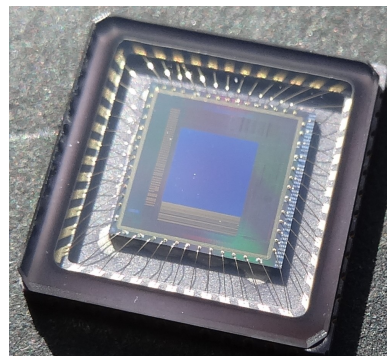


UIC1203R - оптический сенсор обнаружения и обработки динамических целей**Краткое описание**

Микросхема UIC1203R представляет собой видеосистему на кристалле (SOC), предназначенную для обнаружения и идентификации быстро меняющихся (перемещающихся и/или меняющих яркость) малоразмерных целей (световых пятен) в условиях сильно неоднородного, относительно медленно изменяющегося во времени фона.



Аппаратно определяются характеристики изображений как от синхронных с сенсором источников света, так и от постоянных или импульсных асинхронных источников.

Алгоритм обработки изображения обеспечивает определение X-, Y- координат центра тяжести, площади, признака формы, а также яркости одновременно до 8 целей.

Конструкцией обеспечивается эффективное подавление геометрического шума сенсора, благодаря алгоритму накопления и вычитания «фоновых» кадров, в том числе адаптивного.

Управление сенсором и выдача характеристик целей производится по SPI-интерфейсу. Контрольный видеосигнал может быть выведен через параллельную 10-разрядную шину данных.

Сенсор предназначен для использования в системах технического зрения, требующих высокую чувствительность и частоту кадров приемника, а также аппаратное вычисление параметров изображений.

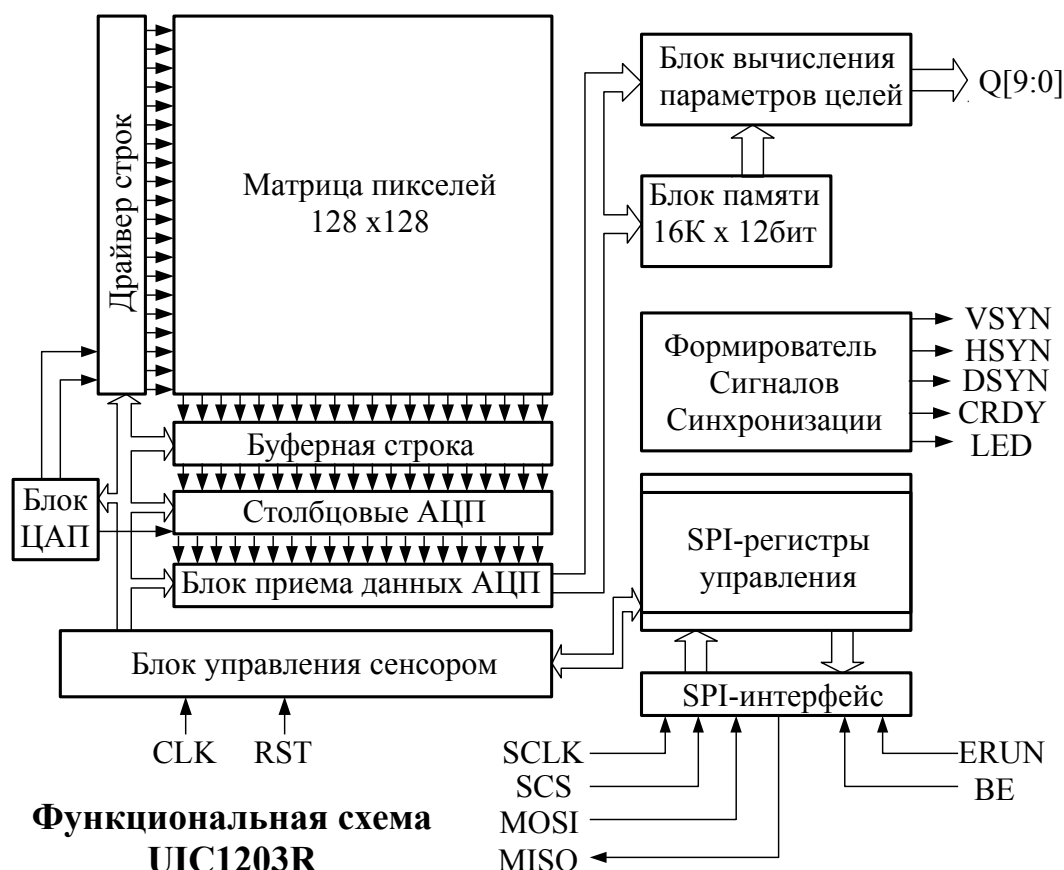
Области применения

- системы слежения за быстро перемещающимися объектами
- датчики обнаружения и движения.
- бесконтактное измерение малых перемещений (триангуляционные дальномеры, оптический джойстик, метрические датчики)
- устройства измерения угла поворота
- устройства стабилизации положения
- координатные датчики для игровых устройств
- тренажеры (в том числе стрелковые)
- системы навигации

Основные параметры

Параметр		Значение	Единицы
Разрешение активной матрицы		128 x 128	Пиксель
Размер пикселя		20.16 x 20.16	мкм ²
Поле изображения		2.58 x 2.58	мм ²
Оптический формат		1/5"	
Коэффициент заполнения		90	%
Спектральный диапазон		0.36 - 1.05	мкм
Квантовая эффективность		> 60	%
Пороговая экспозиция при λ = 0.7 мкм		5.6 · 10 ⁻¹²	Дж/см ²
Интегральная пороговая экспозиция (источник типа А)		2.4 · 10 ⁻⁶	лк· с
Тактовая частота F _{CLK}		до 60	МГц
Кадровая частота (F _{CLK} =50 МГц)		~ 1300	кадр/с
Длина строки, T _{ROW}		292	T _{CLK}
Время экспозиции	min	129	T _{ROW}
	max	128+65536	
Время экспозиции (F _{CLK} =50 МГц, T _{CLK} =20нс)	min	~ 0,75	мс
	max	~ 380	
Тип экспозиции		Катящаяся Шторка (Rolling Shutter)	
Количество обрабатываемых в кадре изображений целей (пятен)		до 8	
Определяемые характеристики пятна		X-, Y- координаты центра тяжести Площадь Признак формы Яркость	
Точность определения координат изображения		0.01	пиксель
		0.2	мкм
Интерфейс управления и чтения		SPI	
Тактовая частота SPI, F _{SCLK}		не выше F _{CLK} /4	
Параллельный цифровой видео выход		10 бит	
Синхронизация		DSYN — данные HSYN — строка VSYN — кадр	
Напряжение питания, core / IO		1.8 / 3.3	В
Потребляемая мощность		до 40	мВт
Тип сборки		Керамический JLCC-48	
		Бескорпусный COB	

Микросхема представляет собой "систему на кристалле", выполненную по технологии КМОП 0.18 мкм. Функциональная схема сенсора представлена на диаграмме.



Фотоприемная **матрица пикселей** содержит 128x128 высокочувствительных высокоскоростных пикселей, расположенных с шагом 20.16 x 20.16 мкм. Коэффициент заполнения (Fill Factor) >90%, спектральный диапазон - 0.36 - 1.05 мкм.

Драйвер строк формирует необходимые уровни сигналов управления пикселями выбранной строки.

Буферная строка предназначена для приема сигналов и подавления шумов от пикселей выбранной строки, а также схемы подготовки к оцифровке видеосигнала. Состоит из столбцовых усилителей с двойной коррелированной выборкой (ДКВ) и выходных интеграторов-компараторов.

Блок столбцовых АЦП преобразует аналоговые сигналы выбранной строки пикселей в 10-разрядный цифровой код. Основным элементом схемы является компаратор, на одном плече которого выставляется аналоговый уровень видеосигнала. На втором плече методом стягивающихся хорд выполняется поиск цифрового образа сигнала на первом плече. Аналого-цифровое преобразование выполняется независимо в каждом столбце.

Блок памяти 16Kx12 служит для хранения фонового кадра, записанного либо напрямую, либо по адаптивному алгоритму. Адаптивный алгоритм эквивалентен усреднению предыдущих 2 или 4 или 8, вплоть до 4096 кадров. Коэффициент (скорость) адаптации может меняться от $\frac{1}{4}$ до 2 младших разрядов. В блоке выполняется вычитание фонового кадра из текущего, обеспечивая подавление статических и геометрических помех (в том числе бликов и фоновой подсветки).

SPI-интерфейс – последовательный 4-х-проводной двунаправленный интерфейс - служит для записи в SPI-регистры управления данных о настройках сенсора, а также для чтения характеристик целей из блока вычислителя координат и обработки целей.

Дополнительно введены два сигнала управления (ERUN и BE) для группового применения сенсоров.

- ERUN (External RUN)— аппаратный старт группы сенсоров
- BE (Broadcast Enable) — перевод сигнала MISO в Z-состояние

Регистры управления – банк внутренних регистров задания режимов (конфигурации) сенсора.

Блок управления сенсором на основе данных в SPI-регистрах организует временную диаграмму ИС и управляет взаимодействием блоков сенсора.

Блок ЦАП (цифро-аналоговых преобразователей) формирует опорные уровни сигналов управления пикселями и буферной строкой.

Блок вычисления параметров целей выполняет следующие операции:

- Определение пикселей, в которых сигнал превышает заданный порог (POR) селекции целей.
- Анализ отобранных пикселей на связность и формирование целей (одновременно до 8).
- Вычисление X-, Y- координат центров тяжести изображений целей с точностью до сотой части размера пикселя.
- Вычисление площадей целей S и их интегральных яркостей A.
- Определение KRL-признака формы цели — характеристики степени вытянутости пятна. Степень вытянутости — отношение площади описанного вокруг пятна квадрата SQ к площади пятна S. SQ вычисляется как квадрат наибольшего из значений ΔX или ΔY — проекций пятна на оси координат.
- Запись в доступные по чтению SPI-регистры признака наличия целей в кадре, их количества и параметров, а также данных очередного пикселя фонового кадра.
- Выдача на параллельную отключаемую шину Q[9:0] видеоданных.

Формирователь выходной синхронизации – блок формирования сигналов:

- VSYN – кадровой синхронизации
- HSYN – строчной синхронизации
- DSYN – строб выходной шины данных Q[9:0]
- CRDY – сигнал готовности данных целей (кадр обработан)
- LED – сигнал включения внешней подсветки

Цоколевка кристалла UIC1203R

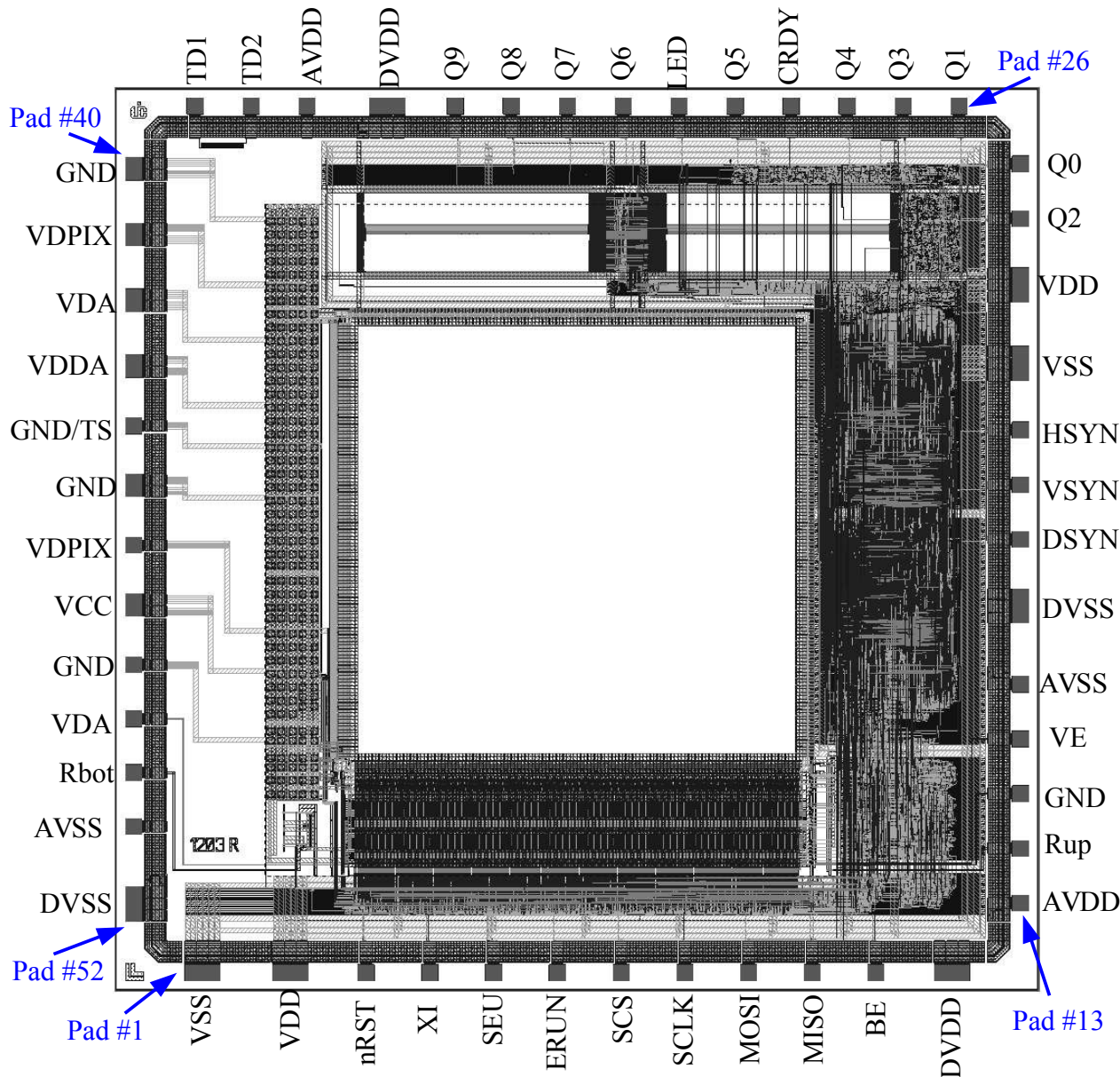


Таблица контактных площадок (PAD) UIC1203R.

№ PAD	Название	Назначение
1	VSS	Цифровая земля
2	VDD	Цифровое питание 1.8В
3	nRST	Инициализация (RESET). Активный уровень 0
4	XI	Входной тактовый сигнал (CLK)
5	SEU	Признак сбоя конфигурации
6	ERUN	Внешний Старт (External Run)
7	SCS	SPI Chip Select
8	SCLK	SPI Clock
9	MOSI	SPI Master Out Slave In
10	MISO	SPI Master In Slave Out
11	BE	Broadcast Enable
12	DVDD	Питание цифровых IO-площадок
13	AVDD	Питание аналоговых IO-площадок

14	Rup	Верхний уровень R-делителя
15	GND	Аналоговая земля
16	VE	Вход электрического ввода
17	AVSS	Общий аналоговых ИО-площадок
18	DVSS	Общий цифровых ИО-площадок
19	DSYN	Выход синхронизации данных
20	VSYN	Выход кадровой синхронизации
21	HSYN	Выход строчной синхронизации
22	VSS	Цифровая земля
23	VDD	Цифровое питание 1.8В
24	Q2	Выходная шина видео данных, разряд 2
25	Q0	Выходная шина видео данных, разряд 0 (LSB)
26	Q1	Выходная шина видео данных, разряд 1
27	Q3	Выходная шина видео данных, разряд 3
28	Q4	Выходная шина видео данных, разряд 4
29	CRDY	Выход готовности координат
30	Q5	Выходная шина видео данных, разряд 5
31	LED	Выход управления подсветкой
32	Q6	Выходная шина видео данных, разряд 6
33	Q7	Выходная шина видео данных, разряд 7
34	Q8	Выходная шина видео данных, разряд 8
35	Q9	Выходная шина видео данных, разряд 9 (MSB)
36	DVDD	Питание цифровых ИО-площадок
37	AVDD	Питание аналоговых ИО-площадок
38	TD2	Вывод 2 терморезистора
39	TD1	Вывод 1 терморезистора
40	GND	Аналоговая земля
41	VDPIX	Питание 1-го каскада БС 1.8В
42	VDA	Питание 2-го каскада БС 1.8В
43	VDDA	Питание цифровой части БС 1.8В
44	GND/TS	Аналоговая земля/Управление TS для UIC1203R_aks
45	GND	Аналоговая земля
46	VDPIX	Питание 1-го каскада БС 1.8В
47	VCC	Аналоговое питание 3.3В
48	GND	Аналоговая земля
49	VDA	Питание 2-го каскада БС 1.8В
50	Rbot	Нижний уровень R-делителя
51	AVSS	Общий аналоговых ИО-площадок
52	DVSS	Общий цифровых ИО-площадок

Электрические характеристики.

Характеристики по постоянному току (DC).

Название, единицы измерения	Символ	Величина			Условия
		Min	Typ	Max	
Питание I/O-площадок , В	DVDD	3.0	3.3	3.6	
Цифровое питание, В	VDD	1.62	1.8	1.98	
Аналоговое питание, В	VDA	1.7	1.8	1.9	
Аналоговое питание, В	VDDA	1.7	1.8	1.9	
Аналоговое питание первого каскада БС, В	VDPIX	1.7	1.8	1.9	
Аналоговое питание 3.3, В	VCC	3.15	3.3	3.45	
Суммарная потребляемая мощность , мВт	P _{ТОТ}	-	60	65	F _{CLK} =50МГц
Входное напряжение высокого уровня, В	V _{IH}	2.0	-	3.6	
Входное напряжение низкого уровня, В	V _{IL}	-0.3	-	0.8	
Выходное напряжение высокого уровня, В	V _{OH}	2.4	-	3.6	I _{OH} < 2мА
Выходное напряжение низкого уровня, В	V _{OL}	0	-	0.4	I _{OL} < 2мА

Динамические характеристики (AC).

Название, единицы измерения	Символ	Величина		
		Min	Typ	Max
Системная частота, МГц	F _{CLK}	1	50	60
Частота выходных данных, МГц	F _{DATA}	0.5	25	30
Частота SPI , МГц	F _{SPI}	F _{CLK} /4	-	12

Потребление тока, (Default mode, EXP=1)

Ток, мА	Тактовая частота, МГц		
	12	24	48
I(VDA)	5.5	5.5	5.5
I(VDDA)	0.02	0.03	0.05
I(VDD)	1.2	2.4	4.6
I(DVDD)	0.2	0.3	0.5
I(VDPIX)	4.2	4.2	4.2
I(VCC)	0.45	0.45	0.45

Эксплуатационные характеристики.

№	Параметр	Значение
1	Долговечность: — минимальная наработка, не менее, ч — срок службы, лет	100 000 11
2	Сохраняемость, лет	13.5
3	Акустический шум: — диапазон частот, Гц — уровень звукового давления, дБ — время действия шума, с	31 — 4000 146 360
4	Линейное ускорение, g	196.2 (±20)
5	Вибрация синусоидальная: — диапазон частот, Гц — амплитуда ускорения, g	5 — 100 20
6	Механический удар многократного действия: — пиковое ударное ускорение, g — длительность действия ударного ускорения, мс — количество ударов по трем направлениям	10 5 3
7	Давление окружающей среды: — повышенное, (мм рт.ст.) — пониженное, (мм рт.ст.)	825 10 ⁻⁶
8	Предельная повышенная рабочая температура, °C	+60
9	Предельная пониженная рабочая температура, °C	-10
10	Предельная повышенная температура хранения, °C	+60
11	Предельная пониженная температура хранения, °C	-60
12	Повышенная относительная влажность при температуре 25°C, %	60
13	Стойкость к специальным воздействиям: — 7И ₁ — 7И ₆ — 7И ₁₂ — протоны и ТЗЧ	3·10 ⁻⁴ ·1У 1.34·10 ⁻³ ·1У 1.7·10 ⁻¹ ·1Р >60 МэВ

Описание внутренних SPI-регистров UIC1203R.

Внутренние регистры определяют режимы функционирования микросхемы. Они записываются по SPI-интерфейсу в начале цикла работы микросхемы и корректируются управляющей системой по мере необходимости внутри цикла.

CONTROL - Регистр управления запуском и остановкой сенсора.– SPI Адрес h10

16-битный регистр, используется только 2-й бит (RUN)

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	RUN	-	-

Значение по умолчанию — 16'd0

RUN бит: 1 – запуск сенсора / 0 – остановка сенсора.

CONFIG - Регистр конфигурации - SPI Адрес h11

16-битный регистр выбора режимов работы

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
PVS	PHS	ASD	AV	MB	KRL[1:0]	OU	AMOD	DMOD	EKL	GMOD	-				

Значение по умолчанию — 16'b0000_0100_0001_0000 (h0410)

Биты CONFIG:

GMOD – включение режима с адаптивным фоном (1 — включен / 0 — выключен)

EKL – Электрический ввод (служебный) (1 — включен / 0 — выключен)

DMOD – включение режима Джойстик (1 — включен / 0 — выключен)

AMOD – включение режима Астродатчик (1 — включен / 0 — выключен)

*** Допускается только один активный в CONFIG[4:7]

OU – активность выходов Q[9:0], DSYN, HSYN (1 – выходы включены / 0 – выходы в Z-состоянии)

KRL [1:0] – коэффициент отношения площадей SQ и S.

KRL	0	1	2
SQ/S	2	4	8

MB – Memory Blocking — разрешение пропуска сигнала из блока памяти (1 – запрет / 0 – пропуск)

AV — разрешение усреднения по апертуре (окошку) 3x3 (1 – включен / 0 – выключен)

ASD – управление записью/чтением памяти в режиме AMOD (1 – запись / 0 – чтение)

PHS – управление полярностью сигнала HSYN (1 – активный низкий / 0 – активный высокий)

PVS – управление полярностью сигнала VSYN (1 – активный низкий / 0 – активный высокий)

EXP - Регистр экспозиции — SPI Адрес h12

16-битный регистр задания длительности межкадрового интервала

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
EXP[15:0]															

Значение по умолчанию — 16'd1 — используется только для видео режима.

Координаты целей вычисляются при EXP>1.

EXP[15:0] – длительность межкадрового интервала в строках.

$T_{EXP} = (129 + EXP) * T_{ROW}$, где T_{ROW} – длительность строки. $T_{ROW}=292 * T_{CLK}$

По умолчанию общая экспозиция сенсора $T_{EXP} = 130 * T_{ROW}$ (координаты не вычисляются)

В сенсоре используются построчные накопление, считывание и обработка видеосигнала. Длительность строки составляет $292 \cdot T_{CLK}$.

Строка состоит из следующих служебных фаз:

- фаза CDS - подготовка и считывание сигналов пикселей, запоминание и обработка их на схеме двойной коррелированной выборки буферной строки;
- фаза ADC - оцифровка;
- фаза DRD - чтение оцифрованной строки.

Фаза CDS. Регистры управления — SPI адреса h20 - h25.

Для сигналов управления сенсора в фазе CDS предусмотрено программирование положения и полярности импульсов. Внутри фазы ($CDS = 128 \cdot T_{CLK}$) находится 128 возможных позиций.

Правила задания временной диаграммы. (Примеры задания описаны в Приложении 1.)
Положения фронтов в задаваемом импульсе определяются 16-битным регистром TC_xx

TC_xx

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
H3	–	Вторая инверсия[6:0]							Первая инверсия[6:0]						

Разряды [6:0] — положение первой инверсии сигнала по полю от 0 до h7F (7 бит, 128 позиций выбора)

Разряды [13:7] — положение повторной инверсии сигнала, восстановление начального значения.

Разряд [15] — начальное значение сигнала (определяет полярность импульса).

Разряд [14] — не используется.

Адрес (hex)	Описание регистров блока управления	Название регистра	Значение по умолчанию (bin)
20	Сигнал RST строки пикселей	TC_RST	16'b0x0000101_0000010
21	F1 - 1-я выборка плавающего узла пикселя	TC_F1	16'b0x0011011_0000000
22	Сигнал TX строки пикселей	TC_TX	16'b0x1111111_0100011
23	F2 - управление компаратором-интегратором	TC_F2	16'b0x1111110_0001100
24	CS - 2-я выборка плавающего узла пикселя	TC_CS	16'b0x1111101_0000000
25	EKL - сигнал переключения уровня электрического ввода	TC_EKL	16'b0x1111111_0100011

Фаза ADC. Регистр управления RTM — SPI адрес h26

В 16-битном регистре значащим является только младший бит. Он определяет наличие или отсутствие сигналов RST и TX в фазе ADC.

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-															RTM

Значение по умолчанию — 0

RTM бит: 1 — RST, TX = 1 / 0 — RST, TX = 0.

Регистры управления внутренними ЦАПами — SPI адреса h30 - h35.

Регистр KODR — 4-битное управление ЦАПом VRST — SPI адрес h30

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-												KODR[3:0]			

Значение по умолчанию — 4'b0111

Регистр KODW — 8-битное управление ЦАПом VW — SPI адрес h31

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-								KODW[7:0]							

Значение по умолчанию — 8'd30

Регистр KODT — 8-битное управление ЦАПом VTX — SPI адрес h32

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-								KODT[7:0]							

Значение по умолчанию — 8'd64

Регистр RUNB — 4-битное управление режимами блоков BIAS БС — SPI адрес h33

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-												RUNB[3:0]			

Значение по умолчанию — 4'b1111

Задание режима управления формирователями опорных напряжений буферной строки.

При **RUNB** = 0 — sleep-режим БС

Регистр DRES — 8-битное управление подстроечными резисторами — SPI адрес h34

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-								DRES[7:0]							

Значение по умолчанию — 8'b1000_0111

Резисторы подстройки диапазона базового резистивного делителя.

Верхний R_{up} — 4 старших бита, max номинал — при коде 1111, min — при коде 0000.

Нижний R_{bot} — 4 младших бита, max номинал — при коде 0000, min — при коде 1111.

Регистр KODV — 8-битное управление ЦАПом VDR — SPI адрес h35

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-								KODV[7:0]							

Значение по умолчанию — 8'd250

Регистры блока вычисления координат — SPI адреса h40 - h41

Регистр POR — 10-битное управление порогом пропуска видеосигнала на вычислитель — SPI адрес h40

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-						POR[9:0]									

Значение по умолчанию — 10'd127

Регистр RAF — 3-битное управление скоростью адаптации фона — SPI адрес h41

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
-													RAF[2:0]		

Значение по умолчанию — 3'd3

Основные принципы работы UIC1203R.

- Микросхема UIC1203R программируется и управляется через 4-х-проводной SPI-интерфейс.
- В блоке управления сенсором через систему SPI-регистров программируется диаграмма накопления, чтения и оцифровки видеосигнала, а также задаются (через блок ЦАП) опорные уровни внутренних сигналов управления.
- В UIC1203R используется строчно-кадровая развертка с экспозицией по типу “катящаяся шторка” (Rolling Shutter). Длина экспозиции задается через регистр EXP блока управления.
- При сканировании матрицы фотосигнал из пикселей выбранной строки попадает в соответствующие столбцовые усилители буферных строк. В них по схеме двойной коррелированной выборки (CDS) происходит чтение и очистка сигнала от шумов.
- Далее аналоговые видеосигналы каждого усилителя (пикселя) индивидуально оцифровываются в блоке столбцовых АЦП (Column Parallel ADC) и записываются в выходные 10-битные регистры.
- Далее оцифрованный видеосигнал передается на Блок Памяти емкостью в один кадр сенсора. Способ записи информации в память зависит от выбранного режима (DMOD, AMOD, GMOD).
- В режимах DMOD (“Джойстик”) или AMOD (“Астродатчик”) в Память пишется служебный темновой кадр, который принимается либо в отсутствии сигнальной засветки LED, либо в темноте (закрыт объектив или минимальная экспозиция).
- В режиме GMOD (“Адаптивный Фон”) в Памяти по специальной процедуре адаптивного накопления изменяется хранящийся усредненный фоновый кадр.
- На выходе Блока Памяти из данных текущего кадра сенсора вычитаются данные Памяти с получением разностного кадра, свободного от фиксированных шумов и с вычтенным фоном.
- Разностный кадр далее проходит пороговую схему, пропускающую только сигналы, превышающие число POR из соответствующего SPI-регистра.
- Последовательно приходящие на блок вычисления параметров изображения (БВК) данные видеокadra обрабатываются с получением характеристик световых пятен (целей) на матрице сенсора. Алгоритм обработки изображения обеспечивает одновременное определение X-, Y- координат центров тяжести, площади и яркости до 8 целей. Точность определения положения пятна по полю сенсора - 0.01 пикселя (0.2 мкм).
- Вычисляется KRL-признак формы цели — характеристика степени вытянутости пятна. Степень вытянутости — отношение площади описанного вокруг пятна квадрата SQ к площади пятна S. SQ вычисляется как квадрат наибольшего из значений ΔX или ΔY — проекций пятна на оси координат.
- Координаты центра тяжести пятна определяются по формуле :
$$\sum(N_i A_i) / \sum A_i,$$
 где N_i — координата пикселя, A_i — величина пикселя.
- Результаты вычисления записываются в выходной SPI-регистр специальной структуры, рассмотренный в главе **Описание SPI-интерфейса**.
- UIC1203R снабжен 10-битной шиной данных Q[9:0] для контроля видеосигнала в текущем времени. Формируются сигналы синхронизации данных, строк и кадров (DSYN, HSYN, VSYN).
- Формируются сигналы готовности данных вычисления (CRDY), а также управления синхронной подсветкой (LED).
- Для контроля температуры кристалла на него установлен резистивный термодатчик.

Особенности основных режимы работы UIC1203R.

1. Режим DMOD .

Решаемая задача: Определение X-, Y- координат центров тяжести, площадей и яркостей изображений (пятен) от импульсных синхронных, управляемых от сенсора источников света в условиях постоянной или медленно меняющейся фоновой помехи.

Работа сенсора по варианту DMOD предполагает импульсное включение сигнальной засветки каждый второй кадр. Свет включается по сигналу LED UIC1203R, соответствующему фазе EXP в развертке матрицы. Кадры без предварительной LED-засветки называются "темновыми", кадры с LED-изображением - "боевыми".

"Темновой" кадр записывается в Блок Памяти. Следующий за ним "боевой" кадр проходит на Блок Вычислителя Координат с вычитанием "темнового" и получением "разностного" кадра. Он свободен от паразитных шумовых составляющих, в нем максимально выделена полезная составляющая видеосигнала.

Данные Q[9:0] и синхронизация DSYN, VSYN, HSYN для "темнового " кадра не выдаются.

В блоке ББК вычисляются X-, Y- координаты центров тяжести, площади и яркостей изображений (пятен).

2. Режим AMOD.

Решаемая задача: Определение характеристик целей (объектов) в условиях постоянной сигнальной засветки. В первую очередь используются такие характеристики сенсора, как повышенная чувствительность и управляемое в широких пределах время экспозиции.

Запись и вычитание "темнового" кадра используются для подавления собственного геометрического шума сенсора. При установке в регистре CONFIG бита ASD=1 выполняется непрерывная запись в Блок Памяти текущего кадра. В специальной процедуре калибровки - либо на закрытом от света сенсоре, либо на минимальной экспозиции — текущий кадр может считаться "темновым". После переключения ASD=1 в ASD=0 Блок Памяти переключается на чтение, сенсор открывается для сигнальной засветки и/или устанавливается рабочее время экспозиции, из текущего кадра вычитается "темновой". Получаемый "разностный" кадр свободен от большинства собственных шумов сенсора.

В блоке ББК вычисляются X-, Y- координаты центров тяжести, площади и яркостей изображений (пятен), а также KRL-признак формы пятна.

При AV=1 уровень яркости увеличен в 9 раз по сравнению с реальной яркостью при AV=0. Внешнему пользователю нужно это учитывать и делить на 9.

Режим AMOD применяется в основном в демонстрационных и отладочных задачах.

3. Режим GMOD.

Решаемая задача: Обнаружение и вычисление характеристик быстрых и слабо различимых целей в условиях неоднородного, относительно медленно меняющегося во времени фона.

Компенсация изменения фона реализуется с помощью алгоритма **адаптивного накопления** фоновых кадров в Блоке Памяти. Выполняется постепенная подстройка содержимого памяти к медленному изменению внешнего фона. Система не реагирует на шумовые процессы, протекающие быстрее устанавливаемой скорости адаптации фона..

В начале работы в память записывается текущий кадр, который далее считается фоновым. При приеме следующих кадров текущие данные по-пиксельно

сравниваются с данными из памяти. Если они различаются, то код в ячейке памяти изменяется в сторону кода пикселя текущего кадра. Величина изменения кода определяется скоростью адаптации, задаваемой через 3-битный SPI-регистр RAF[2:0], а также величиной разности между сравниваемыми пикселями (фона и текущего).

Разрядность Блока Памяти расширена до 12 бит, при этом действительная часть кода занимает 10 старших бит. Изменение кода применяется к 3 младшим разрядам 12-битной ячейки памяти. При минимальной скорости адаптации (RAF=1) изменяется ее младший бит, что составляет $\frac{1}{4}$ младшего разряда 10-битного кода. Для того, чтобы изменения фона почувствовал младший разряд действительного кода, необходимо не менее 4-х кадров. Таким образом, система не реагирует на очень быстрые (до 4-х кадров) изменения картинки при RAF=1. Максимальное за кадр изменение кода ячейки памяти получается при RAF=7 и составляет $1\frac{3}{4}$ младшего разряда рабочего 10-битного кода (или 3 разряда 12-битного).

Пример процедуры адаптации для предельного случая разницы между фоном и текущим кадром. Начальное значение в ячейке памяти (пикселе фона) F[11:0]=0, величина сигнала в пикселе приходящих кадров постоянно P[9:0]=1023. При скорости адаптации RAF=7 процедура изменения F[11:0] следующая:

а) В первом кадре сравниваются значения F[11:2] и P[9:0], определяется, что их разность больше RAF, к пикселю фона добавляется F[11:0] максимальный коэффициент 7 (F[11:0]=F[11:0]+7). В последующие кадры процедура повторяется, пока разность между F[11:2] и P[9:0] больше RAF.

б) Как только разность F[11:2] и P[9:0] становится меньше RAF=7, скорость адаптации снижается и последние кадры до сравнения F[11:2] и P[9:0] она равна 1, т. е. F[11:0]=F[11:0]+1. Тем самым обеспечивается точная подгонка значения фона к сигналу.

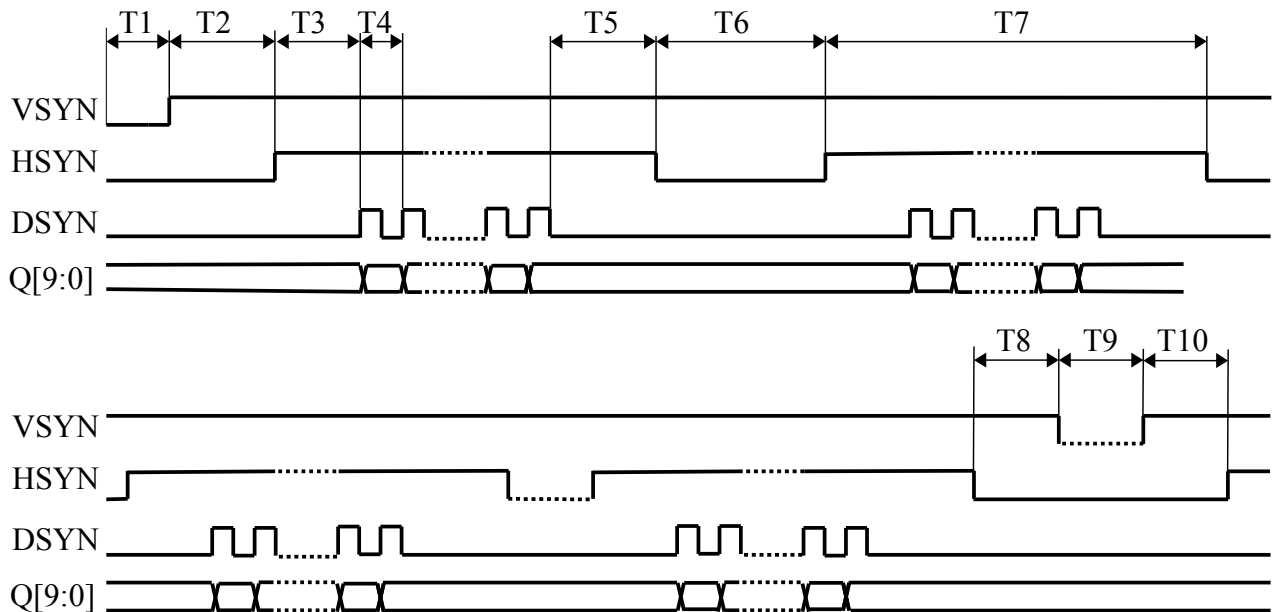
Примерное время адаптации в примере ~ 600 кадров.

Таким образом, фоновый кадр в памяти постоянно подстраивается к внешним изменениям и не реагирует на короткие сигналы.

Для проверки содержимого фоновой памяти доступно ее медленное по-пиксельное чтение через SPI-интерфейс. Каждый новый кадр последовательно выбирается новая ячейка Блока Памяти. Ее абсолютный адрес (14 бит) и содержимое (10 бит) добавляются в конец SPI-регистра характеристик целей. SPI-мастер, расширив сигнал SCS и подав дополнительно 24 SCLK, получает после характеристик целей адрес и данные текущей ячейки фонового кадра.

Вычисление характеристик целей идет в БВК по «разностному» кадру, согласно общему для всех режимов (DMOD, AMOD, GMOD) алгоритму.

Временная диаграмма синхронизации (VSYN, HSYN, DSYN) и видеоданных (Q[9:0]).



T1. Начальное состояние — сенсор или выходной интерфейс выключен.

T2. Начало кадра. Разделительный временной интервал между кадровой (VSYN) и строчной (HSYN) синхронизацией. Длительность $T2 = 291 * T_{CLK}$.

T3. Начало выноса данных строки. Длительность $T3 = 2 * T_{CLK}$.

T4. Передача первого пикселя изображения. Период сигнала DSYN $T_{DSYN} = 2 * T_{CLK}$. Захват данных с шины Q[9:0] необходимо проводить по заднему фронту DSYN.

T5. Конец передачи строки. Длительность $T5 = 3 * T_{CLK}$.

T6. Межстрочный временной интервал. Длительность $T6 = 32 * T_{CLK}$.

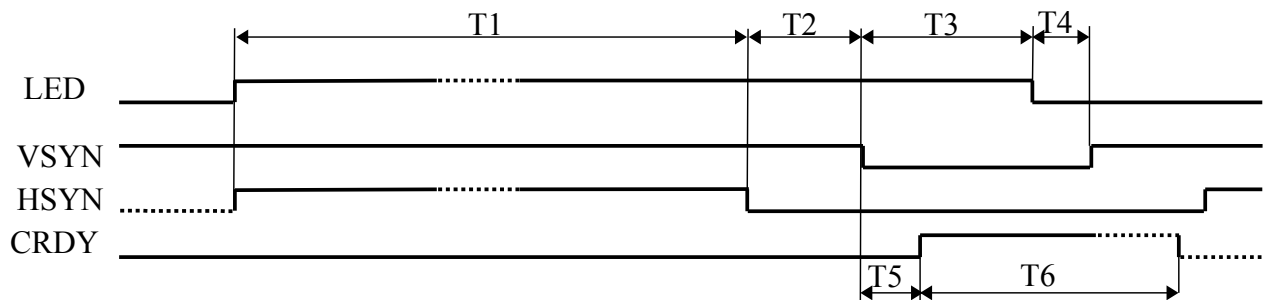
T7. Время строчной синхронизации $T7 = 260 * T_{CLK}$. Внутри этого интервала находится 128 импульсов пиксельной синхронизации (DSYN), которые сопровождают шину данных.

T8. Конец кадра. Длительность $T8 = 32 * T_{CLK}$.

T9. Межкадровый интервал. Длительность $T9 = 292 * T_{CLK} * EXP + 1$.

T10. Начало следующего кадра. Разделительный временной интервал между кадровой (VSYN) и строчной (HSYN) синхронизацией. Длительность $T10 = T2 = 291 * T_{CLK}$.

Временная диаграмма сигналов LED и CRDY



Импульс на выводе LED начинается одновременно с последней строкой кадра и его длительность составляет $T1 + T2 + T3$. В режиме DMOD сигнал LED следует через кадр.

T1 — длительность строки = $260 * T_{CLK}$

T2 — интервал до конца кадра = $32 * T_{CLK}$

T3 — межкадровый интервал = $292 * T_{CLK} * EXP$

T4 — интервал между концом импульса LED и началом следующего кадра = $1 * T_{CLK}$

T5 — интервал между концом импульса VSYN и началом CRDY $T5 = 2 * T_{CLK}$.

T6 — длительность CRDY = $511 * T_{CLK}$.

Описание SPI-интерфейса.

UIC1203R управляется через 4-проводной последовательный SPI-интерфейс.

Сигналы SPI-интерфейса:

- MOSI – Master Out, Slave Input – сигнал предназначен для последовательной передачи данных от ведущего к ведомому.
- MISO – Master Input, Slave Out – сигнал предназначен для последовательной передачи данных от ведомого к ведущему.
- SCLK – Serial Clock – тактовый сигнал, стробирование данных идет по нарастающему фронту SCLK.
- SCS – Chip Select – сигнал активации ведомого устройства.

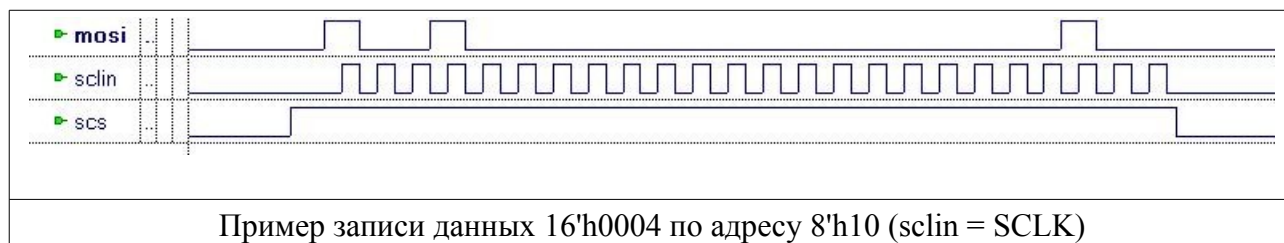
Дополнительные возможности управления.

- Для системы из нескольких UIC1203R, для одновременности конфигурации всей системы, введено управление по сигналу BE, переводящему выходные шины MISO сенсоров в Z-состояние.
- Кроме программного старта через SPI-интерфейс введена команда общего аппаратного старта сенсоров по выделенной линии ERUN.

Временная диаграмма записи через SPI-интерфейс.

Через запись внутренних регистров управления происходит конфигурация и выбор режимов сенсора.

- Запись начинается подачей сигнала SCS;
- На шине MOSI последовательно выставляются:
 - бит признака запись (1) /чтение (0)
 - 7 бит адреса регистра
 - 16 бит данных;
- По шине SCLK подаются 24 такта, запись данных происходит по нарастающим фронтам SCLK. Рекомендуемая задержка сигнала SCLK относительно фронта сигнала MOSI составляет половину периода SCLK.
- При последовательной записи ряда регистров с инкрементно нарастающим адресом на шину MOSI устанавливается только начальный адрес в посылке. Далее идут только данные, SPI-интерфейс сенсора самостоятельно присваивает следующий адрес через каждые 16 бит данных;
- После конца передачи сигнал SCS снимается.



Временная диаграмма чтения через SPI-интерфейс.

На шину MISO каждый кадр (или каждый второй кадр в DMOD) сенсор выставляет данные о наличии и характеристиках целей, а также адрес и данные пикселя фонового кадра из Блока Памяти.

а) После подачи SCS проверяется первый бит данных на шине MOSI. При SPI-чтении он должен быть равен 0. Первый бит данных на шине MISO служебный, он всегда равен 1.

б) После выставления управляющим контроллером "1" на шину SCS ведомому устройству (UIC1203R) требуется не менее 4 тактов системной частоты F_{CLK} для формирования признака готовности к передаче данных. Этот признак выставляется на шину MISO как "1" в первом бите байта статуса.

Управляющий контроллер должен проверить наличие "1" (не ранее, чем через $4 * F_{CLK}$), и, при ее наличии, начать тактирование SCLK.

Чтение данных происходит по спаду SCLK.

в) Начальные 8 бит данных по шине MISO образуют байт Статуса следующего формата:

RB | SEU | OVR | RDY | ND[3:0], где

RB — резервный бит (всегда 1)

SEU — бит индикации (1) сбоя конфигурационных регистров

OVR — бит индикации (1) чтения данных предыдущего кадра ("Data Overrun")

RDY — бит готовности (1) новых данных после предыдущего чтения ("Data ready")

ND — 4 бита индикации количества целей ("Number of detected targets, 0..7")

д) При наличии целей за байтом Статуса следуют характеристики целей:

1-я цель (пятно), посылка содержит 56 бит:

- X-координата центра тяжести (16 бит, значимые 14 младших),
- Y-координата центра тяжести (16 бит, значимые 14 младших),
- S — площадь цели в пикселях (16 бит, значимые 14 младших),
- A — кодированная яркость цели (8 бит). Реальная интегральная яркость цели занимает 28-битный служебный регистр. Для сокращения времени вывода полная информация кодируется в размер 1 байта. Старшие 5 бит – количество 0 слева от первой 1 в служебном 28-битном регистре; младшие 3 бита – 3 бита вправо от первой 1, не включая ее.

!!! При AV=1 уровень яркости увеличен в 9 раз по сравнению с реальной яркостью при AV=0. Внешнему пользователю нужно это учитывать и делить на 9.

Далее аналогично следуют посылки от 2-й, 3-й и так далее до 8 целей.

Примечание. KRL-признак формы (вытянутости) пятна (1 бит) — располагается вместо младшего бита X- и Y- координат. При определении координат этот младший бит следует обнулить.



е) За характеристиками целей следуют данные пикселя фонового кадра (24 бита):

- OUTPIXA – 14 бит адреса;

- OUTPIXD – 10 бит данных

В случае отсутствия целей за байтом статуса следуют сразу данные пикселя фонового кадра.

f) По концу приема (или раньше по необходимости) сигнал SCS снимается.

Список Приложений.

Приложение 1. Правила формирования временной диаграммы управления строкой.

Приложение 2. Характеристика терморезистора.

Приложение 3. Типовая схема включения UIC1203R.

Приложение 4. Типовые области применения UIC1203R.

Приложение 5. Чертеж корпуса CLCC-48.

Приложение 6. Схема сборки кристалла UIC1203R в корпус CLCC-48.

Приложение 7. Иллюстрации определения связности пятен от целей, вычисления координат центров тяжести пятен, их площади и яркости.

Приложение 8. Защита от одиночных сбояв.

Приложение 1.

Правила формирования временной диаграммы управления строкой.

Программирование положения логических уровней и фронтов импульсов проводится для сигналов фазы CDS по наборному полю из 128 позиций. Длина каждой позиции соответствует длительности T_{CLK} .

Положения фронтов в задаваемом импульсе определяются 16-битным регистром TC_xx

TC_xx

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
НЗ	–	Вторая инверсия[6:0]							Первая инверсия[6:0]						

Разряды [6:0] — положение первой инверсии сигнала по полю от 0 до h7F (7 бит, 128 позиций выбора)

Разряды [13:7] — положение повторной инверсии сигнала, восстановление начального значения.

Разряд [15] — начальное значение сигнала (определяет полярность импульса).

Разряд [14] — не используется.

Пример 1, TC_RST = 16'b0x0010001_0000010 означает, что сигнал RST стартует с уровня 0, первый фронт на позиции $2 * T_{clk}$, второй фронт на позиции $17 * T_{clk}$:



Пример 2, TC_TX = 16'b1x1000010_0010000 означает, что сигнал TX стартует с уровня 1, первый фронт на позиции $16 * T_{clk}$, второй фронт на позиции $66 * T_{clk}$:

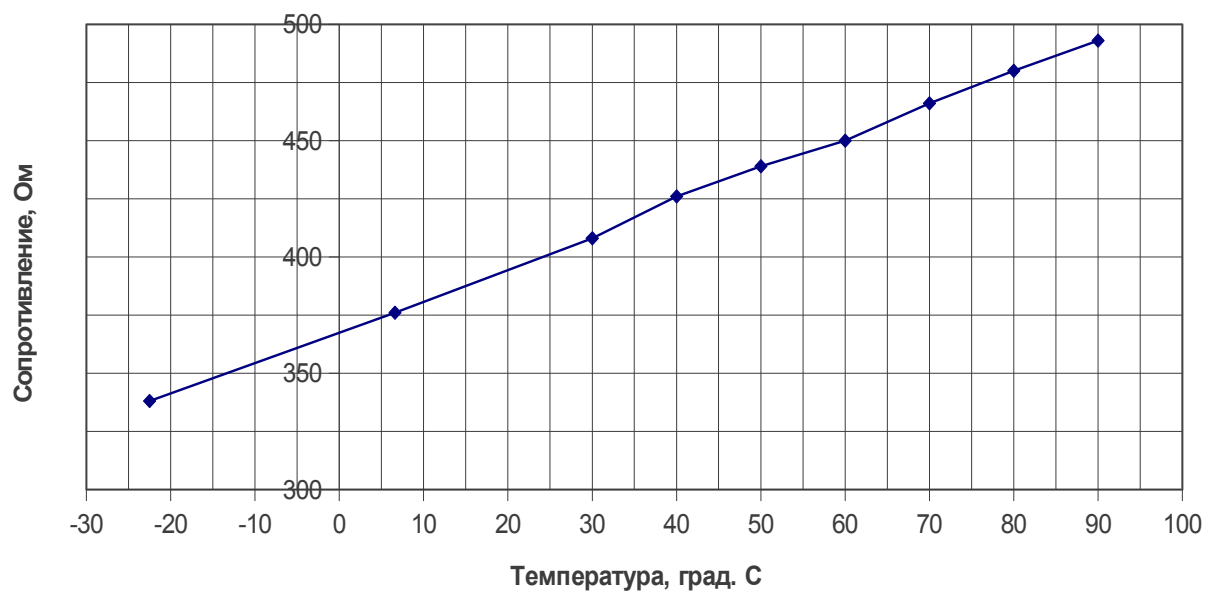


Приложение 2. Характеристика терморезистора.

UIC1203R содержит резистор из металлической полоски длиной ~2.2 мм и шириной 0.5 мкм. Выводы резистора — пины кристалла TD1 и TD2.

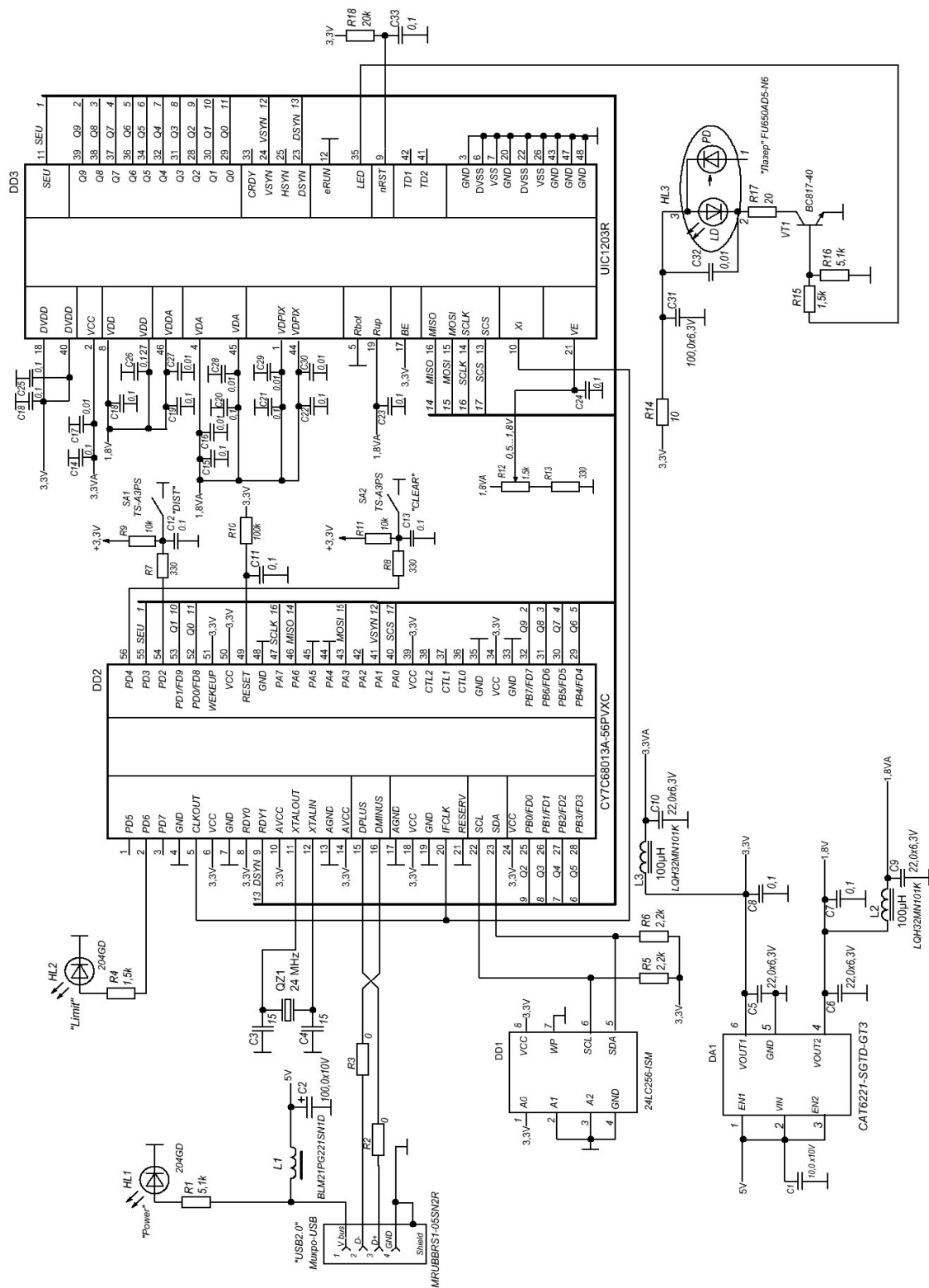
Коэффициент зависимости сопротивления R от температуры C $K_R = 1.26 \text{ Ohm/}^\circ\text{C}$

Зависимость сопротивления внутреннего терморезистора м/сх UIC1203R от температуры



Приложение 3. Типовая схема включения UIC1203R (корпус JLCC-48). Схема макета лазерного дальномера.

Приложение 3.



Типовая схема включения UIC1203R. Лазерный дальномер.

Приложение 4. Типовые области применения UIC1203R.

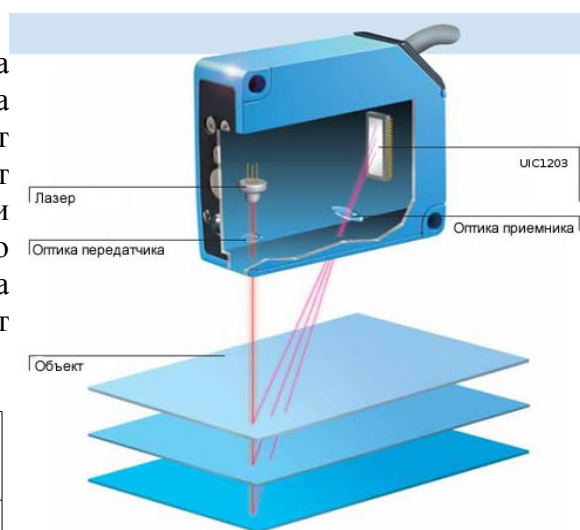
Сенсор UIC1203R может использоваться как ключевой элемент конструкции в следующих областях применения:

1. Датчик обнаружения и движения.
Обнаружение и определение координат до 8 быстро движущихся целей на медленно меняющемся неоднородном фоне. Режим GMOD.
2. Датчик определения траектории движения целей.
Благодаря одновременному отслеживанию до 8 целей, может применяться для определения кинематики сложных механических или биологических систем. Например, для протоколирования и оценки техники движения спортсмена по слежению за световыми маркерами на конечности.

3. Дальномер или Метрический датчик.
Оптический датчик расстояния на принципе триангуляции — оценки угла вернувшегося света. Излучатель посылает луч к объекту, который отражает свет обратно, где он проходит через линзу и попадает на матрицу сенсора. По координатам центра тяжести пятна управляющий контроллер определяет расстояние.

Предельные характеристики:

Диапазон измерения, мм	Точность, мм	Время измерения, мс
20..150	0.01	2..50
100..2000	0.15	2..50
100..12000	1.0	2..50



Плюсы UIC1203R относительно имеющихся на рынке сенсоров: повышенная помехоустойчивость к паразитным засветкам благодаря вычитанию фона, встроенное вычисление координат, цифровой координатный выход, дополнительные данные о пятне — площадь и яркость. Способность одновременно определять данные до 8 пятен дает дополнительные возможности разработчику системы датчика.

4. Устройства измерения угла поворота.
Модули оптических датчиков угла поворота (например, рулевого колеса) с точным вычислением угла, направления и скорости поворота. Конкурентно с магниторезистивными датчиками.
5. Устройства стабилизации положения.
6. Стрелковый тренажер.
Вариант конструкции стрелкового тира. Состав: управляющий компьютер, видеопроектор, оружие (пистолет, автомат, винтовка), оптический модуль-насадка на ствол, набор маркеров-отражателей. В оптический модуль входят: сенсор UIC1203R на печатной плате с интерфейсным контроллером и лазерным светодиодом, объектив со светофильтром, ИК-светодиоды подсветки маркеров. Принцип работы: на экран

Наши плюсы: до 1300 fps частота кадров (при Fclk=50 МГц), аппаратное определение координат цели, высокая точность, авто-калибровка каждый кадр, аппаратное подавление помех.

Использование UIC1203R в устройствах типа TrackIR — датчике движения (повороты, наклоны, XY-перемещения) игрока в динамических компьютерных играх.

Конкурентные преимущества: аппаратное вычитание фона, выдача готовых координат, снижение требований к вычислению в программе.

Technical drawing of a microstrip cavity resonator, showing top, side, and cross-sectional views with dimensions and plating specifications.

Top View Dimensions:

- Overall width: 10.00 ± 0.15
- Inner width: 8.50 ± 0.10
- Inner width: 7.50 ± 0.10
- Left side: $4X \ 0.35 \text{ MIN.} \ (0.50)$
- Top side: 40 and 35
- Right side: 30 and 25
- Bottom side: 10 and 15
- Bottom right corner: $4X \ R \ 0.20$
- Left side: $4X \ 0.75 \pm 0.15$
- Left side: 45 and 48
- Left side: 1 and 5

Side View Dimensions:

- Top: 1.00 ± 0.10
- Layer 1: 0.40 ± 0.05
- Layer 2: 0.40 ± 0.05
- Layer 3: 0.20 ± 0.05
- Labels: LAYER-1, MP-2, MP-3, MP-4

Front View Dimensions:

- Top: $4X \ P. \ 0.70 \times 11 = 7.70 \pm 0.10$
- Top: $8X \ +0.25 \ 1.15 - 0.13$
- Top: $47X \ 0.80 \pm 0.18$
- Top: $P. \ 0.70 \pm 0.10$
- Top: 35 and 40
- Right side: 45 and 48
- Right side: 1 and 5
- Right side: $48X \ (R \ 0.15)$
- Bottom: 15 and 10
- Bottom: $4X \ (R \ 0.15)$
- Bottom: 20 and 25
- Bottom: 30
- Bottom: 1.20 ± 0.25

Cross-sectional View Dimensions:

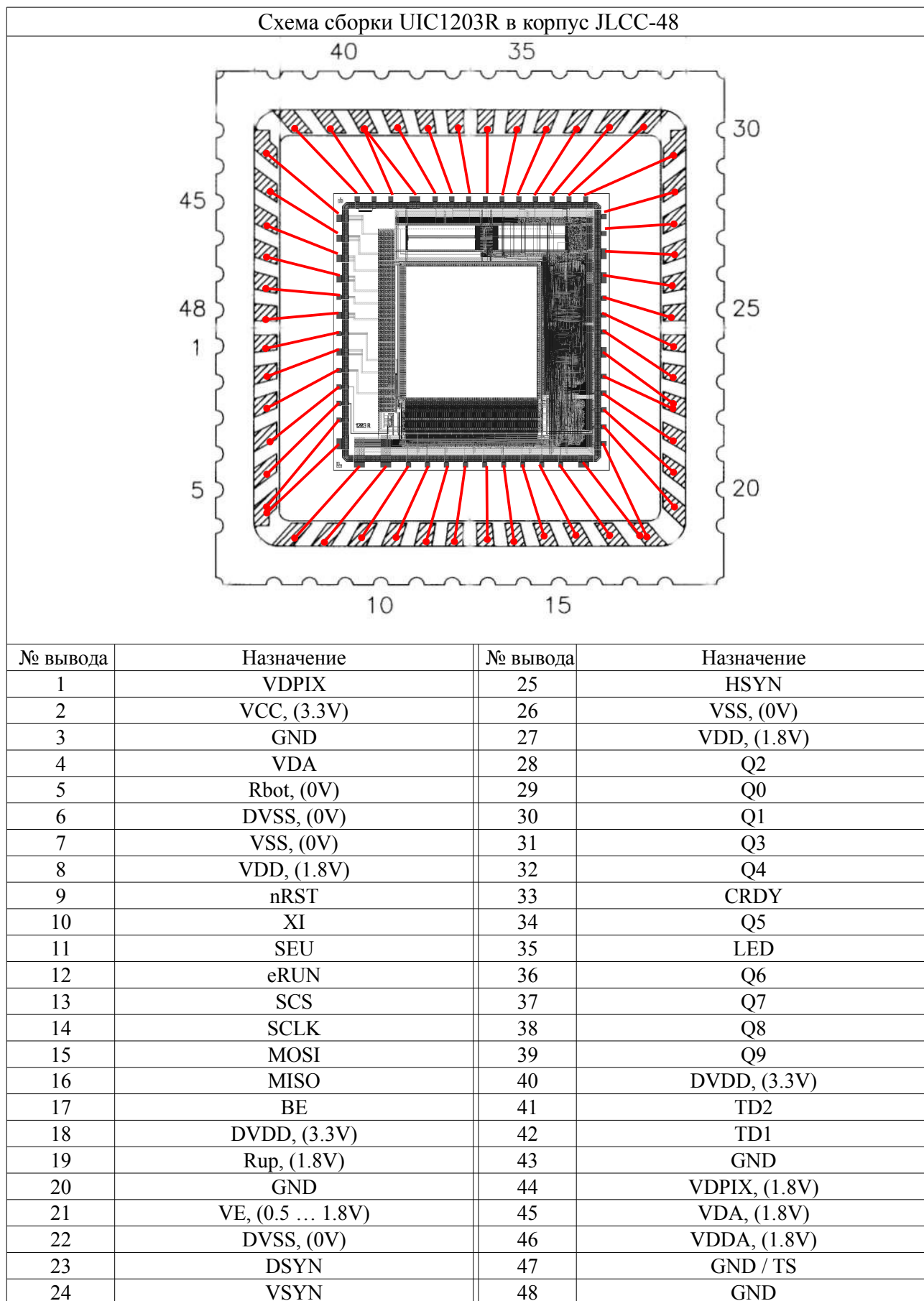
- Left: $48X \ (0.60) \text{ (METALLIZED)}$
- Table of dimensions:

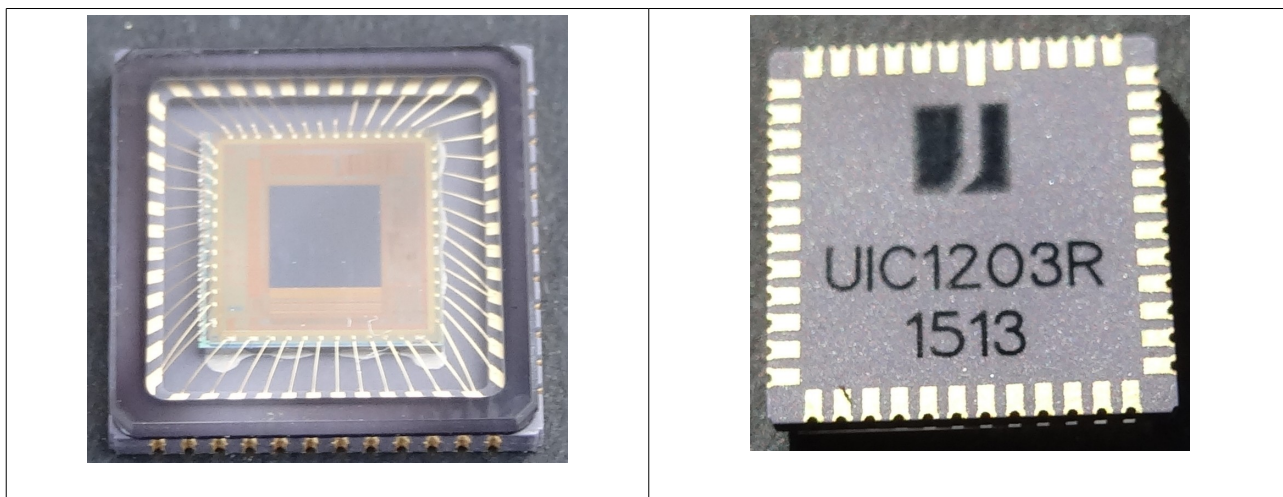
\square	0.05
\square	0.04
\square	0.07

NOTES:

- PLATING (ELECTROLYTIC):
Ni : 1.27~8.89 MICRON.
Au : 0.50 MICRON NOM.
- BAKING TEST :
350 +10/-0°C FOR 180 +30/-0 SECONDS
IN OVEN.
- WIRE BOND PAD CONNECTED TO CORRESPONDING OUTER PAD.
- MISALIGNMENT OF METALLIZATION PATTERN IN CAVITY SHALL BE ACCEPTED DUE TO LAYER MISALIGNMENT.

Приложение 6. Схема сборки кристалла UIC1203R в корпус JLCC-48.

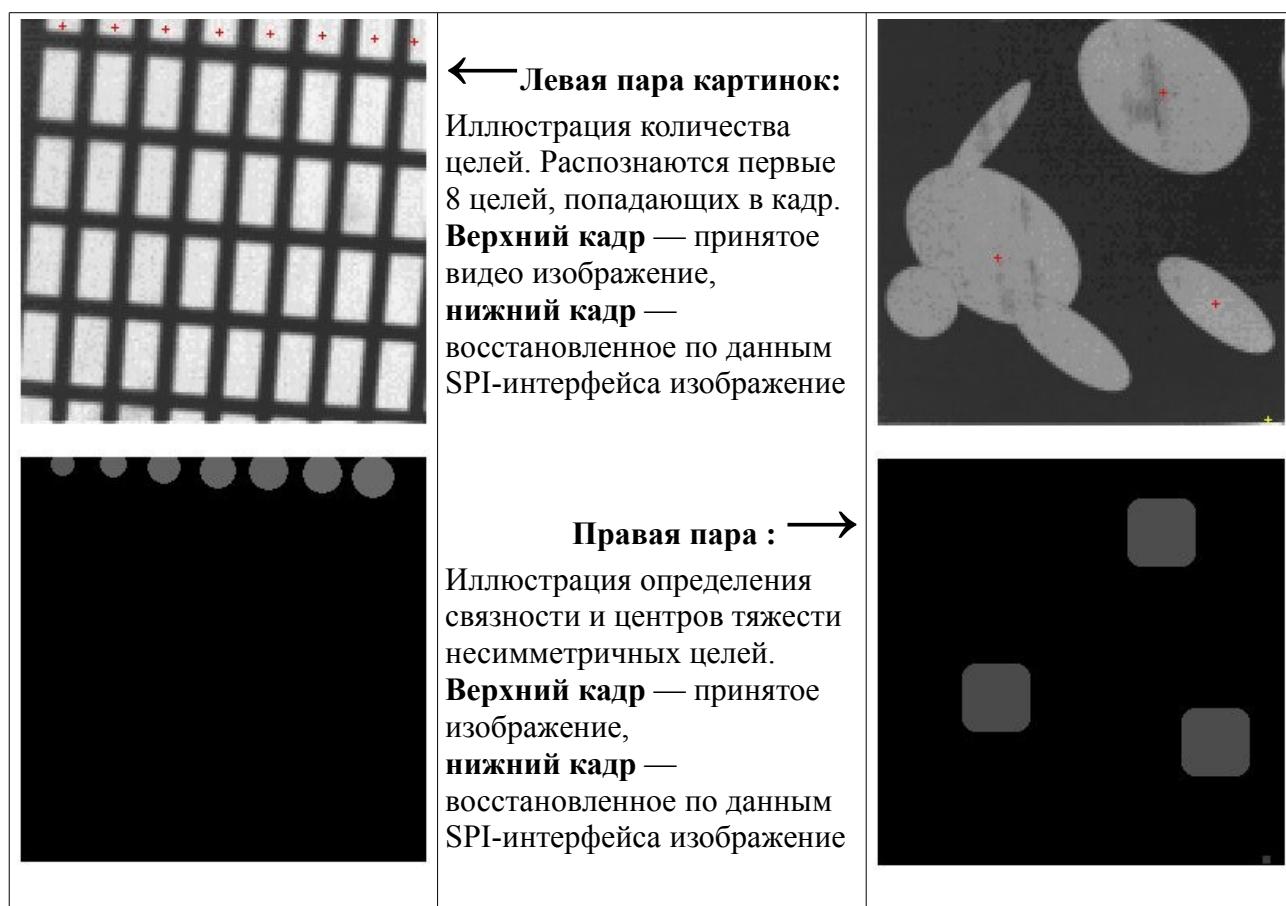


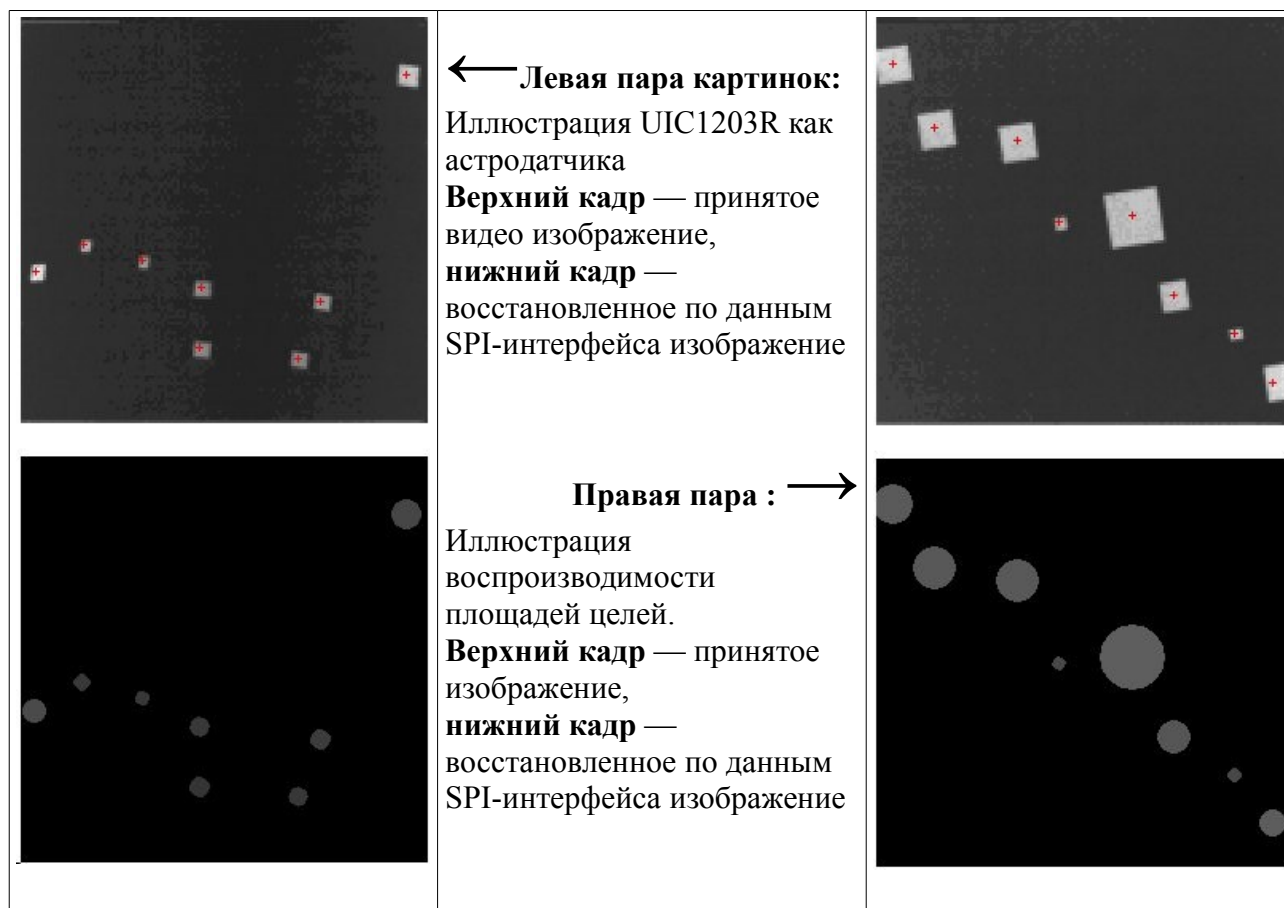


Приложение 7. Иллюстрация работы алгоритма определения параметров целей.

На приводимых ниже парах картинок иллюстрируются прием и распознавание различных тестовых изображений. Верхняя картинка – исходное изображение с крестиками вычисленных центров тяжести целей, нижняя – восстановленное по принятому SPI-коду изображение.

Восстановленные цели имитируются в виде кругов эквивалентной площади, либо, для больших объектов, квадратами с закругленными углами.





Приложение 8. Защита от одиночных сбоев

Для особо важных блоков микросхемы реализована защита от одиночных сбоев на основе тройного модульного резервирования (TMR).

Резервированием защищены все SPI регистры, блок выработки синхронного сигнала сброса, счетчики циклов работы, блоки управления аналоговыми частями схемы.

Незащищенные от одиночных сбоев (ввиду их громоздкости) - блоки вычисления целей, оперативная память кадра изображения, выходной регистр.

Информация о сбое (значение в одном из трех регистров отличается от значения в двух других) передается каждый раз в байте статуса при обращении к микросхеме по SPI. Также событие одиночного сигнализируется на выводе SEU. В отсутствии сбоя вывод находится в третьем состоянии, при наличии сбоя вывод принимает значение 3.3В.

В случае возникновения сбоя необходимо перезаписать все регистры конфигурации.

История изменений.

Версия	Изменения по сравнению с предыдущей версией
UIC1203R_ds_v1	<p>Начальная версия на основе сенсора UIC1203A (файл UIC1203_ds_v5.0) Список коррекций относительно UIC1203A:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Увеличена ширина затвора TX для улучшения однородности по фотополю (320нм вместо 220нм) - Легирование фотодиода производится до нанесения STI изоляции. Изменены параметры легирования. - Добавлено кольцо dummy-пикселей - Увеличено быстродействие буферной строки - Заменен алгоритм АЦП с multi-RAMP на «стягивающиеся хорды» - Динамические ЦАПы заменены на статические - Убраны ЦАПы аналоговых координат - Убран блок коррекции поддиапазонов, диапазон оцифровки теперь единый - Добавлено управление резисторами подстройки диапазона базового резистивного делителя - Доступна ежекадровая смена конфигурации сенсора - Добавлено вычисление параметра «признак формы (вытянутости) цели» - Добавлена возможность отключения обработки по апертуре (окну) 3x3 - Добавлен вывод SEU - индикация сбоя регистров - Стойкое исполнение по схемотехнике, топологии и технологии - Совмещение геометрических центров кристалла и корпуса - Переход на новый тип корпуса - керамический JLCC-48
UIC1203R_ds_v2	<p>Коррекция DS по результатам измерений.</p> <ul style="list-style-type: none"> - При AV=1 уровень яркости увеличен в 9 раз по сравнению с реальной яркостью при AV=0. Внешнему пользователю нужно это учитывать и делить на 9. - Исправлены данные по токам потребления - Обновлено данные по терморезистору
UIC1203R_ds_v3	<ul style="list-style-type: none"> - Добавлен раздел «Эксплуатационные характеристики» - Скорректирован раздел чтения по SPI
UIC1203R_ds_v4	<p>Коррекция кристалла v3.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Обновленный пиксель mb20jm (варианты - mb20ak, mb20aks). Увеличена длина затворов транзисторов RST и SR с 200 до 400 нм — для более надежного запираения и уменьшения вертикальных полос, связанных с возможным недозакрытием транзисторов. - Перевод цифровой части второго каскада БС с питания VDA на питание VDDA (VDA осталось только на аналоговой части). - Питание VDR(ток потребления <100 мкА, нестандартный уровень 1.6 В) переведено с внешнего пина на внутренний новый 1.8В ЦАП VDR. SPI-Адрес h35, код по умолчанию 250. - Коррекция алгоритма вычитания темнового кадра (убирание отставания на 1 адрес и появления контура). - Изменение цоколевки: Замена выводов rupB(Pin 20) → GND, rbotB(4)→ VDA, VRST(47) → GND, VW(1) → VDPIX, VTX(3) → GND, VDR(43) → GND - Исправлена ошибка с режимом электрического ввода (запрет на тактирование SSI — регистра «бегущая 1» - перебора строк матрицы

	при выборе электрической строки). - Исправлен вывод DSYN, HSYN, VSYN и данных — запрет во время темного кадра. - Заменена типовая схема включения
UIC1203R_ds_v4.1	В раздел управления экспозицией добавлено, что правильное определение координат происходит при $EXP > 1$
UIC1203R_ds_v4.2	В разделе основных параметров (стр.2) исправлено t_{ax} время экспозиции (вместо 38мс - 380мс) В разделе управления экспозицией (стр.8) исправлена формула