

**СПЕЦИФИКАЦИЯ НА ДРАЙВЕР
V4L2 VINC БЛОКА ISP VPIN/VINC
1892BM14**

**Версия v2.9
11.10.2018**

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Введение | 4 |
| 2 | Поведение драйвера | 5 |
| 2.1 | Инициализация <i>vinc</i> | 5 |
| 2.2 | Деинициализация <i>vinc</i> | 6 |
| 2.3 | Функция <i>open()</i> | 6 |
| 2.4 | Управление блоком Color Correction (CC) | 6 |
| 2.5 | Управление блоком Color Transformation (CT) | 10 |
| 2.6 | Управление блоком Gamma Correction (GC) | 12 |
| 2.7 | Управление автоэкспозицией | 13 |
| 3 | Поддерживаемые ioctl | 16 |
| 3.1 | VIDIOC_ENUM_FMT | 16 |
| 3.2 | VIDIOC_EXPBUF | 16 |
| 3.3 | VIDIOC_G_CTRL | 16 |
| 3.4 | VIDIOC_S_CTRL | 17 |
| 3.5 | VIDIOC_G_EXT_CTRL | 17 |
| 3.6 | VIDIOC_S_EXT_CTRL | 17 |
| 3.7 | VIDIOC_TRY_EXT_CTRL | 17 |
| 3.8 | VIDIOC_G_FMT | 17 |
| 3.9 | VIDIOC_S_FMT | 17 |
| 3.10 | VIDIOC_TRY_FMT | 18 |
| 3.11 | VIDIOC_G_PARM | 18 |
| 3.12 | VIDIOC_S_PARM | 18 |
| 3.13 | VIDIOC_QBUF | 18 |
| 3.14 | VIDIOC_DQBUF | 18 |
| 3.15 | VIDIOC_QUERYBUF | 19 |
| 3.16 | VIDIOC_QUERYCAP | 19 |
| 3.17 | VIDIOC_QUERYCTRL | 19 |
| 3.18 | VIDIOC_QUERY_EXT_CTRL | 19 |
| 3.19 | VIDIOC_QUERYMENU | 19 |
| 3.20 | VIDIOC_REQBUFS | 19 |
| 3.21 | VIDIOC_STREAMON | 19 |
| 3.22 | VIDIOC_STREAMOFF | 20 |
| 4 | Контролы | 21 |
| 4.1 | Стандартные контролы | 26 |
| 4.2 | Нестандартные контролы | 38 |
| 5 | Приложение А. Контролы, реализованные в драйвере сенсора OV2715 | 46 |
| 5.1 | V4L2_CID_AUTOGAIN | 46 |
| 5.2 | V4L2_CID_GAIN | 46 |
| 5.3 | V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO | 47 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.4 | V4L2_CID_EXPOSURE | 47 |
| 5.5 | V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE | 48 |
| 5.6 | V4L2_CID_HFLIP | 48 |
| 5.7 | V4L2_CID_VFLIP | 49 |
| 6 | Приложение Б. Контролы, реализованные в драйвере сенсора OV7725 | 50 |
| 6.1 | V4L2_CID_AUTOGAIN | 50 |
| 6.2 | V4L2_CID_GAIN | 50 |
| 6.3 | V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO | 51 |
| 6.4 | V4L2_CID_EXPOSURE | 51 |
| 6.5 | V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE | 52 |
| 6.6 | V4L2_CID_POWER_LINE_FREQUENCY | 52 |
| 6.7 | V4L2_CID_HFLIP | 53 |
| 6.8 | V4L2_CID_VFLIP | 53 |
| 7 | Приложение В. Контролы, реализованные в драйвере сенсора OV5647 | 55 |
| 7.1 | V4L2_CID_AUTOGAIN | 55 |
| 7.2 | V4L2_CID_GAIN | 55 |
| 7.3 | V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO | 56 |
| 7.4 | V4L2_CID_EXPOSURE | 56 |
| 7.5 | V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE | 56 |
| 8 | Приложение Д. Контролы, реализованные в драйвере сенсора OV2643 | 58 |
| 8.1 | V4L2_CID_AUTOGAIN | 58 |
| 8.2 | V4L2_CID_GAIN | 58 |
| 8.3 | V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO | 59 |
| 8.4 | V4L2_CID_EXPOSURE | 59 |
| 8.5 | V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE | 59 |
| 8.6 | V4L2_CID_HFLIP | 60 |
| 8.7 | V4L2_CID_VFLIP | 60 |

1. ВВЕДЕНИЕ

Драйвер *vinc* предназначен для получения видео с видео-сенсоров и блока ISP VPIN/VINC 1892BM14Я. Драйвер предоставляет стандартный интерфейс V4L2 Video Capture (Video for Linux 2 - <http://linuxtv.org/downloads/v4l-dvb-apis/v4l2spec.html>). Драйвер *vinc* использует подсистему *soc_camera* в качестве интерфейса для работы с сенсором. На рисунке 1.1 представлена диаграмма использования драйвера *vinc*.

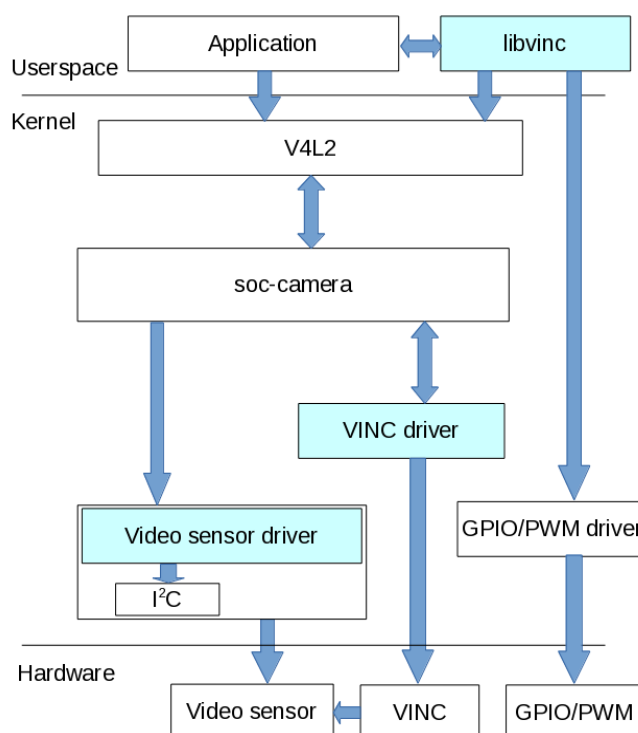


Рисунок 1.1. Диаграмма использования драйвера *vinc*

Возможности:

- Максимальное входное разрешение: 4096x4096
- Максимальное выходное разрешение: 4096x4096 (ширина кратна 8 пикселям)
- Поддерживаются сенсоры со следующими форматами выходного видео: Bayer (разрядность не более 14 бит), RGB888, YCbCr 4:4:4, YCbCr 4:2:2, Mono (реализованы Bayer и YCbCr 4:2:2).
- Форматы выходного видео перечислены в описании ioctl `VIDIOC_ENUM_FMT`

2. ПОВЕДЕНИЕ ДРАЙВЕРА

2.1 Инициализация *vinc*

При инициализации устройства драйвер выполняет:

1. Печатает версию драйвера.
2. Устанавливает поле CMOS_CTR.CMOS_RESET блока VINC в 0.
3. Читает из DeviceTree значение свойства “elvees,pixel-clock-divider”, определяющего во сколько раз частота синхросигнала пикселей сенсора должна быть меньше частоты синхросигнала блока VINC.
4. Читает из DeviceTree свойство “elvees,pixel-clock-over-fsync”. При наличии данного свойства в качестве синхросигнала для сенсора будет использоваться вывод FSYNCO_0, в отсутствие данного свойства — вывод PCLKO_0.
5. Читает из DeviceTree граф, описывающий связи портов VINC с удаленными устройствами (сенсорами). Каждый порт графа связан с одним удаленным устройством, интерфейс подключения этого устройства определяется свойством “elvees,ifacenum”. Это свойство может принимать одно из четырех значений: PInterface0 (0), PInterface1 (1), SInterface0(2), SInterface1(3).

Для удаленных устройств, подключенных к параллельному порту (PInterface0 или PInterface1), может быть определено свойство “elvees,pport-low-bits”. Наличие данного свойства указывает, что сенсор, подключенный к параллельному порту, имеет разрядность компонентов пикселя меньше 12 и они подключены к младшим разрядам шины данных блока VINC. Эта информация будет учитываться при обработке данных, в частности при выполнении преобразования YCbCr->RGB.

6. Вычисляет и записывает значения полей регистров:
 - В отсутствие свойства “elvees,pixel-clock-over-fsync” свойство “elvees,pixel-clock-divider” может принимать значение, равное 1, или четное в диапазоне 2-30. Если значение равно 1, то частота синхросигнала пикселей сенсора равна частоте синхросигнала блока VINC. Нечетное значение драйвер округляет до ближайшего четного в меньшую сторону. Если значение более 30, драйвер установит его равным 30. Если свойство “elvees,pixel-clock-divider” присутствует и не равно 1, то драйвер записывает в поле CMOS0_CTR.CLK_DIV значение в 2 раза меньше, чем “elvees,pixel-clock-divider”, и включает CMOS0_CTR.PCLKO_ENABLE=1.
 - Если свойство “elvees,pixel-clock-over-fsync” присутствует, свойство “elvees,pixel-clock-divider” может принимать значение, равное 2, или кратное 4 в диапазоне 4-60. При использовании FSYNCO_0 нельзя получить частоту, равную частоте синхросигнала блока VINC, поэтому если значение “elvees,pixel-clock-divider” равно 1, драйвер установит его равным 2. Если значение равно 2, то частота синхросигнала пикселей сенсора в 2 раза ниже частоты синхросигнала блока VINC. Если значение не равно 2, оно должно

быть кратным четырем, иначе драйвер выполняет округление до ближайшего младшего числа, кратного четырем. Если значение более 60, драйвер установит его равным 60. Драйвер выполняет:

1. Включение бита CMOS0_CTR.FSYNC_ENAB_EDGE.
 2. Запись значения 1 в регистры CMOS0_TIMER_HIGH и CMOS0_TIMER_LOW, что обеспечивает деление частоты PCLKO на 2 (минимально возможный коэффициент деления).
 3. Запись в поле CMOS0_CTR.CLK_DIV значения свойства “elvees,pixel-clock-divider”, деленного на четыре.
7. Включает бит AXI_MASTER_CFG.GLOBAL_ENABLE.

2.2 Деинициализация *vinc*

Драйвер выключает биты CMOS_CTR.PCLKO_ENABLE, CMOS_CTR.FSYNC_ENAB_EDGE и AXI_MASTER_CFG.GLOBAL_ENABLE.

2.3 Функция `orep()`

Драйвер не имеет специальных функций, которые вызываются при открытии файла устройства. При вызове функции `orep()`, подсистема V4L2 вызывает функцию установки формата у драйвера (аналогично `VIDIOC_S_FMT`). Подсистема V4L2 устанавливает последнее использованное разрешение.

2.4 Управление блоком Color Correction (CC)

2.4.1 Расчет матрицы коэффициентов и вектора смещения

Блок Color Correction выполняет преобразование пикселей входного изображения по формуле:

$$O = M_{CC} \times I + V_{CC}, \quad (2.1)$$

где $M_{CC} = \begin{pmatrix} M_0 & M_1 & M_2 \\ M_3 & M_4 & M_5 \\ M_6 & M_7 & M_8 \end{pmatrix}$ – матрица коэффициентов цветности,

$V_{CC} = \begin{pmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$ – вектор смещений,

I – трёхкомпонентный вектор входного пикселя, O – трёхкомпонентный вектор выходного пикселя.

Блок Color Correction может принимать на вход изображения в форматах RGB и YCbCr. При входном формате RGB, вычисление пикселей выполняется по формуле:

$$O_{RGB} = M_{FX_RGB} \times (M_{RGB} \times (M_{FX_YCbCr} \times (M_{CK} \times M_{sat} \times M_{con} \times M_{hue} \times (M_{YCbCr} \times M_{WB} \times I_{RGB} + V_{YCbCr} - V_{half})) + V_{bri} + V_{half}) + V_{FX_YCbCr}) + V_{RGB} + V_{FX_RGB} \quad (2.2)$$

При входном формате YCbCr, вычисление пикселей выполняется по формуле:

$$O_{YCbCr} = M_{YCbCr} \times (M_{FX_RGB} \times (M_{RGB} \times (M_{FX_YCbCr} \times (M_{CK} \times M_{sat} \times M_{con} \times M_{hue} \times (I_{YCbCr} - V_{half})) + V_{bri} + V_{half}) + V_{FX_YCbCr}) + V_{RGB} + V_{FX_RGB}) + V_{YCbCr}, \quad (2.3)$$

где используются следующие обозначения:

- V_{bri} – вектор смещений, определяемый контролем `V4L2_CID_BRIGHTNESS`
- M_{con} – матрица коэффициентов, определяемая контролем `V4L2_CID_CONTRAST`
- M_{sat} – матрица коэффициентов, определяемая контролем `V4L2_CID_SATURATION`
- M_{hue} – матрица коэффициентов, определяемая контролем `V4L2_CID_HUE`
- M_{CK} – матрица коэффициентов, определяемая контролем `V4L2_CID_COLOR_KILLER`
- M_{FX_RGB}, M_{FX_YCbCr} – матрицы коэффициентов, определяемые контролем `V4L2_CID_COLORFX`
- M_{WB} – матрица коэффициентов, определяемая контролами `V4L2_CID_DO_WHITE_BALANCE`, `V4L2_CID_RED_BALANCE`, `V4L2_CID_BLUE_BALANCE`, `V4L2_CID_WHITE_BALANCE_TEMPERATURE`, `V4L2_CID_AUTO_WHITE_BALANCE`
- M_{RGB} – матрица перевода формата YCbCr в RGB
- M_{YCbCr} – матрица перевода формата RGB в YCbCr
- V_{RGB} – вектор смещений для перевода формата YCbCr в RGB
- V_{YCbCr} – вектор смещений для перевода формата RGB в YCbCr
- V_{half} – вектор смещений (2048; 0; 0)
- V_{FX_RGB}, V_{FX_YCbCr} – векторы смещений, определяемые контролем `V4L2_CID_COLORFX`

Матрицы и вектора перевода цветовых пространств приведены в описании блока *Color Transformation*. Для входного формата YCbCr баланс белого не выполняется.

Приводя формулу (2.2) к виду (2.1), для входного формата RGB получаем:

$$M_{CC} = M_{FX_RGB} \times M_{RGB} \times M_{FX_YCbCr} \times M_{CK} \times M_{sat} \times M_{con} \times M_{hue} \times M_{YCbCr} \times M_{WB}$$

$$V_{CC} = M_{FX_RGB} \times (M_{RGB} \times (M_{FX_YCbCr} \times (M_{CK} \times M_{sat} \times M_{con} \times M_{hue} \times (V_{YCbCr} - V_{half}) + V_{bri} + V_{half}) + V_{FX_YCbCr}) + V_{RGB} + V_{FX_RGB})$$

Приводя формулу (2.3) к виду (2.1), для входного формата YCbCr получаем:

$$M_{CC} = M_{YCbCr} \times M_{FX_RGB} \times M_{RGB} \times M_{FX_YCbCr} \times M_{CK} \times M_{sat} \times M_{con} \times M_{hue}$$

$$V_{CC} = M_{YCbCr} \times M_{FX_RGB} \times M_{RGB} \times M_{FX_YCbCr} \times \\ \times (V_{bri} + (E - M_{CK} \times M_{sat} \times M_{con} \times M_{hue}) \times V_{half}) + \\ + V_{FX_YCbCr} + V_{RGB} + V_{FX_RGB} + V_{YCbCr},$$

где E – единичная матрица.

Во избежании ошибок при переполнении в блоке Color Correction вводятся ограничения на значения контролов. Если при расчете коэффициентов матрицы и вектора смещений не выполняется одно из условий:

$$\sum_{i=0}^2 M_i + \frac{V_0}{4096} < 16; \quad \sum_{i=3}^5 M_i + \frac{V_1}{4096} < 16; \quad \sum_{i=6}^8 M_i + \frac{V_2}{4096} < 16; \\ -4096 \leq V_0 \leq 4095; \quad -4096 \leq V_1 \leq 4095; \quad -4096 \leq V_2 \leq 4095,$$

то драйвер возвращает ошибку ERANGE и значения регистров m_i , v_i и *Scaling* не изменяются (обозначения регистров приведены согласно спецификации VINC). В остальных случаях значения регистров блока рассчитываются по формулам:

$$\text{if } [\max(|M_{CC}|)] = 0, \text{ then } Scaling = 0, \\ \text{else } Scaling = \lfloor \log_2([\max(|M_{CC}|)]) \rfloor + 1,$$

где $\max(|M_{CC}|)$ — максимальный модуль коэффициентов матрицы M_{CC} .

$$m_i = \lfloor M_i \times (1 \ll (15 - Scaling)) + 0.5 \rfloor,$$

где i — целое число и принимает значения от 0 до 8.

$$v_i = \lfloor V_i + 0.5 \rfloor,$$

где i — целое число и принимает значения от 0 до 2.

2.4.2 Состояния кластера cc

Управление блоком Color Correction осуществляется с помощью контролов кластера cc. Кластер cc включает следующие контролы: стандартные контролы V4L2_CID_BRIGHTNESS, V4L2_CID_CONTRAST, V4L2_CID_SATURATION, V4L2_CID_HUE, V4L2_CID_COLOR_KILLER, V4L2_CID_COLORFX, V4L2_CID_DO_WHITE_BALANCE, V4L2_CID_RED_BALANCE, V4L2_CID_BLUE_BALANCE, V4L2_CID_WHITE_BALANCE_TEMPERATURE, стандартные автоконтролы V4L2_CID_AUTO_WHITE_BALANCE и V4L2_CID_AUTOBRIGHTNESS (на диаграмме AUTO), и нестандартные контролы V4L2_CID_CC и V4L2_CID_CC_ENABLE.

Диаграмма состояний кластера cc представлена на рисунке 2.1. Состояние кластера определяется флагами контролов и значением контрола V4L2_CID_CC_ENABLE (на диаграмме CC_ENABLE, наличие флагов указано в квадратных скобках). STD auto обозначает

группу стандартных контролов, управляемых автоконтролем, включенном в данном состоянии кластера, CC_STD non auto - остальные стандартные контролы кластера CC. Все стандартные контролы кроме WRITE_ONLY контролов должны иметь флаг EXECUTE_ON_WRITE, чтобы обеспечить возможность после установки нестандартного контрола V4L2_CID_CC установить стандартный контрол с прежним значением. При установке V4L2_CID_CC_ENABLE в единицу блок Color Correction включен, при установке V4L2_CID_CC_ENABLE в ноль блок Color Correction выключен. Запись новых данных в регистры блока Color Correction осуществляется при изменении значения любого из стандартных контролов или контрола V4L2_CID_CC независимо от состояния контрола V4L2_CID_CC_ENABLE. Для обозначения переходов между состояниями на диаграмме используются следующие обозначения:

- “set CC_STD” - изменение значения стандартных контролов
- “set CC” - установка контрола V4L2_CID_CC
- “enable” - установка значения контрола V4L2_CID_CC_ENABLE в единицу
- “disable” - установка значения контрола V4L2_CID_CC_ENABLE в ноль
- “set auto” - изменение значения одного из автоконтролов (V4L2_CID_AUTO_WHITE_BALANCE или V4L2_CID_AUTOBRIGHTNESS)

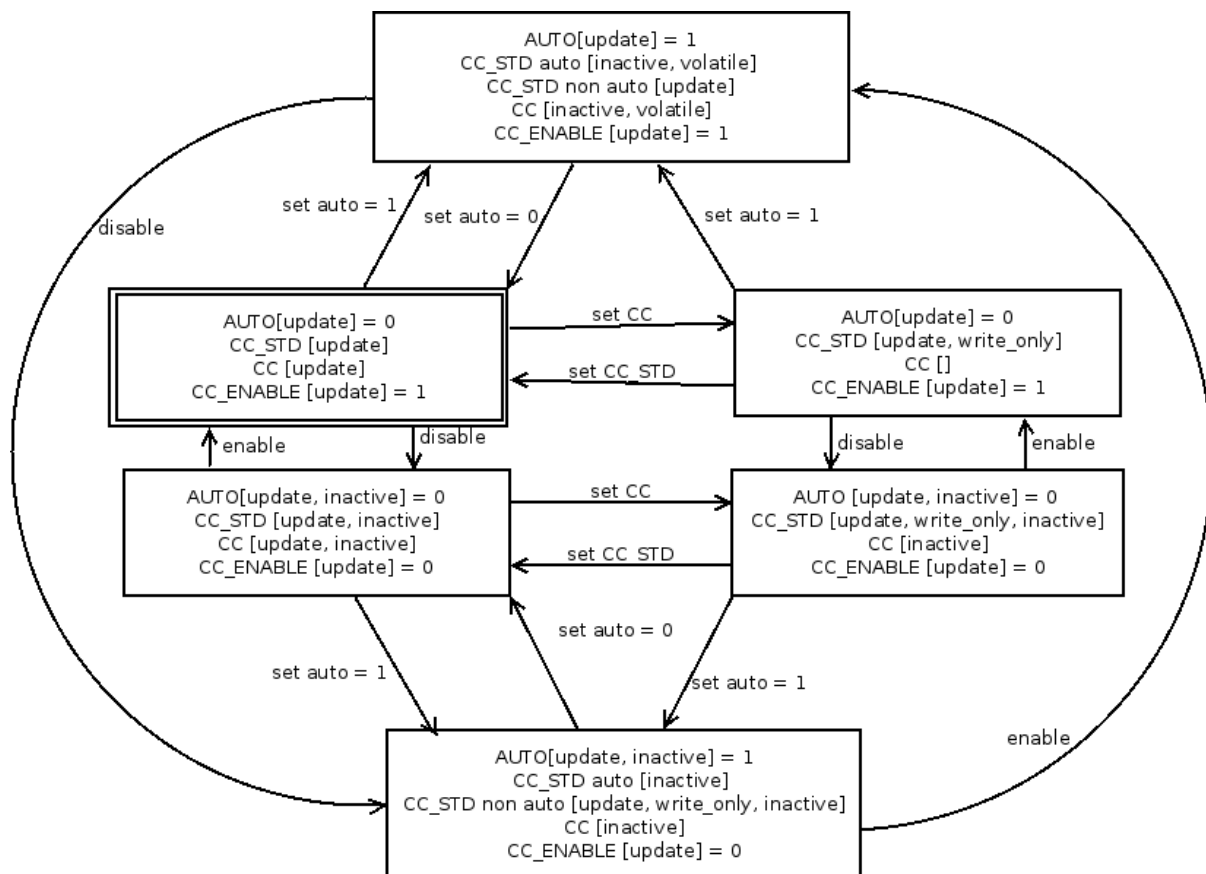


Рисунок 2.1. Диаграмма состояний кластера cc

При загрузке драйвера кластер cc устанавливается в исходное состояние, отмеченное на диаграмме двойной линией. В этом состоянии блок Color Correction включен и в регистры блока записаны значения, обеспечивающие трансляцию изображения с входа на выход

без преобразования:

$$M_{CC} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, V_{CC} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Переходы между состояниями происходят при изменении значения одного из контролов. Значения контролов V4L2_CID_CC и V4L2_CID_CC_ENABLE могут быть изменены одновременно.

2.5 Управление блоком Color Transformation (СТ)

Блок Color Transformation изменяет формат входного потока по формуле:

$$O = M_{CT} \times I + V_{CT},$$

где $M_{CT} = \begin{pmatrix} M_0 & M_1 & M_2 \\ M_3 & M_4 & M_5 \\ M_6 & M_7 & M_8 \end{pmatrix}$ – матрица коэффициентов цветности,

$V_{CT} = \begin{pmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$ – вектор смещений,

I – трёхкомпонентный вектор входного пикселя, O – трёхкомпонентный вектор выходного пикселя.

Блок Color Transformation принимает на вход изображения в форматах RGB и YCbCr. Драйвер учитывает значений полей `ycbcr_enc` и `quantization` структуры `v4l2_pix_format`, которая определяет входной и выходной форматы изображения. Драйвер не учитывает поле `colorspace`, то есть выходное цветовое пространство определяется входным.

Драйвер поддерживает следующие функции перевода (`ycbcr_enc`):

- V4L2_YCBCR_ENC_601
- V4L2_YCBCR_ENC_709
- V4L2_YCBCR_ENC_SYCC
- V4L2_YCBCR_ENC_BT2020

Драйвер поддерживает сжатый (V4L2_QUANTIZATION_LIM_RANGE) и полный (V4L2_QUANTIZATION_FULL_RANGE) диапазон входных данных (`quantization`). Выходные данные всегда представлены в полном диапазоне.

При переводе изображения из формата RGB в YCbCr, в зависимости от функций перевода, значения M_{CT} и V_{CT} изменяются следующим образом:

- V4L2_YCBCR_ENC_SYCC:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 0.587 & 0.114 & 0.299 \\ -0.3313 & 0.5 & -0.1687 \\ -0.4187 & -0.0813 & 0.5 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2048 \\ 2048 \end{pmatrix}$$

- V4L2_YCBCR_ENC_601:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 0.587 & 0.114 & 0.299 \\ -0.3313 & 0.5 & -0.1687 \\ -0.4187 & -0.0813 & 0.5 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2048 \\ 2048 \end{pmatrix}$$

- V4L2_YCBCR_ENC_709:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 0.7152 & 0.0722 & 0.2126 \\ -0.3854 & 0.5 & -0.1146 \\ -0.4542 & -0.0458 & 0.5 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2048 \\ 2048 \end{pmatrix}$$

- V4L2_YCBCR_ENC_BT2020:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 0.678 & 0.0593 & 0.2627 \\ -0.3854 & 0.5 & -0.1396 \\ -0.4598 & -0.0402 & 0.5 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2048 \\ 2048 \end{pmatrix}$$

При переводе изображения из формата YCbCr в RGB, в зависимости от функций перевода и типа диапазона входного изображения, значения M_{CT} и V_{CT} изменяются следующим образом:

- V4L2_YCBCR_ENC_SYCC, сжатый диапазон:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 1.1644 & -0.3917 & -0.8129 \\ 1.1644 & 2.0172 & -0.0001 \\ 1.1644 & 0 & 1.596 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 2169.0754 \\ -4429.0088 \\ -3566.6302 \end{pmatrix}$$

- V4L2_YCBCR_ENC_SYCC, полный диапазон:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 1 & -0.3441 & -0.7141 \\ 1 & 1.772 & -0.0001 \\ 1 & 0 & 1.402 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 2167.3422 \\ -3629.056 \\ -2871.296 \end{pmatrix}$$

- V4L2_YCBCR_ENC_601, сжатый диапазон:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 1.1644 & -0.3918 & -0.813 \\ 1.1644 & 2.0172 & 0 \\ 1.1644 & 0 & 1.596 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 2169.2047 \\ -4429.3736 \\ -3566.7450 \end{pmatrix}$$

- V4L2_YCBCR_ENC_601, полный диапазон:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 1 & -0.3441 & -0.7141 \\ 1 & 1.772 & 0 \\ 1 & 0 & 1.402 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 2167.3422 \\ -3629.056 \\ -2871.296 \end{pmatrix}$$

- V4L2_YCBCR_ENC_709, сжатый диапазон:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 1.1644 & -0.2132 & -0.5329 \\ 1.1644 & 2.1124 & 0 \\ 1.1644 & 0 & 1.7927 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 1230.0493 \\ -4624.281 \\ -3969.6159 \end{pmatrix}$$

- V4L2_YCBCR_ENC_709, полный диапазон:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 1 & -0.1873 & -0.4681 \\ 1 & 1.8556 & 0 \\ 1 & 0 & 1.5748 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 1342.3586 \\ -3800.2688 \\ -3225.1904 \end{pmatrix}$$

- V4L2_YCBCR_ENC_BT2020, сжатый диапазон:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 1.1643 & -0.1873 & -0.6504 \\ 1.1644 & 2.1417 & 0 \\ 1.1644 & 0 & 1.6787 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 1417.6307 \\ -4684.4319 \\ -3736.0067 \end{pmatrix}$$

- V4L2_YCBCR_ENC_BT2020, полный диапазон:

$$M_{CT} = \begin{pmatrix} 1 & -0.1646 & -0.5714 \\ 1 & 1.8814 & 0 \\ 1 & 0 & 1.4746 \end{pmatrix}; V_{CT} = \begin{pmatrix} 1507.136 \\ -3853.1072 \\ -3019.9808 \end{pmatrix}$$

При выполнении преобразования из YCbCr в RGB будет учитываться наличие свойства “elvees,pport-low-bits”, прочитанного из DeviceTree. При наличии этого свойства все коэффициенты цветности M_{CT} будут умножены на 4, обеспечивая сдвиг цветовых компонентов влево на 2 разряда.

Если сдвига влево на 2 разряда недостаточно для получения полного диапазона (при разрядности входных данных меньше 10), требуется коррекция значений вектора смещения. Значения вектора смещений, приведенные выше, рассчитывались исходя из разрядности компонентов $n=12$. Если разрядность входных цветовых компонентов m , значения вектора смещения при наличии свойства “elvees,pport-low-bits” должны быть пересчитаны как $V_{CT}[i]/(2^{(n-m-2)})$, где i принимает значения от 0 до 2.

Значения регистров блока Color Transformation рассчитываются по формулам (обозначения регистров приведены согласно спецификации VINC):

$$\begin{aligned} \text{if } \lfloor \max(|M_{CT}|) \rfloor = 0, \text{ then } Scaling = 0, \\ \text{else } Scaling = \lfloor \log_2(\lfloor \max(|M_{CT}|) \rfloor) \rfloor + 1, \end{aligned}$$

где $\max(|M_{CT}|)$ — максимальный модуль коэффициентов матрицы M_{CT} .

$$m_i = \lfloor M_i \times (1 \ll (15 - Scaling)) + 0.5 \rfloor,$$

где i — целое число и принимает значения от 0 до 8.

$$v_i = \lfloor 4 \times V_i + 0.5 \rfloor,$$

где i — целое число и принимает значения от 0 до 2.

2.6 Управление блоком Gamma Correction (GC)

Блок Gamma Correction выполняет табличное преобразование входного изображения. Каждому из трех цветовых компонентов пикселя (R,G,B) входного изображения соответствует таблица из 4096 элементов. Преобразование выполняется по формуле:

$$O_C = Mem_C[I_C],$$

где используются следующие обозначения:

- C — принимает одно из значений R,G,B;
- I_C — яркость цветового компонента соответствующего входного пикселя;
- O_C — яркость цветового компонента соответствующего выходного пикселя;
- Mem_C — таблица преобразования для яркости цветового компонента.

Управление блоком Gamma Correction осуществляется с помощью контролов кластера gamma. Кластер gamma включает четыре контрола: стандартные контролы `V4L2_CID_GAMMA`, `V4L2_CID_BACKLIGHT_COMPENSATION`, нестандартные контролы `V4L2_CID_GAMMA_CURVE` и `V4L2_CID_GAMMA_ENABLE`.

Диаграмма состояний кластера gamma представлена на рисунке 2.2. Состояние кластера определяется флагами контролов `V4L2_CID_GAMMA`, `V4L2_CID_BACKLIGHT_COMPENSATION`, `V4L2_CID_GAMMA_CURVE` и `V4L2_CID_GAMMA_ENABLE` (на диаграмме `GAMMA`, `BACKLIGHT`, `GAMMA_CURVE` и `GAMMA_CURVE_ENABLE` соответственно, наличие флагов указано в квадратных скобках), значениями контролов `V4L2_CID_GAMMA`, `V4L2_CID_BACKLIGHT_COMPENSATION` и `V4L2_CID_GAMMA_ENABLE` и состоянием блока Gamma Correction ($GC = 0$ – блок выключен, $GC = 1$ – блок включен). Для обозначения переходов между состояниями на диаграмме используются следующие обозначения:

- “set GAMMA” - изменение значения контрола `V4L2_CID_GAMMA`
- “set GAMMA_CURVE” - установка контрола `V4L2_CID_GAMMA_CURVE`
- “set BACKLIGHT” - изменение значения контрола `V4L2_CID_BACKLIGHT_COMPENSATION`
- “enable” - установка значения контрола `V4L2_CID_GAMMA_ENABLE` в единицу
- “disable” - установка значения контрола `V4L2_CID_GAMMA_ENABLE` в ноль

При загрузке драйвера кластер gamma устанавливается в исходное состояние, отмеченное на диаграмме двойной линией. Переходы между состояниями происходят при изменении значения одного из контролов. При одновременном изменении контролов `V4L2_CID_GAMMA_CURVE` и `V4L2_CID_GAMMA_ENABLE` приоритет имеет `V4L2_CID_GAMMA_ENABLE`, изменение `V4L2_CID_GAMMA_CURVE` игнорируется.

2.7 Управление автоэкспозицией

Управление автоэкспозицией осуществляется с помощью контролов кластера ae. Кластер ae содержит три контрола: стандартный контрол `V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO`, нестандартные контролы `V4L2_CID_SENSOR_EXPOSURE_AUTO` и `V4L2_CID_SENSOR_AUTOGAIN`.

Диаграмма состояний кластера ae представлена на рисунке 2.3. На диаграмме отображено поведение контролов `V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO` и `V4L2_CID_SENSOR_EXPOSURE_AUTO`. Контрол `V4L2_CID_SENSOR_AUTOGAIN` взаимодействует с `V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO` аналогично контролю `V4L2_CID_SENSOR_EXPOSURE_AUTO` и не зависит от последнего.

Состояние кластера определяется флагами и значениями контролов `V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO` и `V4L2_CID_SENSOR_EXPOSURE_AUTO` (на диаграмме `EXPOSURE_AUTO` и `SENSOR_AE` соответственно). На диаграмме также проиллюстрировано состояние контролов сенсора `V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO` и `V4L2_CID_EXPOSURE` (`SENSOR_EXPOSURE_AUTO` и `SENSOR_EXPOSURE` соответственно), которое зависит от контрола `V4L2_CID_SENSOR_EXPOSURE_AUTO`. Для обозначения переходов между состояниями на диаграмме используются следующие обозначения:

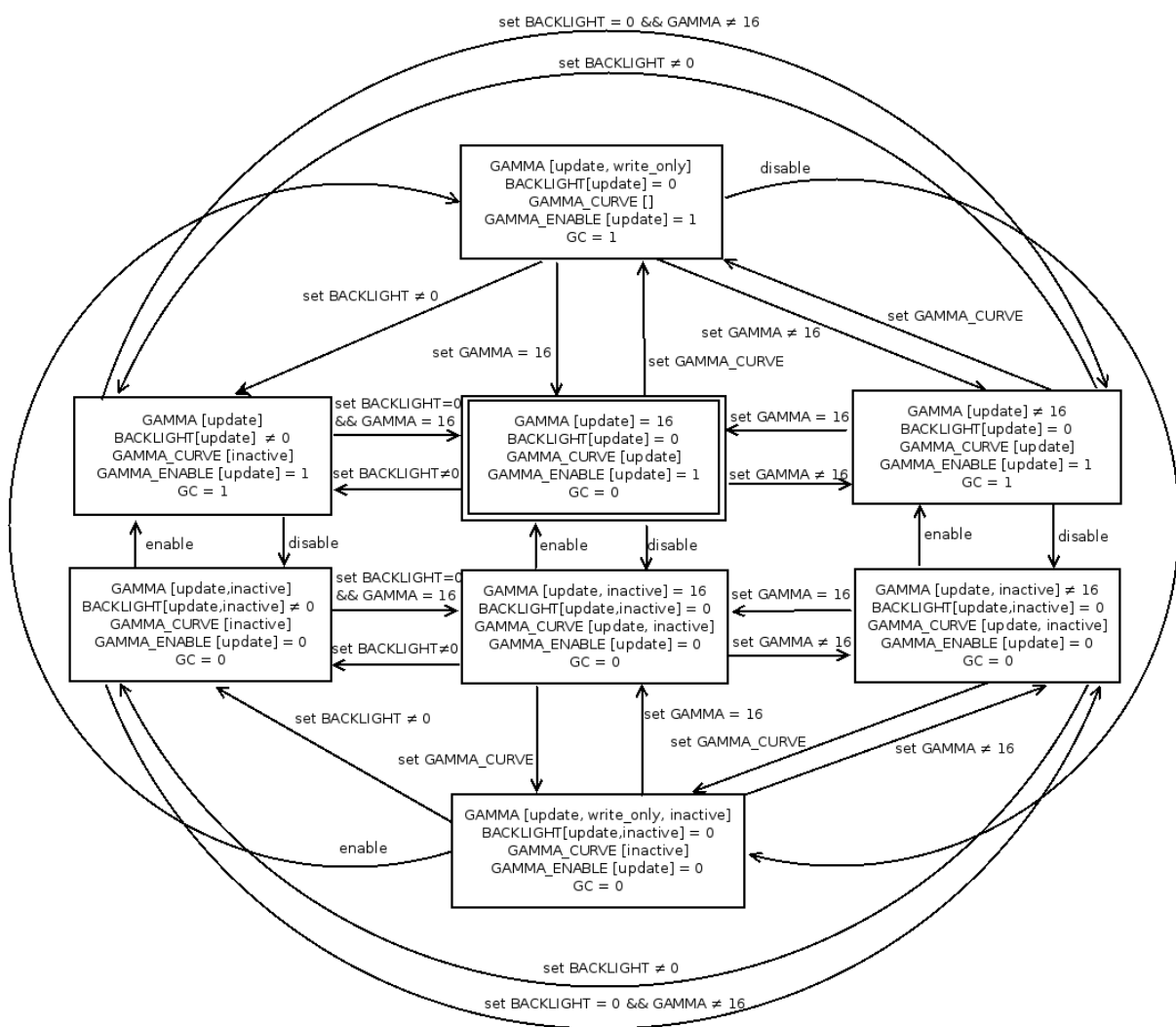


Рисунок 2.2. Диаграмма состояний кластера гамма

- “set EXPOSURE_AUTO” — изменение значения контроля V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO;
- “set SENSOR_AE” — изменение значения контроля V4L2_CID_SENSOR_EXPOSURE_AUTO.

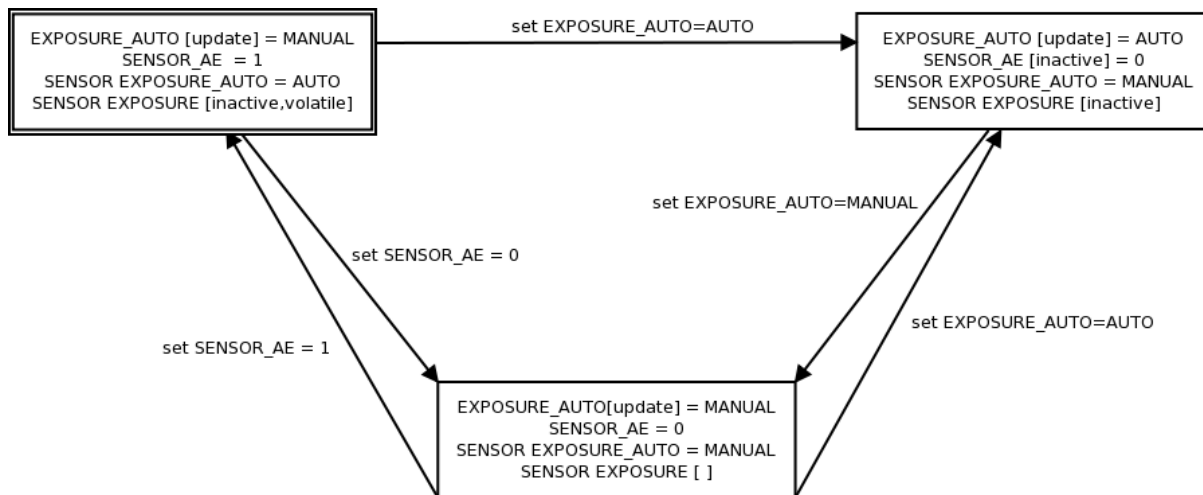


Рисунок 2.3. Диаграмма состояний кластера ae

3. ПОДДЕРЖИВАЕМЫЕ ЮСТЛ

Таблица 3.1. Список поддерживаемых ioctl

| Название | Описание |
|----------------------------|---|
| VIDIOC_ENUM_FMT | Получить список поддерживаемых форматов пикселей |
| VIDIOC_EXPBUF | Получить файловый дескриптор на буфер (не проверялось) |
| VIDIOC_G_CTRL | Получить значение контрола |
| VIDIOC_S_CTRL | Изменить значение контрола |
| VIDIOC_G_EXT_CTRLS | Получить значение расширенного контрола |
| VIDIOC_S_EXT_CTRLS | Изменить значение расширенного контрола |
| VID- IOC_TRY_EXT_CTRLS | Проверить правильно ли установлено значение контрола |
| VIDIOC_G_FMT | Получить текущий установленный формат пикселей и разрешение |
| VIDIOC_S_FMT | Установить новый формат пикселей и разрешение |
| VIDIOC_TRY_FMT | Проверить, поддерживается ли формат пикселей и разрешение |
| VIDIOC_G_PARM | Получить параметры стриминга |
| VIDIOC_S_PARM | Изменить параметры стриминга |
| VIDIOC_QBUF | Передать буфер драйверу для заполнения |
| VIDIOC_DQBUF | Запросить заполненный буфер у драйвера |
| VIDIOC_QUERYBUF | Запросить статус буфера |
| VIDIOC_QUERYCAP | Запросить информацию о возможностях устройства |
| VIDIOC_QUERYCTRL | Получить список поддерживаемых контролов |
| VID- IOC_QUERY_EXT_CTRL | Получить список поддерживаемых расширенных контролов (не проверялось) |
| VIDIOC_QUERYMENU | Получить список поддерживаемых меню-контролов |
| VIDIOC_REQBUFS | Запросить буферы |
| VIDIOC_STREAMON | Включить приём видео |
| VIDIOC_STREAMOFF | Выключить приём видео |

3.1 VIDIOC_ENUM_FMT

Блок VINC поддерживает форматы:

- V4L2_PIX_FMT_BGR32
- V4L2_PIX_FMT_M420

3.2 VIDIOC_EXPBUF

Выполняется в подсистеме V4L2 без участия драйвера *vinc*.

3.3 VIDIOC_G_CTRL

Поддерживаемые контролы описаны в главе *Контролы*.

3.4 VIDIOC_S_CTRL

При каждой записи контрола подсистема V4L2 вначале вызывает функцию `try_ctrl()`. Это гарантирует, что обработчик `s_ctrl()` получает уже проверенное значение. Поддерживаемые контролы описаны в главе *Контролы*.

3.5 VIDIOC_G_EXT_CTRL

Поддерживаемые расширенные контролы описаны в главе *Контролы*.

3.6 VIDIOC_S_EXT_CTRL

При каждой записи расширенного контрола подсистема V4L2 вначале вызывает функцию `try_ctrl()`. Это гарантирует, что обработчик `s_ctrl()` получает уже проверенное значение. Поддерживаемые расширенные контролы описаны в главе *Контролы*.

3.7 VIDIOC_TRY_EXT_CTRL

Для целочисленных значений драйвер проверяет, что это значение принадлежит диапазону, указанному для данного контрола. Для массивов и указателей драйвер проверяет допустимость значений в зависимости от конкретного контрола.

3.8 VIDIOC_G_FMT

Драйвер `vinc` запрашивает размер кадра и формат у драйвера сенсора и возвращает структуру `v4l2_format`.

3.9 VIDIOC_S_FMT

Когда приложение устанавливает формат пикселей и размер кадра, драйвер `vinc` проверяет, поддерживает ли он этот формат пикселей. Если формат не поддерживается, то драйвер вернёт приложению ошибку `-EINVAL`. Драйвер `vinc` запрашивает размер кадра и формат у драйвера сенсора при помощи функции `try_mbus_fmt`. Драйвер сенсора возвращает тот размер кадра и формат пикселей, который он поддерживает.

- Если запрашиваемый размер кадра меньше размера кадра, полученного от драйвера сенсора, то драйвер `vinc` будет выполнять кроппинг, сохраняя положение центра кадра, получаемого от сенсора.
- В остальных случаях драйвер `vinc` будет использовать размер, полученный от драйвера сенсора

Драйвер `vinc` вызывает функцию `s_mbus_fmt`, что бы настроить сенсор на формат пикселей и размер кадра, который драйвер сенсора вернул при вызове `try_mbus_fmt`.

Драйвер настраивает блок VINC в следующей последовательности:

- Настройка входных портов.

- Настройка входного кропинга.
- Включение и настройка блоков преобразования.
- Настройка выходного кропинга.
- Настройка размера строк и кадров.
- Настройка формата сохраняемых пикселей.

Тракт преобразования и DMA остаются в выключенном состоянии.

3.10 VIDIOC_TRY_FMT

Алгоритм проверки как при *VIDIOC_S_FMT*, но внутреннее состояние драйвера, блока VINC и сенсора не изменяется.

3.11 VIDIOC_G_PARM

Драйвер *vinc* запрашивает у драйвера сенсора частоту кадров и заполняет структуру *v4l2_fract*. В поле *type* структуры *v4l2_streamparm* записывается флаг *V4L2_BUF_TYPE_VIDEO_CAPTURE*. В поля структуры *v4l2_captureparm* драйвер записывают значения:

- в *capability* флаг *V4L2_CAP_TIMEPERFRAME*
- в *capturemode* — 0
- в *extendedmode* — номер интерфейса удаленного устройства в соответствии со свойством “*elvees,ifacenum*” в DeviceTree (см *Инициализация *vinc**).

3.12 VIDIOC_S_PARM

Когда приложение устанавливает частоту кадров, драйвер *vinc* запрашивает текущую частоту у драйвера сенсора и вычисляет коэффициент децимации по кадрам как отношение текущей частоты к запрашиваемой. Коэффициент децимации устанавливается в диапазоне от 1 до 64. Если вычисленный коэффициент децимации выходит за границы диапазона, устанавливается граничное значение. Коэффициент децимации записывается в поле *FDECIM_COEFF* регистра *STREAM_INP_DECIM_CTR*.

3.13 VIDIOC_QBUF

Драйвер ставит буфер в очередь на заполнение. Если приём видео включен (см *VIDIOC_STREAMON*), но в этот момент не ведётся приём другого кадра, то драйвер включает DMA и начинается приём кадра с начала следующего кадра.

3.14 VIDIOC_DQBUF

Выполняется в подсистеме V4L2 без участия драйвера.

3.15 VIDIOC_QUERYBUF

Выполняется в подсистеме V4L2 без участия драйвера.

3.16 VIDIOC_QUERYCAP

Драйвер записывает в поля:

- в `card` строку “VINC”
- в `device_caps` - флаги `V4L2_CAP_VIDEO_CAPTURE` и `V4L2_CAP_STREAMING`
- в `capabilities` - флаги из поля `device_caps` и флаг `V4L2_CAP_DEVICE_CAPS`

3.17 VIDIOC_QUERYCTRL

Выполняется в подсистеме V4L2 без участия драйвера.

3.18 VIDIOC_QUERY_EXT_CTRL

Выполняется в подсистеме V4L2 без участия драйвера.

3.19 VIDIOC_QUERYMENU

Выполняется в подсистеме V4L2 без участия драйвера.

3.20 VIDIOC_REQBUFS

Подсистема V4L2 передаёт драйверу указатель на количество плеинов. Драйвер выставляет количество плеинов исходя из выбранного формата пикселей (см. `VIDIOC_S_FMT`)

3.21 VIDIOC_STREAMON

Драйвер включает приём видео: включает входной порт, канал обработки, прерывания и бит `AXI_MASTER_CFG.GLOBAL_ENABLE`. Номер канала обработки определяется свойством “`elvees,ifacenum`”, определенным для удаленного устройства, с которого будет приниматься видео. Если “`elvees,ifacenum`” имеет четное значение, выбирается канал обработки 0, если нечетное значение - канал обработки 1. Драйвер записывает значение этого свойства в поле `STREAM*_INP_CFG.INPUT_INTERFACE`. При попытке запуска видео на канале обработки, который уже занят приемом видео с другого источника, `ioctl` будет завершаться с кодом ошибки `EBUSY`. Включение DMA будет производиться при наличии буферов у драйвера (см `VIDIOC_QBUF`).

3.22 VIDIOC_STREAMOFF

Драйвер выключает приём видео: выключает DMA, канал обработки, прерывания и входной порт. Если в DeviceTree отсутствует свойство `clock-over-fsync` (см *Инициализация *vinc**), то драйвер выключает бит `AXI_MASTER_CFG.GLOBAL_ENABLE`.

4. КОНТРОЛЫ

Драйвер *vinc* использует контролы для настройки блока VINC или передаёт эти контролы драйверу сенсора. Если драйвер *vinc* и драйвер сенсора поддерживают одинаковые контролы, то при изменении такого контрола драйвер *vinc* будет передавать контрол драйверу сенсора.

Таблица 4.1. Список поддерживаемых стандартных контролов

| # | Название контрола | Расширенный контрол | Тип данных | Значение по умолчанию | Минимальное значение | Максимальное значение | Описание |
|----|------------------------------------|---------------------|------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---|
| 1 | V4L2_CID_BRIGHTNESS | Нет | integer | 0 | -2048 | 2047 | Значение яркости |
| 2 | V4L2_CID_CONTRAST | Нет | integer | 128 | 0 | 255 | Значение контраста (усиление люмы) |
| 3 | V4L2_CID_SATURATION | Нет | integer | 128 | 0 | 255 | Значение насыщенности (усиление хромы) |
| 4 | V4L2_CID_HUE | Нет | integer | 0 | -128 | 127 | Значение баланса цветности |
| 5 | V4L2_CID_AUTO_WHITE_BALANCE | Нет | bool | 1 | 0 | 1 | Разрешение автобаланса белого |
| 6 | V4L2_CID_DO_WHITE_BALANCE | Нет | button | – | | | Однократная установка коэффициентов баланса белого |
| 7 | V4L2_CID_COLOR_KILLER | Нет | bool | 0 | 0 | 1 | Разрешение черно-белого при слабом видеосигнале |
| 8 | V4L2_CID_GAIN | Нет | integer | 1 | | | Усиление |
| 9 | V4L2_CID_GAMMA | Нет | integer | 16 | 1 | 31 | Гамма-коррекция |
| 10 | V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE | Да | integer | | | | Время экспозиции для сенсора |
| 11 | V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO | Да | enum | 1 | 0 | 1 | Разрешение и выбор режима автоэкспозиции |
| 12 | V4L2_CID_RED_BALANCE | Нет | integer | 0 | -112 | 112 | Коэффициент баланса для красного цвета |
| 13 | V4L2_CID_BLUE_BALANCE | Нет | integer | 0 | -112 | 112 | Коэффициент баланса для синего цвета |
| 14 | V4L2_CID_WHITE_BALANCE_TEMPERATURE | Нет | integer | 6500 | 2000 | 9000 | Баланс белого в виде цветовой температуры |
| 15 | V4L2_CID_AUTOGAIN | Нет | integer | 1 | 0 | 1 | Разрешение автоусиления |
| 16 | V4L2_CID_AUTOBRIGHTNESS | Нет | bool | 0 | 0 | 1 | Разрешение автояркости |
| 17 | V4L2_CID_POWER_LINE_FREQUENCY | Нет | enum | | | | Включение фильтра частоты переменного тока, позволяющего избежать мерцания |
| 18 | V4L2_CID_COLORFX | Нет | enum | | | | Выбор цветового эффекта |
| 19 | V4L2_CID_COLORFX_CBCR | Нет | integer | | | | Коэффициенты для цветовых эффектов CbCr (биты [7:0] для Cr, биты [15:8] для Cb) |
| 20 | V4L2_CID_CHROMA_GAIN | Нет | integer | | | | Регулировка усиления цвета |

Продолжается на следующей странице

Таблица 4.1 – продолжение с предыдущей страницы

| # | Название контрола | Расширенный контрол | Тип данных | Значение по умолчанию | Минимальное значение | Максимальное значение | Описание |
|----|---------------------------------|---------------------|------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---|
| 21 | V4L2_CID_BACKLIGHT_COMPENSATION | Нет | integer | 0 | 0 | 10 | Компенсация заднего света |
| 22 | V4L2_CID_TEST_PATTERN | Да | menu | 0 | 0 | 4 | Включение/выключение и выбор тестового паттерна |

Таблица 4.2. Список поддерживаемых нестандартных контролов

| # | Название | Тип данных | Номер | Описание |
|----|--------------------------------|------------|--------|--|
| 1 | V4L2_CID_BAD_CORRECTION_ENABLE | bool | 0x1000 | Вкл/выкл блока коррекции битых пикселей |
| 2 | V4L2_CID_BAD_PIXELS | void* | 0x1001 | Карта битых пикселей |
| 3 | V4L2_CID_BAD_ROWS | __u16* | 0x1002 | Битые строки |
| 4 | V4L2_CID_BAD_COLS | __u16* | 0x1003 | Битые столбцы |
| 5 | V4L2_CID_GAMMA_CURVE_ENABLE | bool | 0x1004 | Вкл/выкл блока гамма-коррекции |
| 6 | V4L2_CID_GAMMA_CURVE | void* | 0x1005 | Гамма-коррекция |
| 7 | V4L2_CID_CC_ENABLE | bool | 0x1006 | Вкл/выкл коррекции цвета |
| 8 | V4L2_CID_CC | void* | 0x1007 | Коррекция цвета |
| 9 | V4L2_CID_CT_ENABLE | bool | 0x1008 | Вкл/выкл преобразования цвета |
| 10 | V4L2_CID_CT | void* | 0x1009 | Преобразование цвета |
| 11 | V4L2_CID_DR_ENABLE | bool | 0x100A | Вкл/выкл адаптации динамического диапазона |
| 12 | V4L2_CID_DR | __u16* | 0x100B | Адаптация динамического диапазона |
| 13 | V4L2_CID_STAT_ENABLE | __s32 | 0x100C | Вкл/выкл сбора статистики |
| 14 | V4L2_CID_STAT_AF_COLOR | __s32 | 0x100D | Компонента автофокуса |
| 15 | V4L2_CID_STAT_AF_TH | __s32 | 0x100E | Пороговое значение автофокуса |
| 16 | V4L2_CID_STAT_ZONE0 | void* | 0x100F | Настройка зоны 0 |
| 17 | V4L2_CID_STAT_ZONE1 | void* | 0x1010 | Настройка зоны 1 |
| 18 | V4L2_CID_STAT_ZONE2 | void* | 0x1011 | Настройка зоны 2 |
| 19 | V4L2_CID_STAT_ZONE3 | void* | 0x1012 | Настройка зоны 3 |
| 20 | V4L2_CID_STAT_HIST0 | void* | 0x1013 | Гистограммы по зоне 0 |
| 21 | V4L2_CID_STAT_HIST1 | void* | 0x1014 | Гистограммы по зоне 1 |
| 22 | V4L2_CID_STAT_HIST2 | void* | 0x1015 | Гистограммы по зоне 2 |
| 23 | V4L2_CID_STAT_HIST3 | void* | 0x1016 | Гистограммы по зоне 3 |
| 24 | V4L2_CID_STAT_AF0 | void* | 0x1017 | Значения автофокуса по зоне 0 |
| 25 | V4L2_CID_STAT_AF1 | void* | 0x1018 | Значения автофокуса по зоне 1 |
| 26 | V4L2_CID_STAT_AF2 | void* | 0x1019 | Значения автофокуса по зоне 2 |
| 27 | V4L2_CID_STAT_AF3 | void* | 0x101A | Значения автофокуса по зоне 3 |
| 28 | V4L2_CID_STAT_ADD0 | void* | 0x101B | Дополнительная статистика по зоне 0 |
| 29 | V4L2_CID_STAT_ADD1 | void* | 0x101C | Дополнительная статистика по зоне 1 |
| 30 | V4L2_CID_STAT_ADD2 | void* | 0x101D | Дополнительная статистика по зоне 2 |
| 31 | V4L2_CID_STAT_ADD3 | void* | 0x101E | Дополнительная статистика по зоне 3 |
| 32 | V4L2_CID_SENSOR_EXPOSURE_AUTO | bool | 0x101F | Разрешение автоэкспозиции сенсора |

Продолжается на следующей странице

Таблица 4.2 – продолжение с предыдущей страницы

| # | Название | Тип данных | Номер | Описание |
|----|------------------------------------|------------|--------|--|
| 33 | V4L2_CID_SENSOR_AUTOGAIN | bool | 0x1020 | Разрешение автоусиления сенсора |
| 34 | V4L2_CID_SENSOR_AUTO_WHITE_BALANCE | bool | 0x1021 | Разрешение авто баланса белого сенсора |

4.1 Стандартные контролы

Обозначения в описании стандартных контролов:

max_v – количество возможных значений компоненты пикселя.

4.1.1 V4L2_CID_BRIGHTNESS

Описание: Контрол позволяет регулировать яркость изображения.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [-2048..2048]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

Контрол изменяет значение яркости изображения на заданную величину. При установке контрола рассчитывается вектор V_{bri} и обновляются значения коэффициентов блока *Color Correction*:

$$V_{bri} = \begin{pmatrix} value \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

где *value* – текущее значение контрола

4.1.2 V4L2_CID_CONTRAST

Описание: Контрол позволяет изменить контрастность изображения.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [0..255]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 128

Алгоритм:

Контрол умножает значение яркости изображения на заданную величину. При установке контрола рассчитывается матрица M_{con} и обновляются значения коэффициентов блока *Color Correction*:

$$M_{con} = \begin{pmatrix} L & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

где $L = \tan\left(\frac{value \times \pi}{512}\right)$ и *value* – текущее значение контрола.

4.1.3 V4L2_CID_SATURATION

Описание: Контроль позволяет изменить насыщенность изображения.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [0..255]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 128

Алгоритм:

Контроль умножает значения цветности изображения на заданную величину. При установке контроля рассчитывается матрица M_{sat} и обновляются значения коэффициентов блока *Color Correction*:

$$M_{sat} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C & 0 \\ 0 & 0 & C \end{pmatrix},$$

где $C = \tan\left(\frac{value \times \pi}{512}\right)$ и *value* – текущее значение контроля.

4.1.4 V4L2_CID_HUE

Описание: Контроль позволяет изменить тон изображения.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [-128..127]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

Контроль выполняет поворот вектора цветности на заданный угол. При установке контроля рассчитывается матрица M_{hue} и обновляются значения коэффициентов блока *Color Correction*:

$$M_{hue} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(A) & -\sin(A) \\ 0 & \sin(A) & \cos(A) \end{pmatrix},$$

где $A = \frac{value \times \pi}{128}$ и *value* – текущее значение контроля.

4.1.5 V4L2_CID_GAMMA

Описание: Контроль позволяет выполнить гамма-коррекцию изображения с использованием степенной функции.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [1..31]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 16

Алгоритм:

Контроль задает параметр для вычисления степени передаточной функции при гамма-коррекции. Значение степени γ вычисляется как:

$$\gamma = \frac{value/32}{1 - value/32},$$

где *value* – текущее значение контроля.

Значение по умолчанию соответствует $\gamma = 1$. Преобразование выполняется в блоке Gamma Correction (GC). Для настройки преобразования требуется задать три таблицы из 4096 значений, по одной для каждого цветового компонента пикселя. Таблицы одинаковы для всех цветовых компонентов. Формирование таблицы осуществляется следующим образом: для каждого значения цветового компонента входного пикселя V_{IN} в диапазоне 0-4095 вычисляется значение цветового компонента выходного пикселя V_{OUT} по формуле:

$$V_{OUT} = 4095 * \left(\frac{V_{IN}}{4095}\right)^\gamma$$

Полученные таблицы записываются в ячейки каждой из трех памятей коэффициентов блока Gamma Correction.

4.1.6 V4L2_CID_COLOR_KILLER

Описание: Контроль позволяет перевести изображение в градации серого цвета.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контроль обнуляет значение цветовых компонент изображения. При включении контроля рассчитывается матрица M_{CK} и обновляются значения коэффициентов блока *Color Correction*:

$$M_{CK} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 - value & 0 \\ 0 & 0 & 1 - value \end{pmatrix},$$

где *value* – текущее значение контроля.

4.1.7 V4L2_CID_COLORFX

Описание: Контроль позволяет накладывать на изображение различные цветовые эффекты.

Тип: enum

Диапазон возможных значений: [0..15]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

В зависимости от значения контроля выбираются значения матриц M_{FX_RGB} , M_{FX_YCbCr} и векторов V_{FX_RGB} , V_{FX_YCbCr} . При этом обновляются значения коэффициентов блока *Color Correction*. Цветовой эффект зависит от значения, принимаемого контролем. Если контроль выставлен в неподдерживаемое значение, то он переводится в предыдущее поддерживаемое. Если в описании эффекта нет упоминания матрицы или вектора, то они принимают значения по умолчанию:

$$M_{FX_RGB} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, M_{FX_YCbCr} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$V_{FX_YCbCr} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, V_{FX_RGB} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Список значений поддерживаемых эффектов и их описание:

- V4L2_COLORFX_NONE

Эффект отсутствует. Это исходное значение контроля. Матрицы и вектор смещения выставляются в значения по умолчанию;

- V4L2_COLORFX_BW

Изображение переводится в черно-белое. Матрица M_{FX_YCbCr} и вектор V_{FX_YCbCr} принимают значения:

$$M_{FX_YCbCr} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, V_{FX_YCbCr} = \begin{pmatrix} 0 \\ 2048 \\ 2048 \end{pmatrix};$$

- V4L2_COLORFX_SEPIA

К изображению применяется эффект сепии. Матрица M_{FX_RGB} принимает значение:

$$M_{FX_RGB} = \begin{pmatrix} 0.393 & 0.769 & 0.189 \\ 0.349 & 0.686 & 0.168 \\ 0.272 & 0.534 & 0.131 \end{pmatrix};$$

- V4L2_COLORFX_NEGATIVE

Изображение переводится в негатив. Матрица M_{FX_RGB} и вектор V_{FX_RGB} принимают значения:

$$M_{FX_RGB} = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}, V_{FX_RGB} = \begin{pmatrix} 4095 \\ 4095 \\ 4095 \end{pmatrix};$$

- V4L2_COLORFX_VIVID

В изображении насыщаются цвета. Матрица M_{FX_YCbCr} и вектор V_{FX_YCbCr} принимают значения:

$$M_{FX_YCbCr} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1.3143 & 0 \\ 0 & 0 & 1.3143 \end{pmatrix}, V_{FX_RGB} = \begin{pmatrix} 0 \\ -643.6864 \\ -643.6864 \end{pmatrix};$$

- V4L2_COLORFX_AQUA

Изображение переводится в холодные тона. Матрица M_{FX_RGB} принимает значение:

$$M_{FX_RGB} = \begin{pmatrix} 0.8 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.85 & 0.1 \\ 0.3 & 0.1 & 0.7 \end{pmatrix};$$

- V4L2_COLORFX_ANTIQUUE

К изображению применяется эффект старого фото. Матрица M_{FX_RGB} принимает значение:

$$M_{FX_RGB} = \begin{pmatrix} 0.85 & 0.1 & 0.3 \\ 0.1 & 0.45 & 0.5 \\ 0.1 & 0.3 & 0.5 \end{pmatrix};$$

- V4L2_COLORFX_SET_CBCR

В изображении компоненты Cb и Cr пикселей заменяются на значения Cb_{new} и Cr_{new}, заданные контролем V4L2_CID_COLORFX_CBCR. Матрица M_{FX_YCbCr} и вектор V_{FX_YCbCr} принимают значения:

$$M_{FX_YCbCr} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, V_{FX_YCbCr} = \begin{pmatrix} 0 \\ Cb_{new} \\ Cr_{new} \end{pmatrix}.$$

4.1.8 V4L2_CID_COLORFX_CBCR

Описание: Контроль позволяет изменять компоненты Cb и Cr пикселей изображения на фиксированные значения, при использовании эффекта V4L2_COLORFX_SET_CBCR контроля V4L2_CID_COLORFX.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [0..65535]

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При установке контроля драйвер выполняет:

- изменение переменных $Cr_{new} = value[7 : 0]$ и $Cb_{new} = value[15 : 8]$, где value - значение контроля.
- пересчёт вектора V_{FX_YCbCr} контроля V4L2_CID_COLORFX и обновление значения коэффициентов блока Color Correction.

4.1.9 V4L2_CID_DO_WHITE_BALANCE

Описание: Контроль выполняет одновременную автонастройку баланса белого цвета изображения.

Тип: button

Диапазон возможных значений: -

Шаг между значениями: -

Значение по умолчанию: -

Алгоритм:

Преобразование выполняется только над данными в формате RGB.

При установке контроля драйвер выполняет:

- чтение значений суммы по красному, синему и зелёному цвету $sumR$, $sumG$, $sumB$ из блока статистики (STT).
- вычисление в соответствии с алгоритмом “Серый мир” коэффициентов баланса красного цвета $Kr = sumG/sumR$ и синего цвета $Kb = sumG/sumB$.
- установку коэффициента зеленого цвета $Kg = 1$.
- формирование матрицы M_{WB} по формуле:

$$M_{WB} = \begin{pmatrix} Kr & 0 & 0 \\ 0 & Kg & 0 \\ 0 & 0 & Kb \end{pmatrix},$$

для данных в формате YCbCr $Kr = 1$, $Kg = 1$, $Kb = 1$.

- установку контролей `V4L2_CID_RED_BALANCE` и `V4L2_CID_BLUE_BALANCE` в соответствии с рассчитанными коэффициентами Kr и Kb .
- установку флагов `WRITE_ONLY` и `EXECUTE_ON_WRITE` для контроля `V4L2_CID_WHITE_BALANCE_TEMPERATURE`.
- обновление значения коэффициентов блока *Color Correction*.

4.1.10 V4L2_CID_RED_BALANCE

Описание: Контроль устанавливает баланс красного цвета в изображении.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [-112..112]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При установке контроля драйвер выполняет:

- вычисление коэффициента баланса красного цвета по формуле:

$$Kr = \frac{(value + 128)/256}{1 - (value + 128)/256} * Kg,$$

где *value* – текущее значение контроля, *Kg* - коэффициент баланса зеленого цвета.

Установка *value* < 0 приводит к установке *Kr* < *Kg*, минимальное значение *value* = -112 соответствует *Kr* = 0.067 * *Kg*. Установка *value* > 0 приводит к установке *Kr* > *Kg*, максимальное значение *value* = 112 соответствует *Kr* = 15 * *Kg*. При *value* = 0 *Kr* = *Kg*.

- установку нового значения *Kr* в матрицу M_{WB} (см. *V4L2_CID_DO_WHITE_BALANCE*).
- установку флагов *WRITE_ONLY* и *EXECUTE_ON_WRITE* для контроля *V4L2_CID_WHITE_BALANCE_TEMPERATURE*.
- обновление значения коэффициентов блока *Color Correction*.

4.1.11 V4L2_CID_BLUE_BALANCE

Описание: Контроль устанавливает баланс синего цвета в изображении.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [-112..112]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При установке контроля драйвер выполняет:

- вычисление коэффициента баланса синего цвета по формуле:

$$Kb = \frac{(value + 128)/256}{1 - (value + 128)/256} * Kg,$$

где *value* – текущее значение контроля, *Kg* - коэффициент баланса зеленого цвета.

Установка *value* < 0 приводит к установке *Kb* < *Kg*, минимальное значение *value* = -112 соответствует *Kb* = 0.067 * *Kg*. Установка *value* > 0 приводит к установке *Kb* > *Kg*, максимальное значение *value* = 112 соответствует *Kb* = 15 * *Kg*. При *value* = 0 *Kb* = *Kg*.

- установку нового значения *Kb* в матрицу M_{WB} (см. *V4L2_CID_DO_WHITE_BALANCE*).
- установку флагов *WRITE_ONLY* и *EXECUTE_ON_WRITE* для контроля *V4L2_CID_WHITE_BALANCE_TEMPERATURE*.
- обновление значения коэффициентов блока *Color Correction*.

4.1.12 V4L2_CID_WHITE_BALANCE_TEMPERATURE

Описание: Контроль устанавливает баланс белого цвета изображения в соответствии с цветовой температурой.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [2000 - 9000]

Шаг между значениями: 10

Значение по умолчанию: 6500

Алгоритм:

В алгоритме используется таблица преобразования цветовой температуры в RGB, вычисленная с помощью кода <http://www.fourmilab.ch/documents/specrend/specrend.c>. Таблица содержит значения $tableR = R/255$, $tableB = G/255$ и $tableB = B/255$, где R, G и B - значения яркости цветовых компонент в диапазоне от 0 до 255, соответствующие цветовой температуре. Значения цветовой температуры определяются в диапазоне от 2000K до 9000K с шагом 200K.

При установке контроля драйвер выполняет:

- чтение значений суммы по красному, зелёному и синему цвету Sum_r , Sum_g , Sum_b из блока статистики (STT).
- определение значения яркости цветовых компонент $Ctrl_r$, $Ctrl_g$ и $Ctrl_b$, соответствующих цветовой температуре, заданной значением контроля $value$ с использованием заранее вычисленной таблицы преобразования цветовой температуры в RGB методом линейной интерполяции.
- вычисление сдвига зеленого цвета, вносимого подключенным сенсором, по формуле:

$$Kg_0 = \frac{Ctrl_g/Ctrl_r}{Sum_g/Sum_r}.$$

- вычисление коэффициентов баланса красного, зеленого и синего цвета по формулам: $Kr = 1/Ctrl_g$, $Kg = Kg_0/Ctrl_g$, $Kb = 1/Ctrl_b$.
- приведение коэффициента зеленого цвета к единице: $Kr = Kr/Kg$, $Kg = 1$, $Kb = Kb/Kg$.
- установку новых значений Kr , Kg , Kb в матрицу M_{WB} (см. V4L2_CID_DO_WHITE_BALANCE).
- установку контролей V4L2_CID_RED_BALANCE и V4L2_CID_BLUE_BALANCE в соответствии с рассчитанными коэффициентами Kr и Kb .
- сброс флагов WRITE_ONLY и EXECUTE_ON_WRITE
- обновление значения коэффициентов блока Color Correction.

4.1.13 V4L2_CID_AUTO_WHITE_BALANCE

Описание: Контроль включает/выключает автонастройку баланса белого цвета изображения.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контрол выполняет настройку баланса белого цвета после каждого чтения статистических данных по алгоритму, описанному в главе *V4L2_CID_DO_WHITE_BALANCE*. Для контролов *V4L2_CID_CC*, *V4L2_CID_DO_WHITE_BALANCE*, *V4L2_CID_RED_BALANCE*, *V4L2_CID_BLUE_BALANCE*, *V4L2_CID_WHITE_BALANCE_TEMPERATURE* устанавливается флаг *INACTIVE*, для всех вышеперечисленных контролов кроме *V4L2_CID_DO_WHITE_BALANCE* - флаг *VOLATILE*.

При выключении контрола флаги *INACTIVE* и *VOLATILE* для вышеперечисленных контролов сбрасываются.

4.1.14 V4L2_CID_AUTOBRIGHTNESS

Описание: Контрол включает/выключает автонастройку яркости и контраста изображения.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При загрузке драйвера:

- определяется зона 3 (с наименьшим приоритетом) для вычисления статистических данных (см. *V4L2_CID_STAT_ZONE0-3*).
- разрешается вычисление гистограмм по зоне 3 блоком статистики (STT).

При включении контрол выполняет после каждого чтения гистограмм красного, зелёного и синего цвета *histR*, *histG*, *histB* (для данных в формате RGB) или гистограммы яркости *histY* (для данных в формате YCbCr) из блока статистики (STT) следующую последовательность действий:

- вычисление для данных в формате RGB суммарной гистограммы по красному, синему и зеленому цвету $hist[i] = histR[i] + histG[i] + histB[i]$, где $i=0-255$; для данных в формате YCbCr используется гистограмма по яркости $hist[i] = histY[i]$.
- построение кумулятивного распределения по суммарной гистограмме: $acc[0] = hist[0]$, $acc[i] = acc[i - 1] + hist[i]$, где $i=1-255$.
- определение минимального и максимального значения для обрезки гистограммы по краям таким образом, чтобы в обрезанные участки гистограммы попадало по 1% от общего количества пикселей в изображении (нормализация гистограммы). Минимальное i_{min} и максимальное i_{max} значения должны выбираться таким образом, чтобы только для $i \leq i_{min}$

и только для $j \geq i_{max}$ выполнялись следующие условия:

$$acc[i] < N * 0.1, acc[j] \geq N * 0.99,$$

где N - количество пикселей в выходном изображении.

- определение входного диапазона после нормализации гистограммы как $range_{in} = i_{max} - i_{min}$
- установку нового значения контраста с целью получения максимального выходного диапазона: $L = 255/range_{in}$, где L - коэффициент матрицы M_{con} (см. V4L2_CID_CONTRAST).
- установку нового значения яркости с целью получения нулевой нижней границы выходного диапазона: $value = -L * min$, где $value$ - коэффициент вектора V_{bri} (см. V4L2_CID_BRIGHTNESS).
- обновление значения коэффициентов блока *Color Correction*.

При включении контроля для контролов V4L2_CID_CONTRAST и V4L2_CID_BRIGHTNESS устанавливаются флаги INACTIVE и VOLATILE. При выключении контроля флаги INACTIVE и VOLATILE для вышеперечисленных контролов сбрасываются.

4.1.15 V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO

Описание: Контрол устанавливает режим автонастройки значения выдержки.

Тип: enum

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 1

Алгоритм:

При загрузке драйвера:

- определяется зона 3 (с наименьшим приоритетом) для вычисления статистических данных (см. V4L2_CID_STAT_ZONE0-3).
- разрешается вычисление дополнительной статистики по зоне 3 блоком статистики (STT).

Управление значениями экспозиции и усиления осуществляется драйвером через контролы драйверов сенсора V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE и V4L2_CID_GAIN.

При установке значения контроля в V4L2_EXPOSURE_AUTO(0) контрол выполняет после каждого чтения сумм по красному, синему и зелёному цвету $sumR$, $sumG$, $sumB$ (для данных в формате RGB) или суммарной яркости $sumY$ (для данных в формате YCbCr) из блока статистики (STT) следующую последовательность действий:

- вычисление значения средней яркости изображения для формата RGB:

$$Y_{avg} = (M_0 * sumR + M_1 * sumG + M_2 * sumB) / N$$

или формата YCbCr:

$$Y_{avg} = \text{sum}Y/N,$$

где M_{0-2} - коэффициент матрицы M_{CT} (см. *Color Transformation*), N - количество пикселей в выходном изображении.

- вычисление коэффициента подстройки экспозиции $adj = TH/Y_{avg}$, где TH является параметром алгоритма и выбирается в зависимости от требуемого значения средней яркости (в текущей реализации $TH = 110$). Значение adj должно находиться в диапазоне от 1/16 до 4, при выходе за пределы диапазона значение ограничивается нижней или верхней границей диапазона.
- чтение текущих значений экспозиции и усиления и вычисление нового значения искомой яркости:

$$\text{brightness} = \text{exp}_{cur} * \text{gain}_{cur} * (\text{SMOOTH} + adj * (1 - \text{SMOOTH})),$$

где $SMOOTH$ — коэффициент сглаживания, позволяющий избежать резкого изменения значений экспозиции и усиления, который является параметром алгоритма (в текущей реализации $SMOOTH = 0.5$).

- определение новых значений экспозиции exp и усиления $gain$ с учетом параметров алгоритма $EXPmax$, $GAINmax$, которые соответствуют максимальным значениям контролов сенсора $V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE$ и $V4L2_CID_GAIN$:

$$\text{exp} = \begin{cases} EXPmax & \text{if } \text{brightness} > EXPmax, \\ \text{brightness} & \text{if } \text{brightness} \leq EXPmax. \end{cases}$$

$$\text{gain} = \begin{cases} \text{brightness}/EXPmax & \text{if } \text{brightness} > EXPmax, \\ 1 & \text{if } \text{brightness} \leq EXPmax. \end{cases}$$

Если полученное значение $gain > GAINmax$, $gain$ устанавливается равным $GAINmax$.

- запись новых значений экспозиции exp и усиления $gain$ в контролы сенсора.

Если контрол устанавливается в $V4L2_EXPOSURE_AUTO$, контролы $V4L2_CID_SENSOR_EXPOSURE_AUTO$ и $V4L2_CID_SENSOR_AUTOGAIN$ устанавливаются в значение 0 и для них устанавливается флаг $INACTIVE$. Если контрол устанавливается в $V4L2_EXPOSURE_MANUAL$, контролы $V4L2_CID_SENSOR_EXPOSURE_AUTO$ и $V4L2_CID_SENSOR_AUTOGAIN$ устанавливаются в значение 1 и флаг $INACTIVE$ сбрасывается.

Когда контрол находится в состоянии ручного управления экспозицией, контролы $V4L2_CID_SENSOR_EXPOSURE_AUTO$ и $V4L2_CID_SENSOR_AUTOGAIN$ могут быть установлены в значение 0.

4.1.16 V4L2_CID_BACKLIGHT_COMPENSATION

Описание: Контроль устанавливает режим автонастройки компенсации заднего света.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [0..10]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При загрузке драйвера:

- определяется зона 3 (с наименьшим приоритетом) для вычисления статистических данных (см. *V4L2_CID_STAT_ZONE0-3*).
- разрешается вычисление гистограмм по зоне 3 блоком статистики (STT).

При установке значения контроля в 0 автонастройка компенсации заднего света отключена.

При установке ненулевого значения контроля после каждого чтения гистограмм красного, зелёного и синего цвета *histR*, *histG*, *histB* (для данных в формате RGB) или гистограммы яркости *histY* (для данных в формате YCbCr) из блока статистики (STT) выполняется следующая последовательность действий:

- вычисление для данных в формате RGB суммарной гистограммы по красному, синему и зеленому цвету $hist[i] = histR[i] + histG[i] + histB[i]$, где $i = 0 - 255$; для данных в формате YCbCr используется гистограмма по яркости $hist[i] = histY[i]$.
- построение кумулятивного распределения по суммарной гистограмме: $acc[0] = hist[0]$, $acc[i] = acc[i - 1] + hist[i]$, где $i = 1 - 255$.
- вычисление таблицы преобразования изображения $HE(i)$ методом эквализации гистограммы:

$$HE(i) = 255 * \frac{acc[i]}{N},$$

где N — количество пикселей в выходном изображении, $i = 0 - 255$.

- вычисление коэффициента линейной модификации таблицы преобразования $n = value/10$, где *value* — текущее значение контроля.
- модификация таблицы преобразования изображения с помощью коэффициента:

$$HE_{LIN}(i) = (1 - n) * i + n * HE(i), i = 0 - 255.$$

- вычисление таблицы преобразования $V_{OUT}(i)$ по формуле:

$$V_{OUT}(i) = HE_{LIN}(i/16), i = 0 - 4095.$$

- запись таблиц преобразования в блок Gamma Correction (GC). Таблицы одинаковы для всех цветовых компонентов.

Если контрол устанавливается в ненулевое значение, контрол `V4L2_CID_GAMMA_CURVE` переходит в неактивное состояние (устанавливается флаг `INACTIVE`). Преобразование, задаваемое контролом `V4L2_CID_GAMMA`, выполняется после преобразования, заданного контролом `V4L2_CID_BACKLIGHT_COMPENSATION`.

4.1.17 V4L2_CID_TEST_PATTERN

Описание: Контрол выбирает тестовый паттерн, генерируемый блоком VINC.

Тип: menu (__s32)

Класс расширенного контрола: `V4L2_CTRL_CLASS_IMAGE_PROC`

Диапазон возможных значений: [0..4]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Таблица 4.3. Возможные значения контрола

| Значение | Название | Описание |
|----------|------------------|--|
| 0 | Disabled | Тестовый паттерн выключен. Видео поступает с видео-сенсора |
| 1 | Vertical bars | Цветные вертикальные полосы |
| 2 | Diagonal stripes | Цветные диагональные двигающиеся полосы |
| 3 | Horizontal bars | Цветные горизонтальные полосы |
| 4 | Increment | Поочерёдное увеличение значений цветовых компонент |

4.2 Нестандартные контролы

4.2.1 V4L2_CID_BAD_CORRECTION_ENABLE

При значении 0 драйвер отключает блок коррекции битых пикселей. При значении 1 - включает.

Если при выключенном блоке коррекции битых пикселей драйверу будет передан список битых пикселей (`V4L2_CID_BAD_PIXELS`), битых строк (`V4L2_CID_BAD_ROWS`) или битых столбцов (`V4L2_CID_BAD_COLS`), то все эти списки будут автоматически записаны в блок при его включении.

4.2.2 V4L2_CID_BAD_PIXELS

Драйвер принимает массив структуры `struct vinc_bad_pixel`. Массив должен состоять из 4096 элементов:

```
struct vinc_bad_pixel {
    __u16 x;
```

```
    __u16 y;  
}
```

Координаты дефектных пикселей должны быть записаны в память в порядке возрастания координат пикселя: слева-направо, сверху-вниз. Чтобы пиксель не исправлялся, его координаты следует установить в значение 0xFFFF.

4.2.3 V4L2_CID_BAD_ROWS

Драйвер принимает массив из 16 значений типа __u16. Значения массива состоят из номеров битых строк. Значение 0xFFFF означает, что строку не нужно исправлять.

4.2.4 V4L2_CID_BAD_COLS

Драйвер принимает массив из 16 значений типа __u16. Значения массива состоят из номеров битых столбцов. Значение 0xFFFF означает, что столбец не нужно исправлять.

4.2.5 V4L2_CID_GAMMA_ENABLE

При значении 0 драйвер отключает блок гамма-коррекции. При значении 1 - включает. При выключении блока следующие контролы становятся неактивными:

- V4L2_CID_GAMMA

4.2.6 V4L2_CID_GAMMA_CURVE

Драйвер принимает структуру struct vinc_gamma_curve:

```
struct vinc_gamma_curve {  
    __u16 red[4096];  
    __u16 green[4096];  
    __u16 blue[4096];  
};
```

Если установка контрола выполняется при выключенном блоке гамма-коррекции, то структура будет автоматически записана в блок при включении контрола V4L2_CID_GAMMA_ENABLE.

4.2.7 V4L2_CID_CC_ENABLE

При значении 0 драйвер отключает блок коррекции цвета *Color Correction*. При значении 1 - включает. При выключении блока становятся неактивными все контролы, управляющие блоком.

4.2.8 V4L2_CID_CC

Драйвер принимает структуру `struct vinc_cc`:

```
struct vinc_cc {
    __u16 coeff[9];
    __u16 offset[3];
    __u8 scaling;
};
```

Таблица 4.4. Описание полей структуры `vinc_cc`

| Поле | Описание |
|----------------------|---------------------------------------|
| <code>coeff</code> | Коэффициенты преобразования цветности |
| <code>offset</code> | Смещение цветových компонент |
| <code>scaling</code> | Коэффициент масштабирования |

4.2.9 V4L2_CID_CT_ENABLE

При значении 0 драйвер отключает блок преобразования цветовой модели (Color Transformation). При значении 1 - включает.

При установке формата BGR32 драйвер изменит значение контрола на 0. При установке любого формата, отличного от BGR32, драйвер изменит значение контрола на 1. При выключении блока следующие контролы становятся неактивными: (TBD)

4.2.10 V4L2_CID_CT

Драйвер принимает структуру `struct vinc_cc` (см. `V4L2_CID_CC`).

При установке любого формата, отличного от BGR32, драйвер изменит содержимое контрола (запишет коэффициенты преобразования из RGB в YCbCr).

4.2.11 V4L2_CID_DR_ENABLE

При значении 0 драйвер отключает блок адаптации динамического диапазона (Dynamic Range). При значении 1 - включает.

При выключении блока следующие контролы становятся неактивными: (TBD)

4.2.12 V4L2_CID_DR

Драйвер принимает массив из 4096 значений типа `__u16`. Значения массива состоят из коэффициентов коррекции динамического диапазона.

Если установка контрола выполняется при выключенном блоке адаптации динамического диапазона, то структура будет автоматически записана в блок при включении контрола `V4L2_CID_DR_ENABLE`.

4.2.13 V4L2_CID_STAT_ENABLE

Драйвер принимает значение типа `__s32`. В значении кодируется битовая маска включенных блоков сбора статистики:

- `0x1` — включен блок сбора гистограмм
- `0x2` — включен блок автофокуса
- `0x4` — включен блок дополнительных статистических данных

Если в значении недопустимая маска, то вызов контроля завершается с кодом ошибки `-ERANGE`.

4.2.14 V4L2_CID_STAT_AF_COLOR

Драйвер принимает значение типа `__s32`. В значении закодирован номер компоненты цвета, по которой рассчитывается фильтр Собеля:

- `0` — R для RGB или Cr для YCbCr
- `1` — G для RGB или Y для YCbCr
- `2` — B для RGB или Cb для YCbCr

Если в значении недопустимый номер компоненты, то вызов контроля завершается с кодом ошибки `-ERANGE`.

4.2.15 V4L2_CID_STAT_AF_TH

Драйвер принимает значение 12-битное пороговое значение для фильтра Собеля типа `__s32`.

4.2.16 V4L2_CID_STAT_ZONE0-3

Драйвер принимает структуру `struct vinc_stat_zone` зоны сбора статистики:

```
struct vinc_stat_zone {
    __u16 enable;
    __u16 x_lt;
    __u16 y_lt;
    __u16 x_rb;
    __u16 y_rb;
};
```

Таблица 4.5. Описание полей структуры `vinc_stat_zone`

| Поле | Описание |
|---------------------|---|
| <code>enable</code> | Включение/выключение зоны: <code>0</code> — зона выключена, любое другое значение — зона включена |
| <code>x_lt</code> | Координата x левого верхнего угла зоны |
| <code>y_lt</code> | Координата y левого верхнего угла зоны |
| <code>x_rb</code> | Координата x правого нижнего угла зоны |
| <code>y_rb</code> | Координата y правого нижнего угла зоны |

Согласно спецификации VINC при определении координат зоны должны выполняться следующие условия:

- $x_{lt} > 0$
- $y_{lt} > 0$
- $x_{rb} < \text{HSIZE}-1$
- $y_{rb} < \text{VSIZE}-1$,

где HSIZE — размер изображения по горизонтали, VSIZE — размер изображения по вертикали.

Зона 3 (с наименьшим приоритетом) зарезервирована для использования драйвером. Размеры зоны устанавливаются на 1 пиксель меньше размера выходного изображения со всех сторон (см. также `if#2159`). Для зоны включен сбор гистограмм и дополнительной статистики. Статистика используется контролами `V4L2_CID_DO_WHITE_BALANCE`, `V4L2_CID_WHITE_BALANCE_TEMPERATURE`, `V4L2_CID_AUTO_WHITE_BALANCE`.

Приложение может переопределить размеры зоны 3, но при этом вышеперечисленные контролы будут работать некорректно.

4.2.17 V4L2_CID_STAT_HIST0-3

Контроль только для чтения. Драйвер заполняет структуру `struct vinc_stat_hist`:

```
struct vinc_stat_hist {
    __u32 red[256];
    __u32 green[256];
    __u32 blue[256];
};
```

Таблица 4.6. Описание полей структуры `vinc_stat_hist`

| Поле | Описание |
|-------|---|
| red | Гистограмма по красному цвету (Cr в случае YCbCr) |
| green | Гистограмма по зелёному цвету (Y в случае YCbCr) |
| blue | Гистограмма по синему цвету (Cb в случае YCbCr) |

Значения определены только если включен блок сбора гистограмм (см. `V4L2_CID_STAT_ENABLE`)

4.2.18 V4L2_CID_STAT_AF0-3

Контроль только для чтения. Драйвер заполняет структуру `struct vinc_stat_af`:

```
struct vinc_stat_af {
    __u32 hsobel;
    __u32 vsobel;
    __u32 lsobel;
    __u32 rsobel;
};
```

Таблица 4.7. Описание полей структуры vinc_stat_af

| Поле | Описание |
|--------|--|
| hsobel | Значение фильтра Собеля по горизонтальному направлению |
| vsobel | Значение фильтра Собеля по вертикальному направлению |
| lsobel | Значение фильтра Собеля по диагонали слева сверху вправо вниз. |
| rsobel | Значение фильтра Собеля по диагонали справа снизу влево вверх. |

Значения определены только если включен блок автофокуса (см. *V4L2_CID_STAT_ENABLE*)

4.2.19 V4L2_CID_STAT_ADD0-3

Контроль только для чтения. Драйвер заполняет структуру `struct vinc_stat_add`:

```

struct vinc_stat_add {
    __u64 sum2_r;
    __u64 sum2_g;
    __u64 sum2_b;
    __u32 sum_r;
    __u32 sum_g;
    __u32 sum_b;
    __u8 min_r;
    __u8 min_g;
    __u8 min_b;
    __u8 max_r;
    __u8 max_g;
    __u8 max_b;
};

```

Таблица 4.8. Описание полей структуры vinc_stat_add

| Поле | Описание |
|--------|---|
| sum2_r | Сумма квадратов по красному цвету (Cr в случае YCbCr) |
| sum2_g | Сумма квадратов по зелёному цвету (Y в случае YCbCr) |
| sum2_b | Сумма квадратов по синему цвету (Cb в случае YCbCr) |
| sum_r | Сумма по красному цвету (Cr в случае YCbCr) |
| sum_g | Сумма по зелёному цвету (Y в случае YCbCr) |
| sum_b | Сумма по синему цвету (Cb в случае YCbCr) |
| min_r | Минимальное значение по красному цвету (Cr в случае YCbCr) |
| min_g | Минимальное значение по зелёному цвету (Y в случае YCbCr) |
| min_b | Минимальное значение по синему цвету (Cb в случае YCbCr) |
| max_r | Максимальное значение по красному цвету (Cr в случае YCbCr) |
| max_g | Максимальное значение по зелёному цвету (Y в случае YCbCr) |
| max_b | Максимальное значение по синему цвету (Cb в случае YCbCr) |

Значения определены только если включен блок дополнительных статистических данных (см. *V4L2_CID_STAT_ENABLE*)

4.2.20 V4L2_CID_SENSOR_EXPOSURE_AUTO

Описание: Контроль разрешает работу алгоритма автоэкспозиции в сенсоре.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 1

Алгоритм:

При значении 1 включается автоэкспозиция в драйвере сенсора, контролы сенсора V4L2_CID_EXPOSURE, V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE становятся неактивными.

При значении 0 автоэкспозиция в драйвере сенсора выключается, контролы сенсора V4L2_CID_EXPOSURE, V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE доступны для изменения.

4.2.21 V4L2_CID_SENSOR_AUTOGAIN

Описание: Контроль разрешает работу алгоритма автоусиления в сенсоре.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 1

Алгоритм:

При значении 1 включается автоусиление в драйвере сенсора, контроль сенсора V4L2_CID_GAIN становится неактивным.

При значении 0 автоусиление в драйвере сенсора выключается, контроль сенсора V4L2_CID_GAIN доступен для изменения.

4.2.22 V4L2_CID_SENSOR_AUTO_WHITE_BALANCE

Описание: Контроль разрешает работу алгоритма автобаланса белого в сенсоре.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 1

Алгоритм:

При значении 1 включается автобаланс белого в драйвере сенсора.

При значении 0 автобаланс белого в драйвере сенсора выключается.

Примечание: Алгоритм баланса белого в драйвере *vinc* *V4L2_CID_AUTO_WHITE_BALANCE* всегда работает над изображением, которое пришло с сенсора, вне зависимости от *V4L2_CID_SENSOR_AUTO_WHITE_BALANCE*.

5. ПРИЛОЖЕНИЕ А. КОНТРОЛЫ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ В ДРАЙВЕРЕ СЕНСОРА OV2715

5.1 V4L2_CID_AUTOGAIN

Описание: Контрол устанавливает режим автонастройки значения усиления.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контрола устанавливается режим автоматической настройки усиления, при выключении — режим ручной настройки усиления. В режиме автоматической настройки значения контрола *V4L2_CID_GAIN* не может быть изменено, а при его чтении выдается текущее значения усиления.

5.2 V4L2_CID_GAIN

Описание: Контрол позволяет изменять чувствительность матрицы сенсора.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [0..95]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

Значения усиления передаются в условных единицах. Диапазон значений контрола соответствует диапазону реального усиления [1..62]. Формула перевода условного усиления в реальное усиление:

$$gain = 2^{\lfloor value/16 \rfloor} * ((value \bmod 16)/16 + 1),$$

где *value* — текущее значение контрола, *gain* — реальный коэффициент усиления.

Значение контрола не может быть изменено, если включен режим автонастройки усиления (контрол *V4L2_CID_AUTOGAIN* включен). При чтении контрола будет выдано текущее значение усиления.

Таблица 5.1. Соответствие значений контроля V4L2_CID_GAIN реальному усилению

| value | gain | value | gain | value | gain | value | gain |
|-------|------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 0 | 1 | 1 | 1.0625 | 2 | 1.125 | 3 | 1.1875 |
| 4 | 1.25 | 5 | 1.3125 | 6 | 1.375 | 7 | 1.4375 |
| 8 | 1.5 | 9 | 1.5625 | 10 | 1.375 | 11 | 1.6875 |
| 12 | 1.75 | 13 | 1.8125 | 14 | 1.875 | 15 | 1.9375 |
| 16 | 2 | 17 | 1.125 | 18 | 2.25 | 19 | 2.375 |
| 20 | 2.5 | 21 | 2.625 | 22 | 2.75 | 23 | 2.875 |
| 24 | 3 | 25 | 3.125 | 26 | 3.25 | 27 | 3.375 |
| 28 | 3.5 | 29 | 3.625 | 30 | 3.75 | 31 | 3.875 |
| 32 | 4 | 33 | 4.25 | 34 | 4.5 | 35 | 4.75 |
| 36 | 5 | 37 | 5.25 | 38 | 5.5 | 39 | 5.75 |
| 40 | 6 | 41 | 6.25 | 42 | 6.5 | 43 | 6.75 |
| 44 | 7 | 45 | 7.25 | 46 | 7.5 | 47 | 7.75 |
| 48 | 8 | 49 | 8.5 | 50 | 9 | 51 | 9.5 |
| 52 | 10 | 53 | 10.5 | 54 | 11 | 55 | 11.5 |
| 56 | 12 | 57 | 12.5 | 58 | 13 | 59 | 13.5 |
| 60 | 14 | 61 | 14.5 | 62 | 15 | 63 | 15.5 |
| 64 | 16 | 65 | 17 | 66 | 18 | 67 | 19 |
| 68 | 20 | 69 | 21 | 70 | 22 | 71 | 23 |
| 72 | 24 | 73 | 25 | 74 | 26 | 75 | 27 |
| 76 | 28 | 77 | 29 | 78 | 30 | 79 | 31 |
| 80 | 32 | 81 | 34 | 82 | 36 | 83 | 38 |
| 84 | 40 | 85 | 42 | 86 | 44 | 87 | 46 |
| 88 | 48 | 89 | 50 | 90 | 52 | 91 | 54 |
| 92 | 56 | 93 | 58 | 94 | 60 | 95 | 62 |

5.3 V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO

Описание: Контроль устанавливает режим автонастройки значения выдержки.

Тип: enum

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

Установка контроля в V4L2_EXPOSURE_AUTO(0) включает режим автоматической настройки экспозиции, установка в V4L2_EXPOSURE_MANUAL(1) — режим ручной настройки экспозиции. В режиме автоматической настройки значения контролей V4L2_CID_EXPOSURE и V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE не могут быть изменены, а при их чтении выдаются текущие значения выдержки.

5.4 V4L2_CID_EXPOSURE

Описание: Контроль позволяет изменять значение выдержки сенсора.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [1..17600]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 17280

Алгоритм:

Значение выдержки сенсора задается в единицах, равных 1/16 строки. Минимальное значение контроля соответствует 1/16 строки. Значение по умолчанию соответствует количеству строк в кадре максимального размера, поддерживаемого сенсором (1080). Максимальное значение соответствует максимально возможному значению, превышающему размер кадра, при котором изображение стабильно. Значение контроля не может быть изменено, если включен режим автонастройки выдержки (контроль *V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO* установлен в 0). При чтении контроля будет выдано текущее значение выдержки.

5.5 V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE

Описание: Контроль позволяет изменять значение выдержки сенсора.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [1..332]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 326

Алгоритм:

Значение выдержки сенсора задается в единицах, равных 100 мкс. Максимальное значение и значение по умолчанию соответствует значениям контроля *V4L2_CID_EXPOSURE* для изображения в формате 1920x1080@30fps. Значение контроля не может быть изменено, если включен режим автонастройки выдержки (контроль *V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO* установлен в 0). При чтении контроля будет выдано текущее значение выдержки.

5.6 V4L2_CID_HFLIP

Описание: Контроль позволяет выполнить зеркальное отображение по горизонтали.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контроля изображение отображается зеркально относительно вертикальной оси (по горизонтали).

5.7 V4L2_CID_VFLIP

Описание: Контроль позволяет выполнить зеркальное отображение по вертикали.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контроля изображение отображается зеркально относительно горизонтальной оси (по вертикали).

6. ПРИЛОЖЕНИЕ Б. КОНТРОЛЫ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ В ДРАЙВЕРЕ СЕНСОРА OV7725

6.1 V4L2_CID_AUTOGAIN

Описание: Контрол устанавливает режим автонастройки значения усиления.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контрола устанавливается режим автоматической настройки усиления, при выключении — режим ручной настройки усиления. В режиме автоматической настройки значения контрола *V4L2_CID_GAIN* не может быть изменено, а при его чтении выдается текущее значения усиления.

6.2 V4L2_CID_GAIN

Описание: Контрол позволяет изменять чувствительность матрицы сенсора.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [0..79]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

Значения усиления передаются в условных единицах. Диапазон значений контрола соответствует диапазону реального усиления [1..31]. Формула перевода условного усиления в реальное усиление:

$$gain = 2^{\lfloor value/16 \rfloor} * ((value \bmod 16)/16 + 1),$$

где *value* — текущее значение контрола, *gain* — реальный коэффициент усиления

Значение контрола не может быть изменено, если включен режим автонастройки усиления (контрол *V4L2_CID_AUTOGAIN* включен). При чтении контрола будет выдано текущее значение усиления.

Таблица 6.1. Соответствие значений V4L2_CID_GAIN реальному усилению gain

| value | gain | value | gain | value | gain | value | gain |
|-------|------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 0 | 1 | 1 | 1.0625 | 2 | 1.125 | 3 | 1.1875 |
| 4 | 1.25 | 5 | 1.3125 | 6 | 1.375 | 7 | 1.4375 |
| 8 | 1.5 | 9 | 1.5625 | 10 | 1.375 | 11 | 1.6875 |
| 12 | 1.75 | 13 | 1.8125 | 14 | 1.875 | 15 | 1.9375 |
| 16 | 2 | 17 | 1.125 | 18 | 2.25 | 19 | 2.375 |
| 20 | 2.5 | 21 | 2.625 | 22 | 2.75 | 23 | 2.875 |
| 24 | 3 | 25 | 3.125 | 26 | 3.25 | 27 | 3.375 |
| 28 | 3.5 | 29 | 3.625 | 30 | 3.75 | 31 | 3.875 |
| 32 | 4 | 33 | 4.25 | 34 | 4.5 | 35 | 4.75 |
| 36 | 5 | 37 | 5.25 | 38 | 5.5 | 39 | 5.75 |
| 40 | 6 | 41 | 6.25 | 42 | 6.5 | 43 | 6.75 |
| 44 | 7 | 45 | 7.25 | 46 | 7.5 | 47 | 7.75 |
| 48 | 8 | 49 | 8.5 | 50 | 9 | 51 | 9.5 |
| 52 | 10 | 53 | 10.5 | 54 | 11 | 55 | 11.5 |
| 56 | 12 | 57 | 12.5 | 58 | 13 | 59 | 13.5 |
| 60 | 14 | 61 | 14.5 | 62 | 15 | 63 | 15.5 |
| 64 | 16 | 65 | 17 | 66 | 18 | 67 | 19 |
| 68 | 20 | 69 | 21 | 70 | 22 | 71 | 23 |
| 72 | 24 | 73 | 25 | 74 | 26 | 75 | 27 |
| 76 | 28 | 77 | 29 | 78 | 30 | 79 | 31 |

6.3 V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO

Описание: Контрол устанавливает режим автонастройки значения выдержки.

Тип: enum

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

Установка контрола в V4L2_EXPOSURE_AUTO(0) включает режим автоматической настройки экспозиции, установка в V4L2_EXPOSURE_MANUAL(1) — режим ручной настройки экспозиции. В режиме автоматической настройки значения контролов V4L2_CID_EXPOSURE и V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE не могут быть изменены, а их при чтении выдаются текущие значения выдержки.

6.4 V4L2_CID_EXPOSURE

Описание: Контрол позволяет изменять значение выдержки сенсора.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [1..510]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 480

Алгоритм:

Значение выдержки сенсора задается в единицах, равных 1 строке. Минимальное значение контроля соответствует 1 строке. Значение по умолчанию соответствует количеству строк в кадре максимального размера, поддерживаемого сенсором (480). Максимальное значение соответствует максимально возможному значению, превышающему размер кадра, при котором изображение стабильно. Значение контроля не может быть изменено, если включен режим автонастройки выдержки (контроль `V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO` установлен в 0). При чтении контроля будет выдано текущее значение выдержки.

6.5 V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE

Описание: Контроль позволяет изменять значение выдержки сенсора.

Тип: `__s32`

Диапазон возможных значений: [1..166]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 156

Алгоритм:

Значение выдержки сенсора задается в единицах, равных 100 мкс. Максимальное значение и значение по умолчанию соответствует значениям контроля `V4L2_CID_EXPOSURE` для изображения в формате 640x480@60fps. Значение контроля не может быть изменено, если включен режим автонастройки выдержки (контроль `V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO` установлен в 0). При чтении контроля будет выдано текущее значение выдержки.

6.6 V4L2_CID_POWER_LINE_FREQUENCY

Описание: Контроль позволяет указать частоту мерцания освещения для подавления фликера в режиме автонастройки значения выдержки.

Тип: `enum`

Диапазон возможных значений: [0..2]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 1

Алгоритм:

В зависимости от значения контроля устанавливается шаг, с которым может изменяться значение выдержки в режиме автонастройки выдержки, и максимальное количество шагов. Шаг определяется как количество строк кадра:

$$s = \frac{rh}{2f},$$

где s — шаг изменения выдержки, r — частота кадров, h — количество строк в кадре, f — частота мерцания освещения.

Максимальное количество шагов определяется в зависимости от частоты кадра:

$$s_{max} = \frac{2f}{r},$$

где s_{max} — максимальное количество шагов, f — частота мерцания освещения, r — частота кадров,

Поддерживаются следующие значения контроля:

- V4L2_CID_POWER_LINE_FREQUENCY_DISABLED(0)

Шаг изменения выдержки не зависит от частоты мерцания освещения;

- V4L2_CID_POWER_LINE_FREQUENCY_50HZ(1)

Шаг изменения выдержки определяется исходя из частоты мерцания освещения, равной 50 Гц (Европа);

- V4L2_CID_POWER_LINE_FREQUENCY_60HZ(2)

Шаг изменения выдержки определяется исходя из частоты мерцания освещения, равной 60 Гц (США).

6.7 V4L2_CID_HFLIP

Описание: Контроль позволяет выполнить зеркальное отображение по горизонтали.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контроля изображение отображается зеркально относительно вертикальной оси (по горизонтали).

6.8 V4L2_CID_VFLIP

Описание: Контроль позволяет выполнить зеркальное отображение по вертикали.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контроля изображение отображается зеркально относительно горизонтальной оси (по вертикали).

Примечание: При выполнении отображения по вертикали сенсором ov7725 меняется маска Байдера.

7. ПРИЛОЖЕНИЕ В. КОНТРОЛЫ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ В ДРАЙВЕРЕ СЕНСОРА OV5647

7.1 V4L2_CID_AUTOGAIN

Описание: Контрол устанавливает режим автонастройки значения усиления.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контрола устанавливается режим автоматической настройки усиления, при выключении — режим ручной настройки усиления. В режиме автоматической настройки значения контрола *V4L2_CID_GAIN* не может быть изменено, а при его чтении выдается текущее значения усиления.

7.2 V4L2_CID_GAIN

Описание: Контрол позволяет изменять чувствительность матрицы сенсора.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [1..256]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 32

Алгоритм:

Значения усиления передаются в условных единицах. Диапазон значений контрола соответствует диапазону реального усиления [1..256]. Формула перевода условного усиления в реальное усиление:

$$gain = value,$$

где *value* — текущее значение контрола, *gain* — реальный коэффициент усиления.

Значение контрола не может быть изменено, если включен режим автонастройки усиления (контрол *V4L2_CID_AUTOGAIN* включен). При чтении контрола будет выдано текущее значение усиления.

7.3 V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO

Описание: Контрол устанавливает режим автонастройки значения выдержки.

Тип: enum

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

Установка контрола в V4L2_EXPOSURE_AUTO(0) включает режим автоматической настройки экспозиции, установка в V4L2_EXPOSURE_MANUAL(1) — режим ручной настройки экспозиции. В режиме автоматической настройки значения контролов V4L2_CID_EXPOSURE и V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE не могут быть изменены, а при их чтении выдаются текущие значения выдержки.

7.4 V4L2_CID_EXPOSURE

Описание: Контрол позволяет изменять значение выдержки сенсора.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [1..17600]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 17280

Алгоритм:

Значение выдержки сенсора задается в единицах, равных 1/16 строки. Минимальное значение контрола соответствует 1/16 строки. Значение по умолчанию соответствует количеству строк в кадре размера 1920x1080, поддерживаемого драйвером сенсора. Максимальное значение соответствует максимально возможному значению, превышающему размер кадра, при котором изображение стабильно. Значение контрола не может быть изменено, если включен режим автонастройки выдержки (контрол V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO установлен в 0). При чтении контрола будет выдано текущее значение выдержки.

7.5 V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE

Описание: Контрол позволяет изменять значение выдержки сенсора.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [1..332]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 326

Алгоритм:

Значение выдержки сенсора задается в единицах, равных 100 мкс. Максимальное значение и значение по умолчанию соответствует значениям контроля *V4L2_CID_EXPOSURE*. Значение контроля не может быть изменено, если включен режим автонастройки выдержки (контроль *V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO* установлен в 0). При чтении контроля будет выдано текущее значение выдержки.

8. ПРИЛОЖЕНИЕ Д. КОНТРОЛЫ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ В ДРАЙВЕРЕ СЕНСОРА OV2643

8.1 V4L2_CID_AUTOGAIN

Описание: Контрол устанавливает режим автонастройки значения усиления.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контрола устанавливается режим автоматической настройки усиления, при выключении — режим ручной настройки усиления. В режиме автоматической настройки значения контрола `V4L2_CID_GAIN` не может быть изменено, а при его чтении выдается текущее значения усиления.

8.2 V4L2_CID_GAIN

Описание: Контрол позволяет изменять чувствительность матрицы сенсора.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [1..16]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 1

Алгоритм:

Значения усиления передаются в условных единицах. Диапазон значений контрола соответствует диапазону реального усиления [1..16]. Формула перевода условного усиления в реальное усиление:

$$gain = value,$$

где *value* — текущее значение контрола, *gain* — реальный коэффициент усиления.

Значение контрола не может быть изменено, если включен режим автонастройки усиления (контрол `V4L2_CID_AUTOGAIN` включен). При чтении контрола будет выдано текущее значение усиления.

8.3 V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO

Описание: Контрол устанавливает режим автонастройки значения выдержки.

Тип: enum

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

Установка контрола в V4L2_EXPOSURE_AUTO(0) включает режим автоматической настройки экспозиции, установка в V4L2_EXPOSURE_MANUAL(1) — режим ручной настройки экспозиции. В режиме автоматической настройки значения контролов V4L2_CID_EXPOSURE и V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE не могут быть изменены, а при их чтении выдаются текущие значения выдержки.

8.4 V4L2_CID_EXPOSURE

Описание: Контрол позволяет изменять значение выдержки сенсора.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [1..1227]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 128

Алгоритм:

Значение выдержки сенсора задается в единицах, равных 1 строке. Минимальное значение контрола соответствует 1 строке. Значение по умолчанию позволяет получить корректное изображение при дневном свете. Максимальное значение соответствует максимально возможному значению, превышающему размер кадра (1600x1200), при котором изображение стабильно. Значение контрола не может быть изменено, если включен режим автонастройки выдержки (контрол V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO установлен в 0). При чтении контрола будет выдано текущее значение выдержки.

8.5 V4L2_CID_EXPOSURE_ABSOLUTE

Описание: Контрол позволяет изменять значение выдержки сенсора.

Тип: __s32

Диапазон возможных значений: [1..665]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 69

Алгоритм:

Значение выдержки сенсора задается в единицах, равных 100 мкс. Максимальное значение и значение по умолчанию соответствует значениям контроля `V4L2_CID_EXPOSURE`. Значение контроля не может быть изменено, если включен режим автонастройки выдержки (контроль `V4L2_CID_EXPOSURE_AUTO` установлен в 0). При чтении контроля будет выдано текущее значение выдержки.

8.6 V4L2_CID_HFLIP

Описание: Контроль позволяет выполнить зеркальное отображение по горизонтали.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контроля изображение отображается зеркально относительно вертикальной оси (по горизонтали).

8.7 V4L2_CID_VFLIP

Описание: Контроль позволяет выполнить зеркальное отображение по вертикали.

Тип: bool

Диапазон возможных значений: [0..1]

Шаг между значениями: 1

Значение по умолчанию: 0

Алгоритм:

При включении контроля изображение отображается зеркально относительно горизонтальной оси (по вертикали).