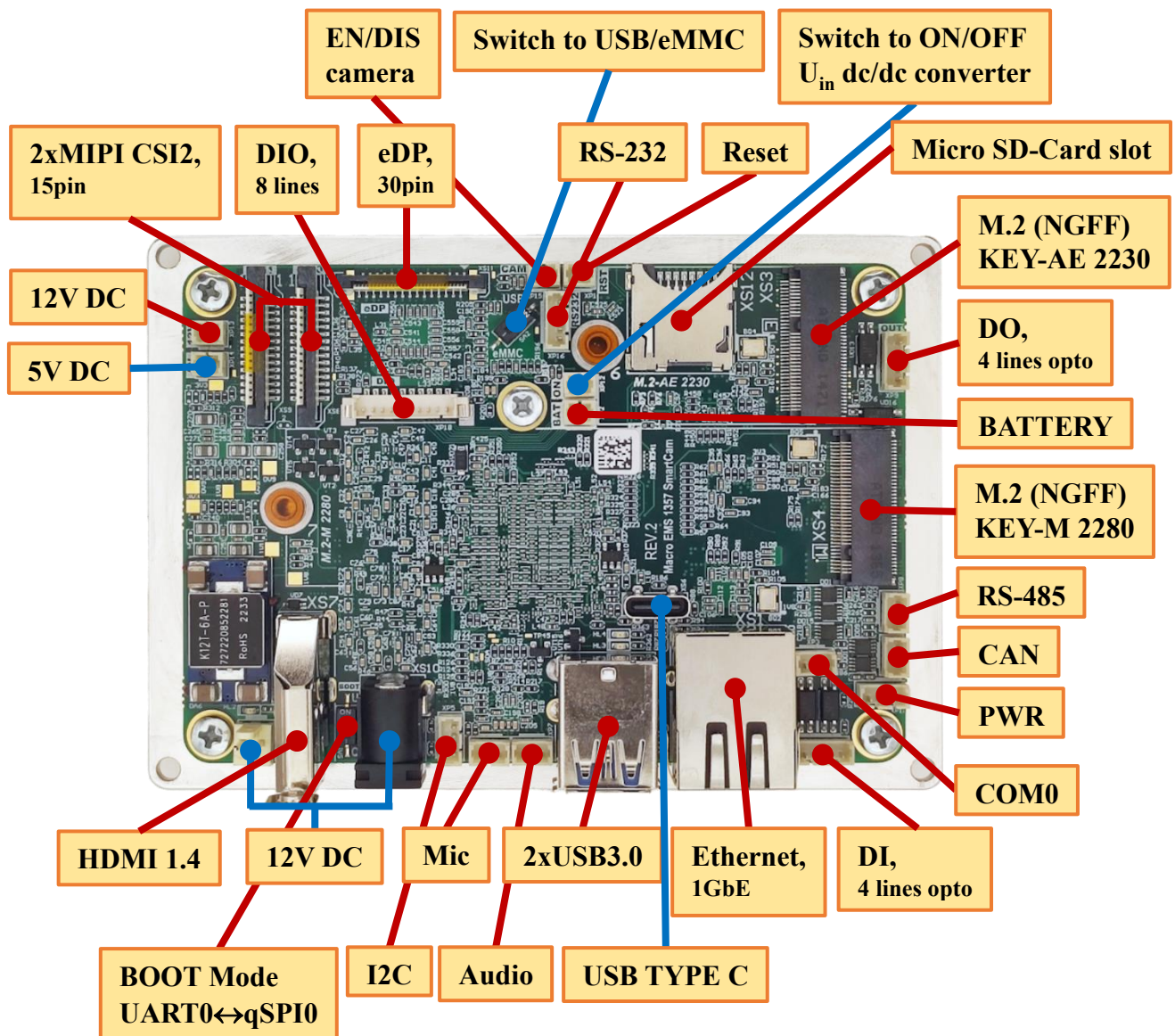
- 1) Без термопакета – обозначение PicoITX-S;
- 2) С термопакетом – обозначение PicoITX-S-T.

Характеристики модуля

Характеристика	Значение
Общие характеристики	
Габариты PicoITX-S	100x70x29,7 мм
Габариты с PicoITX-S-T	112x79x43,7 мм
Процессор	СКИФ, Arm7, 4xA53, 2 ГГц+ DSP Elcore-50, 1,2 TOPS
Операционная система Linux	RedOS, AltLinux, Buildroot, пользовательская Linux
Питание	12В, 1,5А Разъем 5.5/2.1 мм
Охлаждение	Пассивное
Память	
RAM (LPDDR4, на плате)	8 (2x4) ГБ *
eMMC, на плате	16 ГБ *
qSPI (загрузчик)	16 МБ
Сеть	
Ethernet 10/100/1000M	1
Wi-Fi (m.2 модуль 2230 KEY-AE)	1
Видео интерфейсы	
HDMI, 1.4	1
eDP, 30pin	1
Прочие интерфейсы	
m.2 2280 KEY-M (SSD)	1
Слот MicroSD	1
USB 3.0	2
Audio(stereo+mic)	1
DIO	8xDIO TTL 3,3 В+4x Opto DI +4x Opto DO
I2C	1
CAN 2.0B	1
MIPI-CSI-2 (15 pin)	2
RS-485	1
RS-232	1
Аппаратное отключение камеры и звука	Да

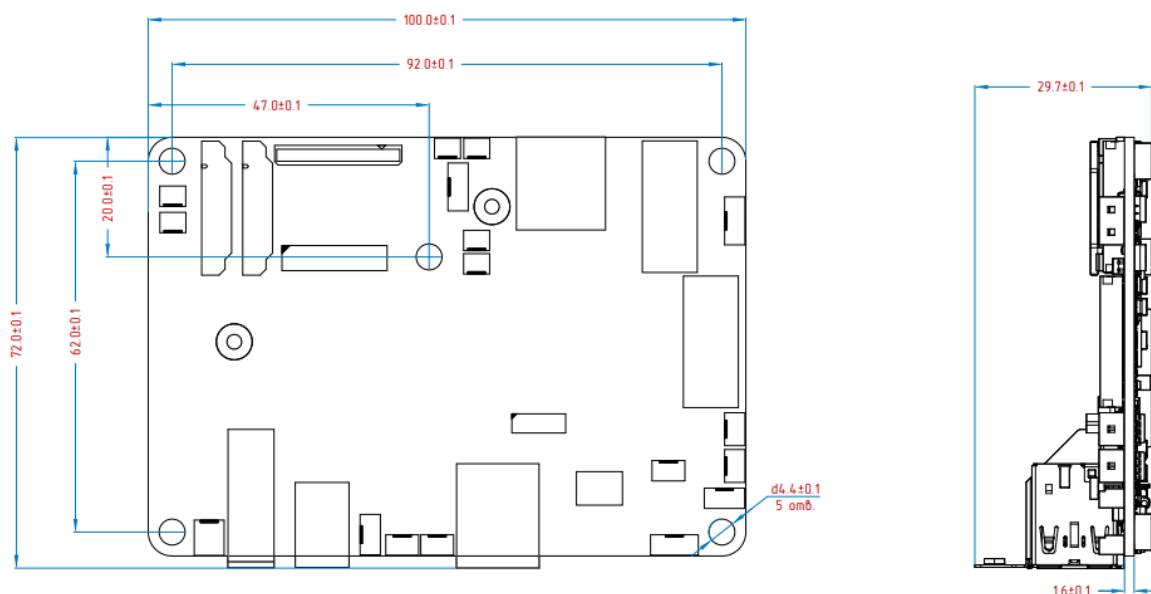
* - Характеристики и их значения могут быть изменены без уведомления

Расположение интерфейсов на плате модуля

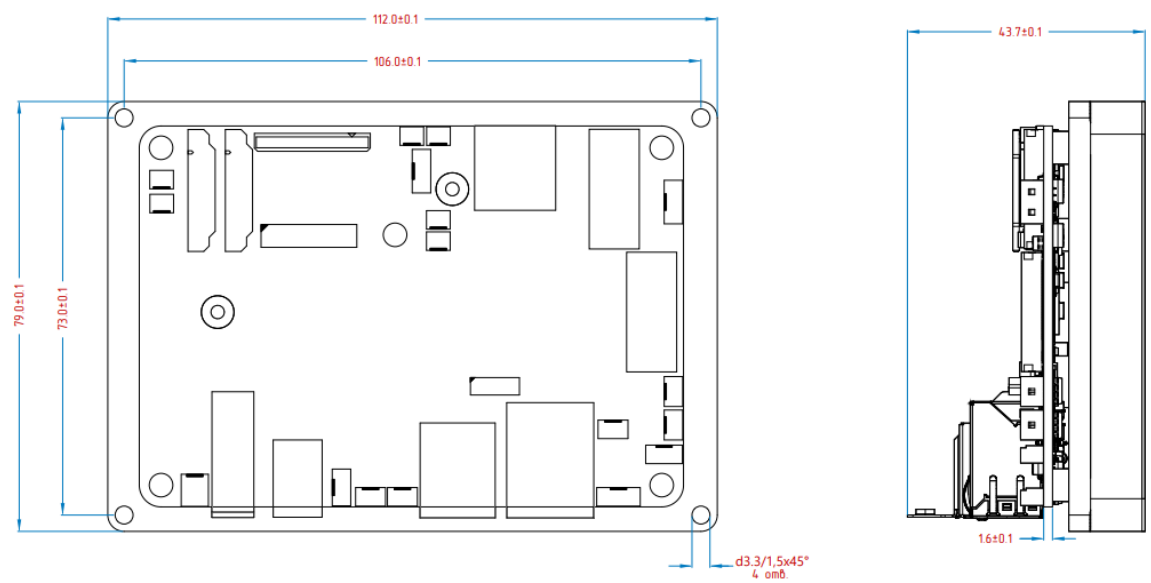


Габаритный чертеж модуля

Габаритный чертеж модуля без термопакета (PicoITX-S)



Габаритный чертеж модуля с термопакетом (PicoITX-S-T)



Типовая комплектность

- 1) Модуль PicoITX-S или PicoITX-S-T
- 2) Блок питания 12В, 1.5А (опционально)
- 3) Wi-Fi модуль и антенна (опционально)
- 4) Паспорт (на партию)
- 5) Руководство по эксплуатации МРЦН.PicoS.10.001 РЭ (в электронном виде)

Программное обеспечение

На модуль может быть установлено следующее ПО:

- 1) Сборка Buildroot в составе пакетов указанном в [приложение 1](#);
- 2) Операционная система AltLinux.

Программное обеспечение предоставлено «как есть» исключительно для демонстрации возможности модуля.

Пароль системы

Alt Linux:

Логин ОС – root, пароль – elvees.

Buildroot:

Логин ОС – root, пароля нет.

Особенности работы интегральной микросхемы 1892ВА018

Работа интерфейсов модуля базируется на работе микросхемы 1892ВА018 СнК «СКИФ». В данной версии модуля используются инженерные образцы данной микросхемы, которые обуславливают особенности его работы. НПЦ «Элвис» планирует поправить аппаратную часть микросхемы в коммерческих версиях.

Таблица – Особенности работы различных характеристик модуля Pico-ITX

Характеристики	Особенности	Способы обхода
HDMI, 1.4	Срыв синхронизации, в результате возникают искажение или мерцание экрана	<p>Решение 1:</p> <p><u>Alt Linux</u></p> <p>Запуск скрипта с рабочего стола «HDMI turning».</p> <p>В открывшейся консоли терминала с вопросом хорошего изображения картинку отвечать клавишей «n» (нет), пока не появится хорошее изображение. Когда появится хорошее изображение экрана монитора нажать клавишу «y» (да).</p> <p><u>Buildroot</u></p> <p>Запуск скрипта «mcom03-hdmi-setup.sh»:</p> <p>Набрать в командной строке ОС mcom03-hdmi-setup.sh и нажать клавишу «Enter».</p> <p>В результате запуска скрипта на экране монитора появится изображение (зелено-синее) для проверки стабильности вывода по интерфейсу. Нажимать клавишу «n», пока не появится хорошее изображение на экране монитора. Когда появится хорошее изображение на экране монитора нажать клавишу «y».</p>

		Решение 2: Перезапустить модуль
--	--	------------------------------------

Канал поддержки и полезные ссылки

Nano_Pico_ITX_support – ODM@macrogroup.ru

Пожалуйста, сообщите вашему менеджеру (от Макро Групп) ваш домен почты для добавления в поддержку.

[Комплект для разработки ПО](#)

[Готовые сборки образов ОС Linux](#)

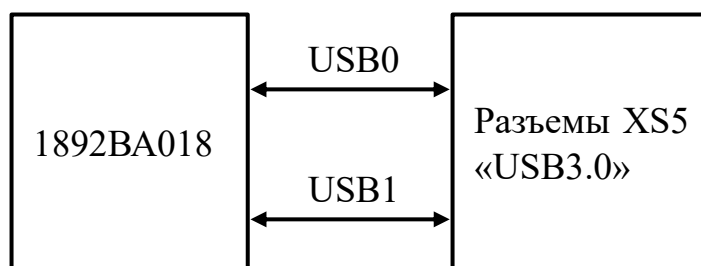
Информация по установке и переустановке ОС находится на [странице продукта](#).

Интерфейс USB

Общее описание

Для реализации 2 портов на модуле используется прямое подключение к ИМС 1892BA018. В интегральной микросхеме используются интерфейсы USB0 и USB1.

Внимание! Интерфейс USB1 (верхний порт относительно платы) подключен параллельно с разъемом TYPE C (XS6).



Используемые сигналы подключения

1. Сигналы USB2.0;
2. Сигналы USB3.0.

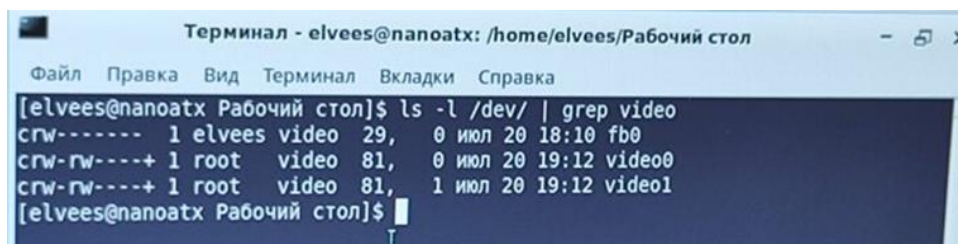
Отображение видео захвата с USB-камеры

1. Подключить в свободный USB порт модуля веб-камеру.
2. Убедиться, что веб-камера определилась в ОС Altlinux, выполнив следующие действия:

- Открыть «Terminal».
- Ввести в консоли «Terminal» следующую команду:

```
ls -l /dev/ | grep video
```

В результате выведутся адреса подключенной камеры, представленные на рисунке ниже.



```
Терминал - elvees@nanoatx: /home/elvees/Рабочий стол
Файл  Правка  Вид  Терминал  Вкладки  Справка
[elvees@nanoatx Рабочий стол]$ ls -l /dev/ | grep video
crw----- 1 elvees video 29,  0 июл 20 18:10 fb0
crw-rw----+ 1 root  video 81,  0 июл 20 19:12 video0
crw-rw----+ 1 root  video 81,  1 июл 20 19:12 video1
[elvees@nanoatx Рабочий стол]$
```

Вывод адресов подключенной веб-камеры

3. Для вывода видеопотока с веб-камеры ввести в консоли программы «Terminal» команду:

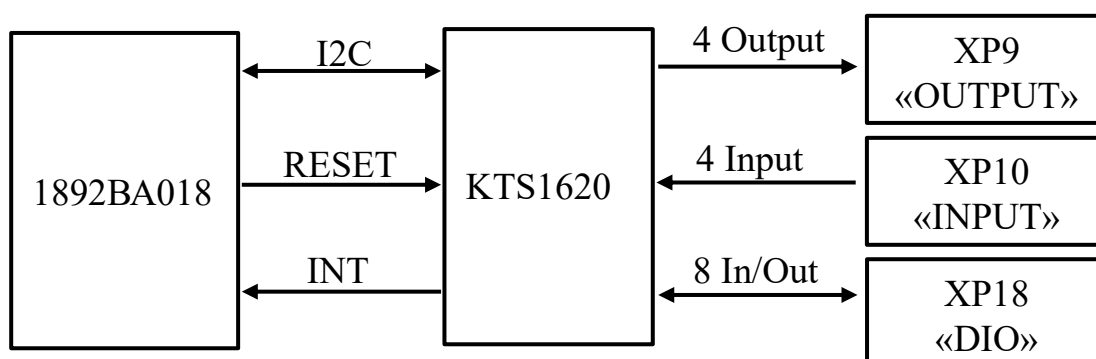
*ffplay /dev/video0**

* - номер видео порта модуля в каталоге устройств (/dev) может отличаться от написанного видео порта в команде (video0). В случае если вывод не отобразился с порта video0, воспользуйтесь портом video1.

Интерфейс DIO

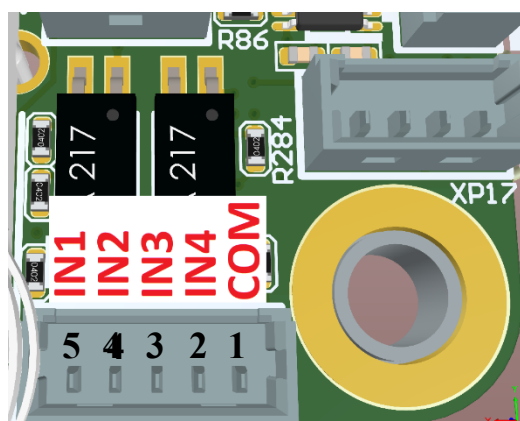
Общее описание

Для реализации интерфейса DIO на модуле используется микросхема Kinetic Technologies KTS1620ERG-TR (24 ports IO expander). Вывод интерфейса DIO реализован тремя разъемами: цифровыми входами Opto DI - «INPUT», цифровыми выходами Opto DO - «OUTPUT» и цифровыми входами/выходами GPIO - «DIO».



Цоколевка и схемотехника интерфейса DIO

Для подключения входных сигналов к разъему Opto DI используется разъем XP10. Тип используемого разъема – SCT1251WV-5P (Scondar). Для подключения к разъему XP10 необходимо использовать кабельный разъем SCT1251MH-5P (Scondar).

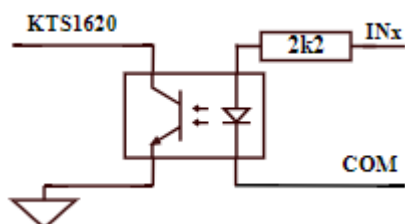


Цоколевка разъема Opto DI

Таблица выводов разъема Opto DI

Номер вывода	Наименование вывода	Описание	Тип
1	COM	Общий вход	Opto
2	INPUT4	Вход №4	Opto
3	INPUT3	Вход №3	Opto
4	INPUT2	Вход №2	Opto
5	INPUT1	Вход №1	Opto

Схема подключения цифрового входа Opto DI:

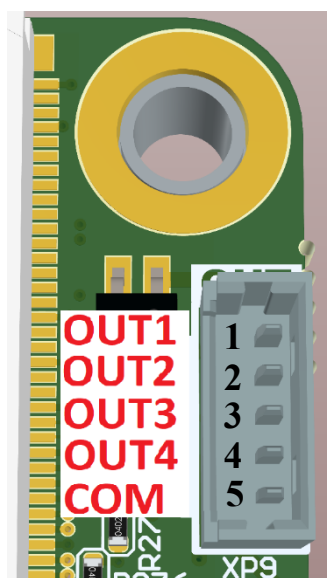


Ограничения входных сигналов:

Напряжение 24В DC

Ток 3-10mA DC

Для подключения выходных сигналов к разъему Opto DO используется разъем XP9. Тип разъема – SCT1251WV-5P (Scondar). Для подключения к разъему XP9 необходимо использовать кабельный разъем SCT1251MH-5P (Scondar).

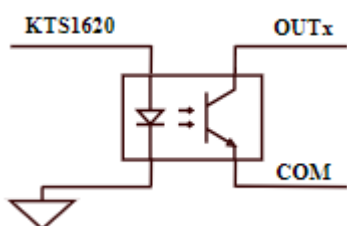


Цоколевка разъема Opto DO

Таблица выводов разъема Opto DO

Номер вывода	Наименование вывода	Описание	Тип
1	OUTPUT1	Выход №1	Opto
2	OUTPUT2	Выход №2	Opto
3	OUTPUT3	Выход №3	Opto
4	OUTPUT4	Выход №4	Opto
5	COM	Общий выход	Opto

Схема подключения цифрового выхода DO:

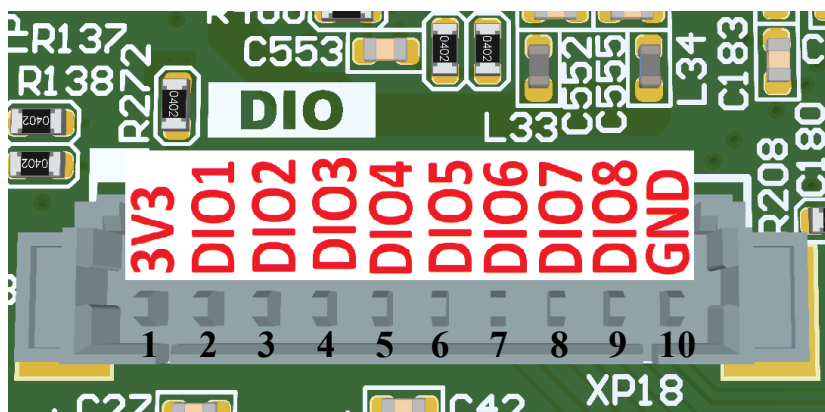


Ограничения выходных сигналов:

Напряжение 24В DC

Ток 50mA DC

Для подключения цифровых входных/выходных сигналов к разъему цифровых входов/выходов GPIO используется разъем XP18. Тип разъема – SCT1251WV-10P (Scondar). Для подключения к разъему XP18 необходимо использовать кабельный разъем SCT1251MH-10P (Scondar).

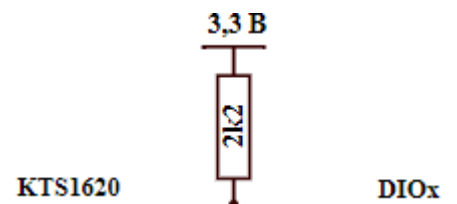


Цоколевка разъема GPIO

Таблица выводов разъема GPIO

Номер вывода	Наименование вывода	Описание	Тип
1	+3.3В	Напряжение питания	Питание
2	DIO1	Цифровой вход/выход №1	TTL 3,3 В
3	DIO2	Цифровой вход/выход №2	TTL 3,3 В
4	DIO3	Цифровой вход/выход №3	TTL 3,3 В
5	DIO4	Цифровой вход/выход №4	TTL 3,3 В
6	DIO5	Цифровой вход/выход №5	TTL 3,3 В
7	DIO6	Цифровой вход/выход №6	TTL 3,3 В
8	DIO7	Цифровой вход/выход №7	TTL 3,3 В
9	DIO8	Цифровой вход/выход №8	TTL 3,3 В
10	GND	Земля	Земля

Схема подключения цифровых входов/выходов DIO:



Ограничения цифровых входов/выходов:

Напряжение 3,3В DC

Ток 5-10mA DC

Таблица - Соответствие выходов/входов микросхемы KTS1620 к внешним сигналам, поступающим/приходящим на выводы интерфейса DIO.

Наименование вывода KTS1620	Внешний сигнал	Наименование вывода KTS1620	Внешний сигнал	Наименование вывода KTS1620	Внешний сигнал
P0[0]	INPUT2	P1[0]	OUTPUT1	P2[0]	DIO1
P0[1]		P1[1]	OUTPUT2	P2[1]	DIO2
P0[2]	INPUT1	P1[2]	OUTPUT3	P2[2]	DIO3
P0[3]	INPUT3	P1[3]	OUTPUT4	P2[3]	DIO4
P0[4]	INPUT4	P1[4]	-	P2[4]	DIO5
P0[5]	-	P1[5]	-	P2[5]	DIO6
P0[6]	-	P1[6]	-	P2[6]	DIO7
P0[7]	-	P1[7]	-	P2[7]	DIO8

Используемые сигналы подключения DIO

1. Микросхема KTS1620 управляется по шине I2C (i2c_0). Скорость шины I2C 100/400/1000кГц. KTS1620 имеет 7-битный адрес 22h.
2. Сигнал RESET (сигнала сброса-активный уровень 0). При подаче

сигнала логический 0 на время более 20мс микросхема KTS1620 переходит в состояние сброса. После подачи сигнала логическая 1 микросхема KTS1620 выходит из состояния сброса и инициализирует свои регистры значениями по умолчанию.

3. Сигнал INT (сигнал прерывания). При возникновении «событий» в микросхеме KTS1620 данный сигнал переходит в активное состояние: логический 0. Данный механизм требует настройки в KTS1620 в соответствии с описанием.

Таблица - Соответствия сигналов микросхемы KTS1620 к выводам ИМС 1892BA018

Наименование сигнала	Вывод ИМС 1892BA018	Описание
RESET	GPIO0_PORTD_6	Сигнал сброса из ИМС 1892BA018
INT	GPIO1_PORTA_6	Сигнал прерывания в ИМС 1892BA018

Прерывание выводов интерфейса DIO не реализовано на аппаратном уровне.

Реализация DIO в ОС Linux

В ОС реализован драйвер `drivers/gpio/gpio-kts1620.c`, модуль драйвера находится в `/lib/modules/5.10.179/kernel/drivers/gpio/gpio-kts1620.ko`

Для активизации драйвера необходимо добавить в описание дерева устройства (dts) следующий код:

```
&i2c0 {
    gpio2: gpio@0x22 {
        compatible = "kinetic,kts1620x-gpio";
        reg = <0x22>;
        status = "okay";
    };
};
```

Доступ к интерфейсу DIO из командной строки

Необходимо выполнить экспорт ножек микросхемы KTS1620 в ОС Linux для передачи/приема через выводы интерфейса DIO из командной строки или

скрипта shell. Согласно приведенной таблицы в разделе схематики, каждая ножка микросхемы получает/передает внешний сигнал через выводы интерфейса DIO.

Таблица – Соответствия внешних сигналов интерфейса DIO к адресу вывода микросхемы KTS1620 экспортированного в ОС Linux

Внешний сигнал, с выводов Opto DI	Адрес вывода микросхемы в ОС Linux	Внешний сигнал, на выводы Opto DO	Адрес вывода микросхемы в ОС Linux	Внешний сигнал, с/на выводы GPIO	Адрес вывода микросхемы в ОС Linux
INPUT1	426	OUTPUT1	433	DIO1	440
INPUT2	424	OUTPUT2	434	DIO2	441
INPUT3	427	OUTPUT3	435	DIO3	442
INPUT4	428	OUTPUT4	436	DIO4	443
-	-	-	-	DIO5	444
-	-	-	-	DIO6	445
-	-	-	-	DIO7	446
-	-	-	-	DIO8	447

В качестве примера используется внешний сигнал, поступающий с вывода интерфейса opto DI (INPUT2).

1. Для экспорта данного вывода в ОС следует ввести следующие команды:

```
export PIN0=424
```

```
echo $PIN0 >/sys/class/gpio/export
```

2. Необходимо настроить направление вывода интерфейса. По умолчанию он установлен на вход. Для того чтобы задать направление вывода воспользуйтесь следующими командами:

Направление на выход:

```
echo out >/sys/class/gpio/gpio$PIN0/direction
```

Направление на вход:

```
echo in >/sys/class/gpio/gpio$PIN0/direction
```

3. Чтобы прочитать значение вывода интерфейса opto DI воспользуйтесь командой cat, представленной ниже:

```
cat /sys/class/gpio/gpio$PIN0/value
```

4. Если вывод микросхемы выставлен как выход, то установить значение «1» на нем можно командой:

```
echo 1 >/sys/class/gpio/gpio$PIN0/value
```

Или значение «0»:

```
echo 0 >/sys/class/gpio/gpio$PIN0/value
```

В качестве примера использования интерфейса DIO есть скрипт gpio_test.sh. В ОС данный файл расположен: /usr/local/bin/

Скрипт gpio_test_pico.sh опрашивает состояние всех кнопок на тестирующей плате Test_DIO_rev2. При нажатии на кнопку:

На линиях DIO происходит мигание соответствующего светодиода.

На линиях Opto DI/DO происходит триггерное переключение.

Доступ к интерфейсу DIO из C

1. Доступ осуществляется через new user-space GPIO API, которое использует character device /dev/gpiochipX и системные вызовы open(), close(), ioctl(), poll(), read(), write().

2. Доступ к выводам интерфейса DIO можно получить с помощью библиотеки libgpiod. Данная библиотека предоставляет шесть инструментов командной строки:

gpiodetect - список всех присутствующих в системе gpiochips, их названия, метки и количество линий GPIO

gpioinfo - список всех линий указанных gpiochips, их имена, потребители, направление, активное состояние и дополнительные флаги

gpioget - чтение значений указанных линий GPIO

gpioset - установить значения указанных линий GPIO

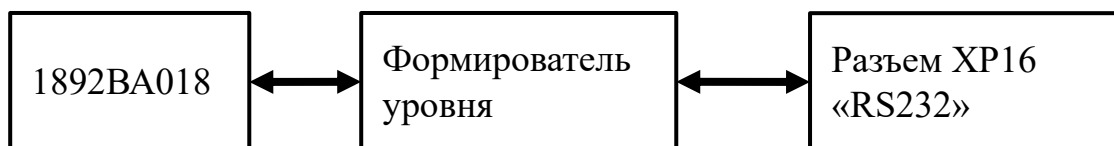
gpiofind - найти имя gpiochip и смещение строки по имени строки

gpiomon - ждать событий на линиях GPIO, указывать какие события смотреть, сколько событий нужно обработать перед выходом или если события должно быть сообщено в консоль

Интерфейс RS-232

Общее описание

В ИМС 1892BA018 используется интерфейс UART3 (COM3).

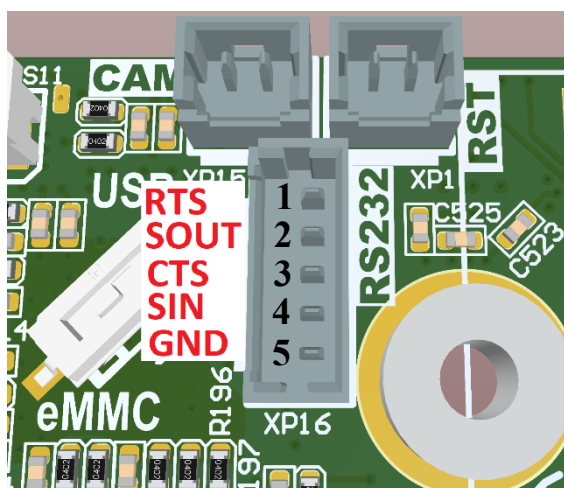


Параметры интерфейса

- Скорость передачи данных от 9600 Бит/с до 115200 Бит/с
- 8 бит данных.
- 1 стоп бит.
- Контроль четности не поддерживается.
- Управление потоком RTS, CTS.
- Соответствует требованиям стандарта EIA/TIA-232-F

Цоколевка и схемотехника разъема RS-232

Для подключения сигналов RS-232 к плате используется разъем XP16. Тип разъема XP16 - SCT1251WV-5P (Scondar). Для подключения к разъему XP16 необходимо использовать кабельный разъем SCT1251MH-5P (Scondar).



Цоколевка разъема RS-232

Таблица выводов разъема интерфейса RS-232

Номер вывода	Наименование вывода	Описание
1	RTS	Выход запроса передачи данных
2	SOUT	Выход передатчика
3	CTS	Вход разрешения терминалу передавать данные
4	SIN	Вход приемника
5	GND	Земля

Используемые сигналы подключения RS-232

Таблица - Соответствия сигналов интерфейса RS-232 к выводам ИМС 1892BA018

Номер вывода	Вывод интерфейса RS-232	Порты вывода ИМС 1892BA018	Описание
1	RTS	GPIO0_PORTA_7	Сигнал RTS из ИМС 1892BA018
2	SOUT	GPIO0_PORTB_1	Выход данных TX из ИМС 1892BA018
3	CTS	GPIO0_PORTA_2	Сигнал CTS в ИМС 1892BA018
4	SIN	GPIO0_PORTB_0	Вход данных RX в ИМС 1892BA018

Доступ к RS-232 из командной строки

Интерфейс RS-232 является стандартным серийным портом. В операционной системе данный порт соответствует файлу-устройству телетайп. RS-232 располагается в каталоге устройств /dev/ с именем ttyS3.

1. Пример отправки строки на скорости 115200 из shell:

```
stty -F /dev/ttyS3 115200 raw
```

```
echo -e "hello world\r\n" >/dev/ttyS3
```

2. Пример приема строки из shell:

```
cat /dev/ttyS3
```


Доступ к RS-232 из C

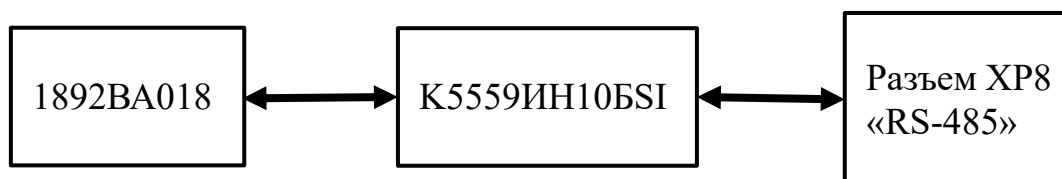
Для написания программы на языке C связанной с интерфейсом RS-232 достаточно стандартной библиотеки языка C (libc). В данной библиотеке находятся заголовочные файлы: `fcntl.h`, `termios.h` необходимые для работы с данным интерфейсом.

Интерфейс RS-485

Общее описание

Для реализации интерфейса RS-485 на модуле используется микросхема Миландр К5559ИН10БСИ (RS-485 driver). Нагрузочный резистор 120 Ом установлен на плате.

В ИМС 1892ВА018 используется интерфейс UART2 (COM2).

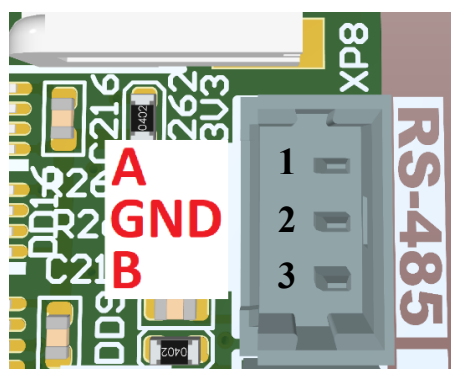


Параметры интерфейса

Соответствует требованиям стандарта EIA/TIA-RS-485.

Цоколевка и схемотехника разъема RS-485

Для подключения сигналов RS-485 к плате используется разъем XP8. Тип разъема XP8 - SCT1251WV-3P (Scondar). Для подключения к разъему XP8 необходимо использовать кабельный разъем SCT1251MH-3P (Scondar).



Цоколевка разъема RS-485

Таблица выводов разъема интерфейса RS-485

Номер вывода	Наименование вывода	Описание
1	B	Инверсный вход/выход
2	GND	Земля
3	A	Прямой вход/выход

Используемые сигналы подключения RS-485

1. Сигнал DE (активный высокий логический уровень) разрешает работу микросхемы Миландр К5559ИН10БСИ на передачу сигналов в прямой выход А и инверсный выход В с ИМС 1892ВА018. При подаче сигнала в активное состояние логическую «1» на время более 0,7 мкс микросхема Миландр К5559ИН10БСИ переходит в режим передатчика.

2. Сигнал RE (активный низкий логический уровень) разрешает работу микросхемы Миландр К5559ИН10БСИ на прием сигналов с прямого входа А и инверсного входа В с ИМС 1892ВА018. При подаче сигнала в логический «0» на время более 0,7 мкс микросхема Миландр К5559ИН10БСИ переходит в режим приемника.

3. Сигнал SIN поступает на вход в ИМС 1892ВА018 с выхода RO микросхемы Миландр К5559ИН10БСИ в режиме приемника.

4. Сигнал SOUT поступает на вход DI в микросхеме Миландр К5559ИН10БСИ из ИМС 1892ВА018 в режиме передатчика.

Таблица - Соответствия сигналов интерфейса RS-485 к выводам ИМС 1892ВА018

Наименование сигнала	Порты вывода ИМС 1892ВА018	Описание
DE	GPIO0_PORTB_2	Выход управления микросхемы из ИМС 1892ВА018. Разрешение входа микросхемы в режиме передатчика.
RE	GPIO0_PORTB_3	Выход управления микросхемы из ИМС 1892ВА018. Разрешение выхода микросхемы в режиме приемника.
SIN	GPIO0_PORTB_7	Вход данных в ИМС 1892ВА018.
SOUT	GPIO0_PORTD_0	Выход данных из ИМС 1892ВА018.

Реализация интерфейса RS-485 в ОС Linux

В ОС реализован драйвер. Драйвер использует стандартный API ядра Linux для интерфейса RS485. Исходный код драйвера находится в: *drivers/tty/serial/8250/8250_dw.c*

Драйвер собран монолитно в ядре ОС и не требует дополнительной загрузки.

Доступ к RS-485 из командной строки

Интерфейс RS-485 является стандартным серийным портом. В операционной системе данный порт соответствует файлу-устройству телетайп. RS-485 располагается в каталоге устройств /dev/ с именем ttyS2

1. Пример отправки строки на скорости 115200 из shell:

```
stty -F /dev/ttyS2 115200 raw
```

```
echo -e "hello world\r\n" >/dev/ttyS2
```

2. Пример приема строки из shell:

```
cat /dev/ttyS2
```

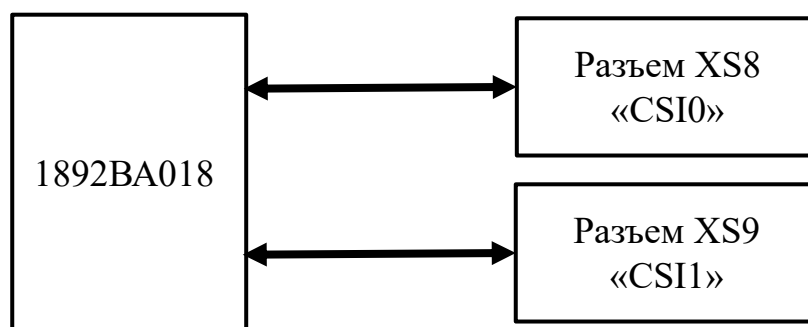
Доступ к RS-485 из C

Для написания программы на языке C связанной с интерфейсом RS-485 достаточно стандартной библиотеки языка C (libc). В данной библиотеке находятся заголовочные файлы: linux/serial.h, sys/ioctl.h необходимые для работы с данным интерфейсом.

Интерфейс MIPI-CSI-2

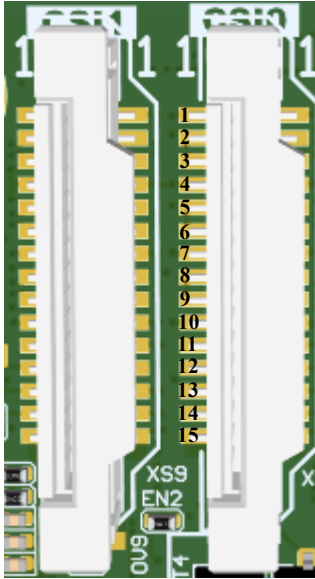
Общее описание

Для реализации интерфейса MIPI-CSI-2 используется прямое подключение к MIPI-CSI линиям ИМС 1892BA018. В интегральной микросхеме используются интерфейсы CSI0 и CSI1.



Цоколевка и схемотехника интерфейса MIPI-CSI-2

Для подключения видеосенсора по интерфейсу MIPI-CSI-2 используется разъемы XS8 (CSI0) и XS9 (CSI1). Тип используемого разъема – 1-1734248-5 (TE Connectivity). Для подключения к разъему XS8-XS9 необходимо использовать пленочный шлейф FFC 15 pin, шаг контактов 1 мм.



Номер вывода	Наименование сигнала	Описание
1	GND	Земля
2	Lane0_N	Дополнительный сигнальный канал Lane0
3	Lane0_P	Истинный сигнальный канал Lane0
4	GND	Земля
5	Lane1_N	Дополнительный сигнальный канал Lane1
6	Lane1_P	Истинный сигнальный канал Lane1
7	GND	Земля
8	CLK_N	Дополнительный тактовый сигнал
9	CLK_P	Истинный тактовый сигнал
10	GND	Земля
11	PWRen	Сигнал включения видеосенсора
12	N/C	Зарезервированный сигнальный канал
13	SCL	Линия тактирования по шине i2c
14	SDA	Линия данных по шине i2c
15	3V3	Напряжение питания сенсора

Цоколевка разъема MIPI-CSI-2

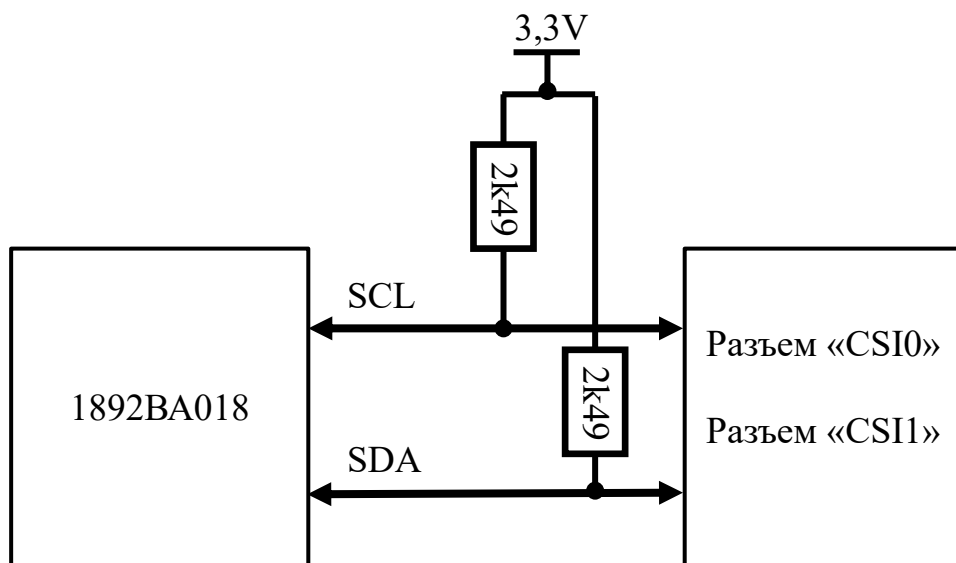


Схема подключения шины управления I2C для MIPI-CSI-2

Используемые сигналы подключения

1. Шина управления видеосенсора подключенного к разъему CSI0. Видеосенсор управляется по шине I2C (i2c_1). Скорость шины I2C зависит от подключаемого видеосенсора. Уровень сигнала по напряжению на составляет 3,3В. На шине управления установлены подтягивающие резисторы 2,49 кОм.

2. Сигнал MIPI0_PWRen - сигнал включения видеосенсора подключенного к разъему CSI0. При подаче сигнала логический «0» из ИМС 1892BA018 видеосенсор включается. При подаче сигнала логическая «1» видеосенсор выключается. Уровень напряжения сигнала MIPI0_PWRen составляет 3,3В. На выводе сигнальной линии установлен подтягивающий резистор 2,49 кОм.

3. Шина управления видеосенсора подключенного к разъему CSI1. Видеосенсор управляется по шине I2C (i2c_2). Скорость шины I2C зависит от подключаемого видеосенсора. Уровень сигнала по напряжению на составляет 3,3В. На шине управления установлены подтягивающие резисторы 2,49 кОм.

4. Сигнал MIPI1_PWRen - сигнал включения видеосенсора подключенного к разъему CSI1. При подаче сигнала логический «0» из ИМС 1892BA018 видеосенсор включается. При подаче сигнала логическая «1» видеосенсор выключается. Уровень напряжения сигнала MIPI1_PWRen составляет 3,3В. На выводе сигнальной линии установлен подтягивающий резистор 2,49 кОм.

Таблица - Соответствия сигналов интерфейса MIPI-CSI-2 к выводам ИМС 1892BA018

Наименование сигнала	Порты вывода процессора ИМС 1892BA018	Описание
MIPI0_PWRen	GPIO0_PORTC_1	Сигнал включения видеосенсора из ИМС 1892BA018, подключенного к разъему XS8.
MIPI1_PWRen	GPIO0_PORTC_6	Сигнал включения видеосенсора из ИМС 1892BA018, подключенного к разъему XS9.

Доступ к интерфейсу MIPI-CSI-2 из ОС Buildroot

В ОС Buildroot реализована передача видео с сенсора с помощью мультимедийного фреймворка GStreamer. GStreamer поддерживает следующие аппаратные блоки:

- VPU ARM Mail-V61 (Video Processing Unit, видеопроцессор);
- ISP Felix v2505 (Image Signal Processor, процессор обработки изображений);
- GPU PowerVR Graphics Series8XE (Graphics Processing Unit, графический ускоритель).

Захват и обработка видео с сенсора изображения с использованием ISP поддерживается плагином `gst-felix` для пакета GStreamer. Данным плагином поддерживается элемент `felixsrc` – захват видео с сенсора. Элементом `felixsrc` не поддерживается работа двух видеосенсоров одновременно.

Конфигурационный файл взаимодействия модуля с сенсором располагается в файловой системе модуля по следующему пути `/etc/felix/boardcfg/default.cfg`. Перечень возможных установочных файлов (`setup-file`) в зависимости от используемого сенсора расположены в директории `/etc/felix/`.

Таблица – Расположение установочных файлов поддерживаемых сенсоров в ОС Buildroot

Модель сенсора	Расположение установочного файла
IMX219	<code>/etc/felix/imx219/imx219.cfg</code>
IMX327	<code>/etc/felix/imx327/imx327.cfg</code>
IMX335	<code>/etc/felix/imx335/imx335.cfg</code> <code>/etc/felix/imx335/imx335-noir.cfg</code>
IMX415	<code>/etc/felix/imx415/imx415.cfg</code>
IMX662	<code>/etc/felix/imx662/imx662.cfg</code> <code>/etc/felix/imx662/imx662-noir.cfg</code>
OV10823	<code>/etc/felix/ov10823/ov10823.cfg</code>
OV2718	<code>/etc/felix/ov2718/ov2718.cfg</code> <code>/etc/felix/ov2718/ov2718-hdr.cfg</code>
OV4689	<code>/etc/felix/ov4689/ov4689.cfg</code>
OV5647	<code>/etc/felix/ov5647/ov5647-arducam.cfg</code>
OV5695	<code>/etc/felix/ov5695/ov5695.cfg</code>
S5K3P9	<code>/etc/felix/s5k3p9/s5k3p9.cfg</code>

Запуск видеосенсора по интерфейсу MIPI-CSI-2

Мы рекомендуем использовать сенсоры серии DS-CIMX335-22/ DS-CIMX415-22/ DS-CIMX327-22. Рекомендованные сенсоры могут быть подключены только к разъему «CSI0» (XS8 на плате модуля).

1. Подключить видеосенсор в разъем модуля «CSI0» (XS8) через шлейф.
2. Подключить монитор к модулю через HDMI.
3. Подключить в разъем USB модуля клавиатуру.
4. Подать питание на модуль.
5. После загрузки ОС Buildroot убедиться, что видеосенсор инициализирован в системе. Для этого запустить утилиту `sensor_test` набрав команду и нажав клавишу «Enter»:

sensor_test

В результате запущенной утилиты на экране монитора будет представлен вывод параметров взаимодействия модуля с сенсором, инициализация сенсора в файловой системе модуля (`/dev/sensor_phy0`), инициализация контроллеров по сбросу и отключению сенсора и список поддерживаемых режимов работы сенсора.

Таблица – Рекомендуемые режимы работы сенсора с модулем

Модель сенсора	Режим работы сенсора
DS-CIMX327-22	0
DS-CIMX335-22	5
DS-CIMX415-22	6
DS-CIMX662-22	*

* - В следующих версиях модуля будет добавлена поддержка сенсора DS-CIMX662-22.

Порядковый номер режима работы сенсора взят из утилиты `sensor_test`. В качестве примера приведена часть вывода утилиты, где желтым цветом выделен порядковый номер режима работы сенсора, подключенного к модулю.

```
18: IMX335 (v0x8806 imager 0)
    mode 0: 2592x 1944 @60.00 10bit (total 275x4500 mipi_lane=4)
    exposure=(3..1000000) flipping=horizontal|vertical
```

```

pixel rate 37.1250 Mpx/s, bit rate 92.8125 Mbits/s (per mipi lane)
mode 1: 2592x 1944 @30.00 12bit (total 550x4500 mipi_lane=4)
exposure=(7..1000000) flipping=horizontal|vertical
pixel rate 37.1250 Mpx/s, bit rate 111.3750 Mbits/s (per mipi lane)
...

```

Подключение поддерживаемых сенсоров к портам модуля по интерфейсу MIPI-CSI-2 и доступные режимы работы описаны в [приложение 2](#).

6. Запустить захват видео с сенсора.

Общий вид команды запуска захвата видео с сенсора с выводом на дисплей:

```

gst-launch-1.0          felixsrc          setup-file=<setup-file>
sensor=<sensor> sensor-mode=<sensor-mode> exposure-auto=true
awb-enable=true awb-algorithm=pid awb-mode=high-lum ! video/x-
raw,format=BGR ! kmssink driver-name=mali-dp

```

Пример запуска видеосенсора DS-CIMX335-22:

```

gst-launch-1.0 felixsrc setup-file=/etc/felix/imx335/imx335.cfg
sensor=IMX335 sensor-mode=5 exposure-auto=true exposure-auto-
max-time=62000 exposure-auto-min-time=14 awb-enable=true awb-
algorithm=pid awb-mode=high-lum ! video/x-raw,format=BGR !
kmssink driver-name=mali-dp max-lateness=-1

```

Общий вид команды запуска потоковой передачи видео по протоколу RTSP:

```

gst-rtsp-test-launch  "felixsrc          setup-file=<setup-file>
sensor=<sensor> sensor-mode=<sensor-mode> alloc-buffers=10
buf-mode=query exposure-auto=true awb-enable=true awb-
algorithm=pid awb-mode=high-lum ! queue max-size-buffers=1 !
video/x-raw,format=NV12 ! omxh264enc control-rate=constant target-
bitrate=10000000 ! rtph264pay name=pay0 pt=96"

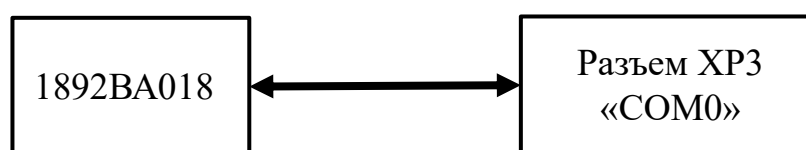
```

Последовательный интерфейс UART0

Общее описание

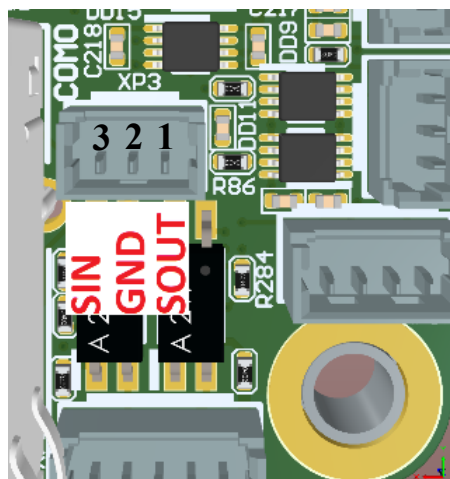
Для реализации последовательного интерфейса на модуле используется прямое подключение к ИМС 1892BA018 через конвертеры уровня 1,8В-3,3В. Для подключения необходимо использовать преобразователь UART-USB.

Для подключения используется интерфейс процессора UART0(COM0). На интерфейсе UART0(COM0) реализована консоль интегральной микросхемы.



Цоколевка и схемотехника разъема UART0

Для подключения сигналов UART0 к плате используется разъем XP3. Тип разъема XP3 - SCT1251WV-3P (Scondar). Для подключения к разъему XP3 необходимо использовать кабельный разъем SCT1251MH-3P (Scondar).



Цоколевка разъема UART0

Таблица выводов разъема интерфейса UART0

Номер вывода	Наименование вывода
1	SOUT
2	GND
3	SIN

Используемые сигналы подключения UART0

Таблица - Соответствия сигналов интерфейса UART0 к выводам ИМС 1892BA018

Номер вывода	Вывод интерфейса UART0	Порты вывода ИМС 1892BA018	Описание
1	SOUT	GPIO1_PORTB_6	Выход данных TX из ИМС 1892BA018
3	SIN	GPIO1_PORTB_7	Вход данных RX в ИМС 1892BA018

Приложение 1 – Список пакетов в сборке образа ОС Buildroot

Общее описание пакетов в сборке Buildroot

Установленные библиотеки располагаются в пути `/usr/lib/` на файловой системе модуля. Сборка ОС Buildroot собиралась из внутренних и внешних пакетов, представленных в списке.

Внутренние пакеты – пакеты, установленные через Manager Packages.

Внешние пакеты – пакеты, установленные через сторонние ресурсы. В состав внешних пакетов входят:

Пакет `opencv_contrib`: `intensity_transform`, `line_descriptor`, `mcc`, `optflow`, `ovis`, `phase_unwrapping`, `plot`, `quality`, `rapid`, `text`, `videostab`, `viz`, `xfeatures2d`, `xobjdetect`, `xphoto`.

Пакет `nginx`: `nginx-rtmp-module`.

Условные обозначения в списке пакетов:

Жирный шрифт – разделы пакетов;

Символ “→” – переход на уровень ниже.

Список пакетов

Audio and video applications:

alsa-utils

ffmpeg

gststreamer 1.x→

enable unit test libraries

enable command-line parser

enable tracing subsystem

enable gst-debug trace support

enable plugin registry

install tools

gst1-plugins-base→

app

audioconvert

audiomixer

audiorate

videoconvert

gio

gio-typefinder

playback

audioresample

rawparse

subparse

tcp

typefind

videotestsrc

videorate

videoscale

volume

alsa

ogg

theora
vorbis
gst1-plugins-bayer2rgb-neon
gst1-plugins-good→
jpeg
png
avi
isomp4
law
matroska
multifile
rtp
rtpmanager
rtsp
udp
videobox
videocrop
videofilter
videomixer
wavenc
wavparse
v4l2
gst1-plugins-bad →
adpcmdec
aiff
asfmux
audiobuffersplit
audiofxbad
audiolateness
audiomixmatrix
audiovisualizers
autoconvert
bayer
debugutils
dvbsubenc
dvbsuboverlay
dvdspu
frei0r
gaudieffects
geometrictransform
gdp
id3tag
inter
interlace
ivtc

jp2kdecimator
jpegfromat
librfb
midi
mpegdemux
mpegsdemux
mpegtsmux
mpegpsmux
mxf
netsim
onvif
pcapparse
pnm
proxy
rawparse
removesilence
rist
rtmp2
rtp
rtmp
sdp
segmentclip
siren
smooth
speed
subenc
switchbin
videofilters
videoframe-audiolevel
videoparsers
videosignal
vmnc
y4m
hls
kmssink
mpeg2enc
musepack
neon
openh264
webp
webrtc
webrtcdsp
gst1-plugins-ugly →
mpeg2dec
mjpegtools

mpv
musepack
v4l2grab
v4l2loopback

Compressors and decompressors:

bzip2

Debugging, profiling and benchmark:

fio
gdb
ramspeed
stress-ng
tinymembench

Developments tools:

make

Filesystem and flash utilities:

dosfstools
fatlabel
fsck.fat
mkfs.fat
e2fsprogs→
 debugfs
 e2image
 e4defrag
 fuse2fs
 resize2fs
mtd, jffs2 and ubi/ubifs tools
flashcp
flash_lock
flash_unlock
mkfs.ubifs
mtd_debug
nanddump
nandtest
nandwrite
sumtool
mtdinfo
ubiattach
ubicrc32
ubidetach
ubiformat
ubihealthd
ubimkvol
ubinfd
ubinize

ubirename
ubirmvol
ubirsvol
ubiupdatevol
ubiblock
MTD test tools

Fonts, cursors, icons, sounds and themes:

DejaVu fonts→
 mono fonts
 sans fonts
 serif fonts
 sans condensed fonts
 serif condensed fonts
font-awesome
Liberation (free fonts) →
 mono fonts
 sans fonts
 serif fonts

Graphic libraries and applications (graphic/text):

sdl2
Qt5→
 qt5base
 concurrent module
 gui module
 widgets module
 linuxfb support (\$ export
 QT_QPA_PLATFORM=linuxfb for
 activation)
 DBus module
 qt5connectivity
 qt5enginio
 qt5multimedia

Hardware handling:

Firmware→
 linux-firmware
Video firmware→
 Lontium LT9611UXC HDMI
transceiver firmware
WiFi firmware→
 Atheros 10k (QCA9377)
 Qualcomm Atheros 6174
Ethernet firmware→
 Realtek 8169

- dbus
- evtest
- gpsd →
 - NMEA
- hdparm
- hwdata→
 - install pci.ids
 - install usb.ids
- i2c-tools
- lm-sensors→
 - sensors
- memtester
- parted
- pciutils
- smartmontools
- u-boot tools→
 - fw_printenv
 - mcom03-utils
 - usbutils
- Interpreter languages and scripting:**
- nodejs→
 - NPM for the target
- python3
- External python modules→
 - django
 - pip
- Libraries:**
- Audio/Sound→
 - alsa-lib→
 - aload
 - mixer
 - pcm
 - rawmidi
 - hwdep
 - seq
 - ucm
 - alisp
 - old-symbols
 - libcuefile
 - libreplayagain
 - libvorbis
 - webrtc-audio-processing
- Compression and decompression→
 - lzo
 - zlib support

- Crypto→
 - gnutls
 - libgcrypt
 - libgpg-error
 - nettle
 - openssl support
- Filesystem→
 - libfuse
- Graphics→
 - bayer2rgb-neon
 - cairo→
 - pdf support
 - png support
 - svg support
 - fontconfig
 - freetype
 - harfbuzz
 - jpeg support
 - libdrm→
 - Install test programs
 - libpng
 - libsvg
 - libsvg-cairo
 - opencv4→
 - calib3d
 - features2d
 - highgui
 - gui toolkit (qt5)
 - imgcodecs
 - imgproc
 - ml
 - objdetect
 - python
 - shape
 - stitching
 - videoio
 - video
 - opencv-contrib
 - gstreamer-1.x
 - jpeg support
 - png support
 - v4l support
 - pixman
 - webp
- Hardware handling→

- libaio
- libgpiod→
 - install tools
- libiio→
 - Local backend
 - Install test programs
- libnfc→
 - arygon driver
 - pn532_uart driver
 - pn53x_usb driver
 - build libnfc examples
- libqmi
- libusb
- libusb-compat
- libv4l
- tslib
- Javascript→
 - angularjs→
 - External AngularJS plugins→
 - angular-websocket
 - vuejs
 - vuejs-router
- JSON/XML→
 - expat
 - tinycl2
 - yaml-cpp
- Logging→
 - spdlog
- Multimedia→
 - libass
 - libmpeg2
 - libogg
 - libopenh264
 - libtheora
- Networking→
 - c-ares
 - libndp
 - libnice
 - libnl
 - liboping
 - libpcap
 - libneon
 - nghttp2
 - librtmp
- Other→

- boost→
 - Layout (system)
 - boost-atomic
 - boost-chrono
 - boost-date_time
 - boost-filesystem
 - boost-locale
 - boost-log
 - boost-regex
 - boost-system
 - boost-thread
- elfutils
- gmp
- gobject-introspection
- libcap
- libcap-ng
- libffi
- libglib2
- liblinear
- libpthread-stubs
- libtasn1
- Text and terminal handling→
 - fmt
 - libfribidi
 - ncurses→
 - ncurses programs
 - newt
 - pcre
 - popt
 - readline
 - slang
- Miscellaneous:**
 - collectd→
 - misc plugins→
 - logfile
 - syslog
 - read plugins→
 - cpu
 - interface
 - memory
 - ping
 - write plugins→
 - network
 - write_log
- Netwrking applications:**

bluez-utils→
 build OBEX support
 build CLI client
 build monitor utility
 build tools
 build audio plugins (a2dp and
 avrtp)
 build hid plugin
 build hog plugin
 build network plugin
 can-utils
 dhcpcd
 ethtool→
 enable pretty printing
 ifmetric
 iperf4
 iproute2
 iptables
 lrzsz
 modem-manager→
 QMI support
 network-manager→
 nmtui support
 modem-manager support
 nginx→
 nginx-rtmp-module
 http server→
 ngx_http_charset_module
 ngx_http_gzip_module
 ngx_http_ssi_module
 ngx_http_userid_module
 ngx_http_access_module
 ngx_http_auth_basic_module
 ngx_http_autoindex_module
 ngx_http_geo_module
 ngx_http_map_module
 ngx_http_split_clients_module
 ngx_http_referer_module
 ngx_http_rewrite_module
 ngx_http_proxy_module
 ngx_http_fastcgi_module
 ngx_http_uwsgi_module
 ngx_http_scgi_module
 ngx_http_memcached_module
 ngx_http_limit_conn_module

 ngx_http_limit_req_module
 ngx_http_empty_gif_module
 ngx_http_browser_module
 ngx_http_upstream_ip_
 hash_module
 ngx_http_upstream_
 least_conn_module
 ngx_http_upstream_
 keepalive_module
 ngx_http_upstream_
 random_module
 nmap→
 install neat
 openssh
 client
 server
 key utilites
 wget
 wireless tools→
 Install shared library
 wpa_supplicant
Shell and utilities:
 bash
System tools:
 coreutils
 kmod→
 kmod utilities
 systemd→
 enable pstore support
 enable hwdb installation
 enable myhostname NSS plugin
 enable network manager
 enable resolve daemon
 enable timedate daemon
 enable timesync daemon
 enable tmpfiles support
 enable vconsole tool
 util-linux→
 libblkid
 libfdisk
 libmount
 libsmartcols
 libuuid
 basic set
 agetty

fsck
hwclock
mount/umount
scheduling utilities

uuid
Text editors and viewers:
nano→
optimize for size

Приложение 2 – Подключение видеосенсоров к портам модуля по интерфейсу MIPI-CSI-2

Таблица – Доступное подключение и режимы работы видеосенсоров в портах модуля: CSI0(XS8 на плате), CSI1(XS9 на плате).

Модель сенсора	Порт модуля	Доступные режимы работы сенсора
IMX219	CSI0, CSI1.	0, 2
IMX327	CSI0.	0
IMX335	CSI0.	4-5
IMX415	CSI0.	6
IMX662	CSI0.	-
OV10823	CSI0, CSI1.	-
OV2718	CSI0, CSI1.	-
OV4689	CSI0, CSI1.	0-3
OV5647	CSI0, CSI1.	0-1
OV5695	CSI0, CSI1.	-
S5K3P9	CSI0.	-

Порядковый номер режима работы сенсора взят из утилиты `sensor_test`. Чтобы посмотреть доступные режимы и их параметры подключенного сенсора нужно запустить утилиту командой:

sensor_test

В качестве примера приведена часть вывода утилиты, где желтым цветом выделен порядковый номер режима работы сенсора, подключенного к модулю.

```
18: IMX335 (v0x8806 imager 0)
    mode 0: 2592x 1944 @60.00 10bit (total 275x4500 mipi_lane=4)
exposure=(3..1000000) flipping=horizontal|vertical
    pixel rate 37.1250 Mpx/s, bit rate 92.8125 Mbits/s (per mipi lane)
    mode 1: 2592x 1944 @30.00 12bit (total 550x4500 mipi_lane=4)
exposure=(7..1000000) flipping=horizontal|vertical
    pixel rate 37.1250 Mpx/s, bit rate 111.3750 Mbits/s (per mipi lane)
...
```

В выводе утилиты в разделе режима работы сенсора в наименовании сенсора может присутствовать «0» или «1», которая обозначает номер порта, к которому может быть подключен сенсор. В случае если в названии сенсора нет нуля или единицы, его можно подключать только в разъем CSI0. Например:

16: **IMX219_0** – означает, что сенсор IMX219 может быть подключен к порту CSI0;

17: **IMX219_1** – означает, что сенсор IMX219 может быть подключен к порту к порту CSI1;

18: **IMX335** – означает, что сенсор IMX335 может быть подключен только к порту CSI0.