11 Контроллер Chrom-Art Accelerator ™ (DMA2D)

11.1 Введение DMA2D

Chrom-Art Accelerator ™ (DMA2D) - это специализированный DMA, предназначенный для манипуляций с изображениями. Он может выполнять следующие операции:

- Заполнение части или всего целевого изображения конкретным цветом
- Копирование части или всего исходного изображения в часть или целое изображение цели
- Копирование части или все исходное изображение в часть или весь целевой образ с преобразованием формата пикселей
- Смешение части и / или двух полных исходных изображений с различным форматом пикселей и копирование результата в часть или все целевое изображение с другим цветовым форматом.

Все классические схемы кодирования цветов поддерживаются от 4 до 32 бит на пиксель с индексированным или прямым цветовым режимом. DMA2D имеет свои собственные выделенные памяти для CLUT (цветные таблицы поиска).

11.2 Основные функции DMA2D

Основные функции DMA2D:

- Одиночная архитектура главной шины AHB.
- Интерфейсный программный интерфейс AHB, поддерживающий 8/16/32-битные обращения (за исключением запросов CLUT, которые являются 32-разрядными).
- Пользовательский размер рабочей области
- Программируемое пользователем смещение для источников и областей назначения
- Пользовательские программируемые источники и адреса назначения на всем пространстве памяти
- До 2 источников с операцией смешивания
- Значение альфа может быть изменено (значение источника, фиксированное значение или модулированное значение)
- Пользовательский программируемый формат источника и назначения
- До 11 цветовых форматов, поддерживаемых от 4 до 32 бит на пиксель с косвенным или прямым цветовым кодированием
- 2 внутренних памяти для хранения CLUT в косвенном цветовом режиме
- Автоматическая загрузка CLUT или программирование CLUT через CPU
- Пользовательский программируемый размер CLUT
- Внутренний таймер для управления пропускной способностью AHB
- 4 режима работы: регистр в память, память в память, память в память с преобразованием формата пикселя и память в память с преобразованием формата изображения и смешиванием
- Заполнение области фиксированным цветом
- Копирование из одной области в другую
- Копирование с преобразованием формата пикселей между исходными и целевыми изображениями
- Копирование из двух источников с независимым цветовым форматом и смешиванием

- Прерывание и приостановка операций DMA2D
- Прерывание водяного знака на программируемой конечной линии пользователя
- Генерация прерываний по ошибке шины или конфликту доступа
- Генерация прерываний при завершении процесса

11.3 Функциональное описание DMA2D

11.3.1 Общее описание

Контроллер DMA2D выполняет прямую передачу данных. Как мастер AHB, он может взять под контроль матрицу шины AHB, чтобы инициировать транзакции AHB.

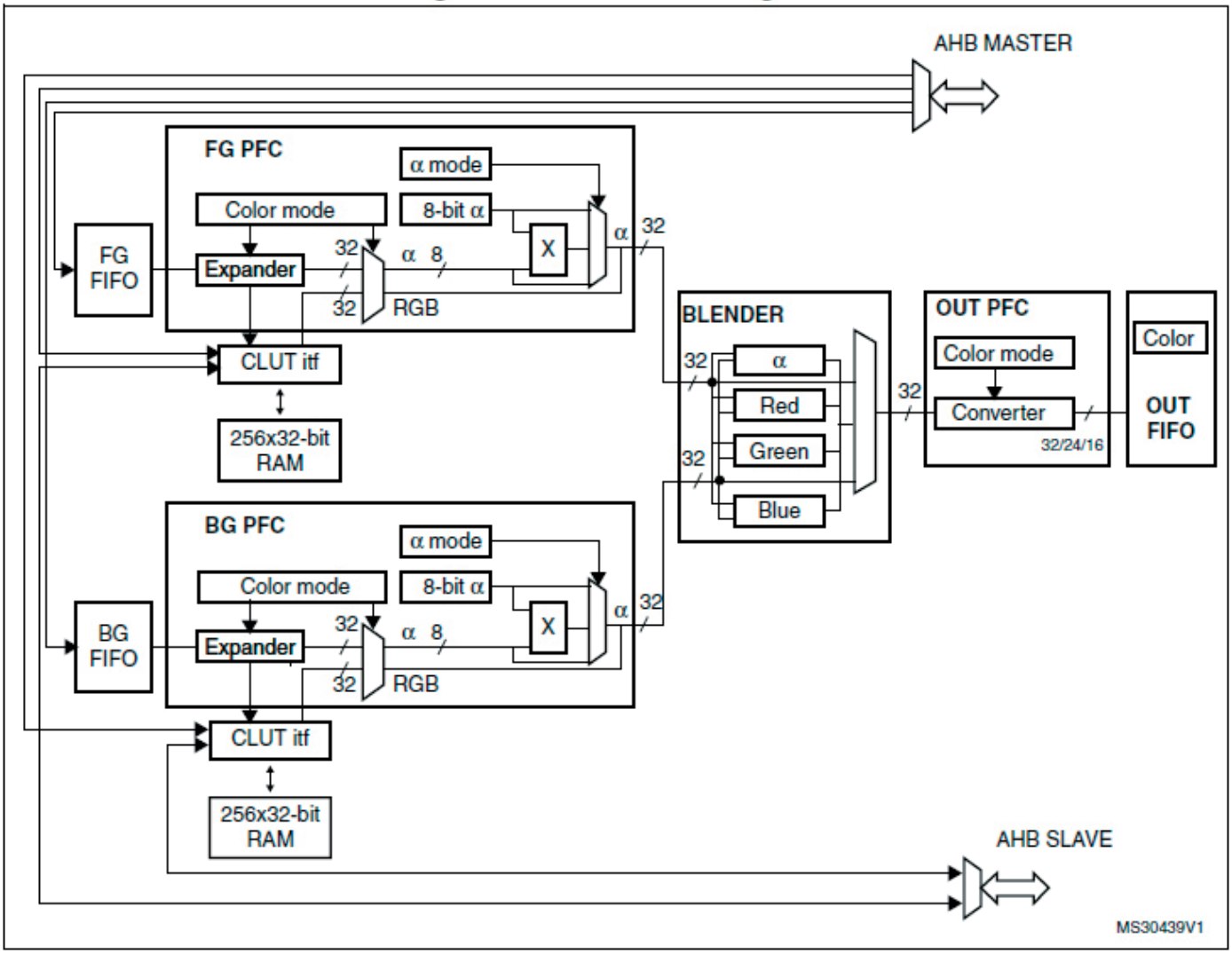
DMA2D может работать в следующих режимах:
- Регистр в память
- Память в память
- Преобразование памяти в память с преобразованием формата пикселей
- Память в память с преобразованием и смешиванием формата пикселей

Ведомый порт AHB используется для программирования контроллера DMA2D.

Блок-схема DMA2D показана на рисунке 40: блок-схема DMA2D.

11.3.2 Управление DMA2D

Figure 40. DMA2D block diagram



Контроллер DMA2D настраивается через регистр управления DMA2D (DMA2D_CR), который позволяет выбирать:

Пользовательское приложение может выполнять следующие операции:

- Выберите режим работы
- Включить / отключить прерывание DMA2D
- Запустить / приостановить / прервать текущие передачи данных

11.3.3 DMA2D FIFO переднего плана и фоновое FIFO

FIFO переднего плана (FG) и FIFO фона (BG) извлекают входные данные для копирования и / или обработки.

FIFO отображает пиксели в соответствии с цветовым форматом, определенным в соответствующем конверторе формата пикселей (PFC).

Они запрограммированы через набор регистров управления:

- DMA2D регистр адреса памяти переднего плана (DMA2D_FGMAR)
- регистр смещения переднего плана DMA2D (DMA2D_FGOR)
- DMA2D адрес регистра памяти (DMA2D_BGMAR)
- регистр смещения фона DMA2D (DMA2D_BGBOR)
- DMA2D число регистров строк (количество строк и пикселей на строки) (DMA2D_NLR)

Когда DMA2D работает в режиме регистр в память, ни один из FIFO не активируется.

Когда DMA2D работает в режиме памяти в память (без преобразования формата пикселя или операции смешивания), активируется только FG FIFO и действует как буфер.

Когда DMA2D работает в операции памяти с памятью с преобразованием формата пикселя (без операции смешивания), BG FIFO не активируется.

11.3.4. Преобразователь формата переднего и заднего пикселов DMA2D (PFC)

Преобразователь формата пикселя формата DMA2D (PFC) и конвертер формата фонового пикселя выполняют преобразование формата пикселей для генерации 32-разрядного значения на пиксель. PFC также может изменять альфа-канал.

Первый этап конвертера преобразует формат цвета. Исходный цветной формат пикселей пикселя переднего плана и фонового изображения настраивается через биты CM [3: 0] DMA2D_FGPFCCR и DMA2D_BGPFCCR соответственно.

Поддерживаемые форматы ввода приведены в таблице 52: Поддерживаемый цветной режим ввода

Таблица 52. Поддерживаемый цветной режим ввода

CM[3:0]	Color mode	CM[3:0]	Color mode
0000	ARGB8888	0110	AL44
0001	RGB888	0111	AL88
0010	RGB565	1000	L4
0011	ARGB1555	1001	A8
0100	ARGB4444	1010	A4
0101	L8		

Формат цвета кодируется следующим образом:

- Поле значений альфа: прозрачность

Значение 0xFF соответствует непрозрачному пикселю и 0x00 - прозрачному.

- Поле R для красного
- Поле G для зеленого
- Поле B для синего
- L поле: яркость

Это поле является индексом для CLUT для извлечения трех / четырех компонентов RGB / ARGB.

Если исходный формат был прямым цветовым режимом, расширение до 8 бит на канал выполняется путем копирования MSB в LSB. Это обеспечивает идеальную линейность преобразования.

Если исходный формат не содержит альфа-канал, значение альфа автоматически устанавливается на 0xFF (непрозрачный).

Если исходный формат является косвенным цветовым режимом, требуется CLUT, и каждый конвертер формата пикселей связан с 256-битным 32-разрядным CLUT.

Для конкретных альфа-режимов A4 и A8 информация о цвете не сохраняется и не индексируется. Цвет, который будет использоваться для генерации изображения, является фиксированным и определяется в DMA2D_FGCOLR для пикселей переднего плана и в регистре DMA2D_BGCOLR для фоновых пикселей.

Порядок полей в системной памяти определяется в таблице 53: порядок данных в памяти

Table 53. Data order in memory

Color Mode	@ + 3	@ + 2	@ + 1	@ + 0
ARGB8888	$A_0[7:0]$	$R_0[7:0]$	$G_0[7:0]$	$B_0[7:0]$
RGB888	$B_1[7:0]$	$R_0[7:0]$	$G_0[7:0]$	$B_0[7:0]$
	$G_2[7:0]$	$B_2[7:0]$	$R_1[7:0]$	$G_1[7:0]$
	$R_3[7:0]$	$G_3[7:0]$	$B_3[7:0]$	$R_2[7:0]$
RGB565	$R_1[4:0]G_1[5:3]$	$G_1[2:0]B_1[4:0]$	$R_0[4:0]G_0[5:3]$	$G_0[2:0]B_0[4:0]$
ARGB1555	$A_1[0]R_1[4:0]G_1[4:3]$	$G_1[2:0]B_1[4:0]$	$A_0[0]R_0[4:0]G_0[4:3]$	$G_0[2:0]B_0[4:0]$
ARGB4444	$A_1[3:0]R_1[3:0]$	$G_1[3:0]B_1[3:0]$	$A_0[3:0]R_0[3:0]$	$G_0[3:0]B_0[3:0]$
L8	$L_3[7:0]$	$L_2[7:0]$	$L_1[7:0]$	$L_0[7:0]$
AL44	$A_3[3:0]L_3[3:0]$	$A_2[3:0]L_2[3:0]$	$A_1[3:0]L_1[3:0]$	$A_0[3:0]L_0[3:0]$
AL88	$A_1[7:0]$	$L_1[7:0]$	$A_0[7:0]$	$L_0[7:0]$
L4	$L_7[3:0]L_6[3:0]$	$L_5[3:0]L_4[3:0]$	$L_3[3:0]L_2[3:0]$	$L_1[3:0]L_0[3:0]$
A8	$A_3[7:0]$	$A_2[7:0]$	$A_1[7:0]$	$A_0[7:0]$
A4	$A_7[3:0]A_6[3:0]$	$A_5[3:0]A_4[3:0]$	$A_3[3:0]A_2[3:0]$	$A_1[3:0]A_0[3:0]$

24-разрядный RGB888, выровненный по 32-битным, поддерживается в режиме ARGB8888.

После генерирования 32-битного значения альфа-канал может быть изменен в соответствии с полем AM [1: 0] регистров DMA2D_FGPFCCR / DMA2D_BGPFCCR, как показано в таблице 54: Конфигурация альфа-режима.

Альфа-канал может быть:

• хранится как есть (без изменений),

• заменяется значением ALPHA [7: 0] DMA2D_FGPFCCR / DMA2D_BGPFCCR,

• или заменить на исходное альфа-значение, умноженное на значение ALPHA [7: 0] DMA2D_FGPFCCR / DMA2D_BGPFCCR, деленное на 255.

Table 54. Alpha mode configuration

AM[1:0]	Alpha mode
00	No modification
01	Replaced by value in DMA2D_xxPFCCR
10	Replaced by original value multiplied by the value in DMA2D_xxPFCCR / 255
11	Reserved

11.3.5 DMA2D переднего и заднего плана интерфейса CLUT

Интерфейс CLUT управляет доступом к памяти CLUT и автоматической загрузкой CLUT.

Возможны три вида доступа:

- CLUT, считываемый PFC во время операции преобразования формата пикселя

- CLUT, доступ к которому осуществляется через подчиненный порт AHB, когда CPU считывает или записывает данные в CLUT

- CLUT, записанный через главный порт AHB, когда выполняется автоматическая загрузка CLUT

Загрузка памяти CLUT может выполняться двумя способами:

- Автоматическая загрузка

Для загрузки CLUT необходимо следовать следующей последовательности:

a) Запрограммируйте адрес CLUT в регистр DMA2D_FGCMAR (переднего плана CLUT) или DMA2D_BGCMAR (фоновый CLUT)

b) Запрограммируйте размер CLUT в поле CS [7: 0] регистра DMA2D_FGPFCCR (переднего плана CLUT) или DMA2D_BGPFCCR (фоновый CLUT).

c) Установите бит START из регистра DMA2D_FGPFCCR (переднего плана CLUT) или DMA2D_BGPFCCR (фоновый CLUT), чтобы начать передачу. Во время этого процесса автоматической загрузки CLUT недоступен CPU. Если возникает конфликт, прерывание с ошибкой доступа CLUT увеличивается, если CAEIE устанавливается в «1» в DMA2D_CR.

- Ручная загрузка

Приложение должно запрограммировать CLUT вручную через подчиненный порт DMA2D AHB, на который сопоставляется локальная память CLUT. Передняя панель CLUT расположена с смещением адреса 0x0400 и фоном CLUT с смещением адреса 0x0800.

Формат CLUT может быть 24 или 32 бита. Он сконфигурирован через бит CCM регистра DMA2D_FGPFCCR (переднего плана CLUT) или DMA2D_BGPFCCR (фоновый CLUT), как показано в таблице 55: Поддерживаемый режим цветного CLUT.

Table 55. Supported CLUT color mode

CCM	CLUT color mode
0	32-bit ARGB8888
1	24-bit RGB888

Способ, которым данные CLUT организованы в системной памяти, указан в таблице 56: порядок данных CLUT в памяти.

Table 56. CLUT data order in memory

CLUT Color Mode	@ + 3	@ + 2	@ + 1	@ + 0
ARGB8888	$A_0[7:0]$	$R_0[7:0]$	$G_0[7:0]$	$B_0[7:0]$
RGB888	$B_1[7:0]$	$R_0[7:0]$	$G_0[7:0]$	$B_0[7:0]$
	$G_2[7:0]$	$B_2[7:0]$	$R_1[7:0]$	$G_1[7:0]$
	$R_3[7:0]$	$G_3[7:0]$	$B_3[7:0]$	$R_2[7:0]$

11.3.6 DMA2D blender (Блендер DMA2D)

Блендер DMA2D смешивает исходные пиксели по паре для вычисления полученного пикселя.

Смешивание выполняется в соответствии со следующим уравнением:

Разделение округлено до ближайшего нижнего целого

$$\text{with } \alpha_{Mult} = \frac{\alpha_{FG} \cdot \alpha_{BG}}{255}$$

$$\alpha_{OUT} = \alpha_{FG} + \alpha_{BG} - \alpha_{Mult}$$

$$C_{OUT} = \frac{C_{FG}.\alpha_{FG} + C_{BG}.\alpha_{BG} - C_{BG}.\alpha_{Mult}}{\alpha_{OUT}} \quad \text{with C = R or G or B}$$

Блендер не требует регистрации конфигурации. Использование блендера зависит от режима работы DMA2D, определенного в поле MODE [1: 0] регистра DMA2D_CR.

11.3.7 Выход DMA2D PFC

Выходной PFC выполняет преобразование формата пикселя из 32 бит в выходной формат, определенный в поле CM [2: 0] в регистре конфигурации преобразователя формата выходного пикселя DMA2D (DMA2D_OPFCCR).

Поддерживаемые форматы вывода приведены в таблице 57: Поддерживаемый цветовой режим на выходе

11.3.8 Выход DMA2D FIFO

Выходной FIFO программирует пиксели в соответствии с цветовым форматом, определенным в выходном PFC.

Table 57. Supported color mode in output

CM[2:0]	Color mode
000	ARGB8888
001	RGB888
010	RGB565
011	ARGB1555
100	ARGB4444

Область назначения определяется с помощью набора регистров управления:

- DMA2D адрес адресной ячейки памяти (DMA2D_OMAR)
- регистр смещения выходного сигнала DMA2D (DMA2D_OOR)
- DMA2D число регистров строк (количество строк и пикселей на строки) (DMA2D_NLR)

Если DMA2D работает в режиме «запись в память», сконфигурированный выходной прямоугольник заполняется цветом, указанным в цветовом регистре DMA2D (DMA2D_OCOLR), который содержит фиксированное 32-битное, 24-битное или 16-битное значение. Формат выбирается полем CM [2: 0] регистра DMA2D_OPFCCR.

Данные хранятся в памяти в порядке, указанном в таблице 58: порядок данных в памяти RGB888, выровненный по 32-бит, поддерживается в режиме ARGB8888.

Table 58. Data order in memory

Color Mode	@ + 3	@ + 2	@ + 1	@ + 0
ARGB8888	A_0[7:0]	R_0[7:0]	G_0[7:0]	B_0[7:0]
RGB888	B_1[7:0]	R_0[7:0]	G_0[7:0]	B_0[7:0]
	G_2[7:0]	B_2[7:0]	R_1[7:0]	G_1[7:0]
	R_3[7:0]	G_3[7:0]	B_3[7:0]	R_2[7:0]
RGB565	R_1[4:0]G_1[5:3]	G_1[2:0]B_1[4:0]	R_0[4:0]G_0[5:3]	G_0[2:0]B_0[4:0]
ARGB1555	A_1[0]R_1[4:0]G_1[4:3]	G_1[2:0]B_1[4:0]	A_0[0]R_0[4:0]G_0[4:3]	G_0[2:0]B_0[4:0]
ARGB4444	A_1[3:0]R_1[3:0]	G_1[3:0]B_1[3:0]	A_0[3:0]R_0[3:0]	G_0[3:0]B_0[3:0]

11.3.9 Таймер главного порта AHB DMA2D

8-разрядный таймер встроен в главный порт AHB, чтобы обеспечить дополнительное ограничение полосы пропускания на перекладине.

Этот таймер синхронизируется с помощью часов AHB и подсчитывает мертвое время между двумя последовательными обращениями. Это ограничивает использование полосы пропускания.

Время включения таймера и значение мертвого времени настраиваются через регистр конфигурации таймера главного порта AHB (DMA2D_AMPTCR).

11.3.10. Операции DMA2D

Операции DMA2D состоят из последовательности заданного количества передач данных. Программное обеспечение может запрограммировать количество данных и ширину.

Каждая передача данных DMA2D состоит из 4 шагов:

1. Загрузка данных из ячейки памяти, на которую указывает регистр DMA2D_FGMAR и преобразование формата пикселя, как определено в DMA2D_FGCR.

2. Загрузка данных из ячейки памяти, указанной регистром DMA2D_BGMAR и преобразованием формата пикселя, как определено в DMA2D_BGCR.

3. Смешение всех выбранных пикселей в соответствии с альфа-каналами, возникающими в результате операции PFC по альфа-значениям.

4. Преобразование формата пикселей результирующих пикселей в соответствии с регистром DMA2D_OCR и программирование данных в ячейке памяти, адресованной регистру DMA2D_OMAR.

11.3.11 Конфигурация DMA2D

Передача данных источника и получателя может ориентироваться на периферийные устройства и память во всей области памяти 4 Гбайта с адресами в диапазоне от 0x00000000 до 0xFFFF FFFF.

DMA2D может работать в любом из четырех следующих режимов, выбранных через бит MODE [1: 0] регистра DMA2D_CR:

- Рагистр-память
- Память-память
- Память-память с PFC
- Память-память с PFC и смешиванием

Регистр-память

Режим register-to-memory используется для заполнения определенной пользователем области с предопределенным цветом.

Формат цвета задается в DMA2D_OPFCCR.

DMA2D не выполняет выборку данных из любого источника. Он просто записывает цвет, определенный в регистре DMA2D_OCOLR, в область, расположенную по адресу, указанному DMA2D_OMAR и определенному в DMA2D_NLR и DMA2D_OOR.

Память-память

В режиме памяти в память DMA2D не выполняет преобразования графических данных. Входной FIFO переднего плана действует как буфер, и данные передаются из ячейки памяти источника, определенной в DMA2D_FGMAR, в ячейку памяти назначения, указанную DMA2D_OMAR.

Цветовой режим, запрограммированный в битах CM [3: 0] регистра DMA2D_FGPFCCR, определяет количество бит на пиксель для входа и выхода.

Размер передаваемой области определяется регистрами DMA2D_NLR и DMA2D_FGOR для источника, а также регистрами DMA2D_NLR и DMA2D_OOR для адресата.

Память к памяти с PFC

В этом режиме DMA2D выполняет преобразование исходных данных в пиксельном формате и сохраняет их в местоположении памяти назначения.

Размер передаваемых областей определяется регистрами DMA2D_NLR и DMA2D_FGOR для источника, а также регистрами DMA2D_NLR и DMA2D_OOR для адресата.

Данные извлекаются из местоположения, определенного в регистре DMA2D_FGMAR, и обрабатываются PFC переднего плана. Формат исходного пикселя настраивается через регистр DMA2D_FGPFCCR.

Если исходный формат пикселей является прямым цветовым режимом, тогда цветовые каналы будут расширены до 8 бит.

Если формат пикселей является косвенным цветовым режимом, связанный CLUT должен быть загружен в память CLUT.

Загрузка CLUT может выполняться автоматически, следуя приведенной ниже последовательности:

1. Установите адрес CLUT в DMA2D_FGCMAR.

2. Задайте размер CLUT в битах CS [7: 0] регистра DMA2D_FGPFCCR.

3. Установите формат CLUT (24 или 32 бита) в бит CCM регистра DMA2D_FGPFCCR.

4. Запустите загрузку CLUT, установив бит START регистра DMA2D_FGPFCCR.

Как только загрузка CLUT завершена, флаг CTCIF регистра DMA2D_IFR повышается, и прерывание генерируется, если бит CTCIE установлен в DMA2D_CR. Автоматический процесс загрузки CLUT не может работать параллельно с классическими передачами DMA2D.

CLUT также может быть заполнен процессором или любым другим мастером через порт APB. Доступ к CLUT невозможен, когда передача DMA2D продолжается, и использует CLUT (косвенный цветной формат).

Параллельно с процессом преобразования цвета альфа-значение может быть добавлено или изменено в зависимости от значения, запрограммированного в регистре DMA2D_FGPFCCR. Если исходное изображение не имеет альфа-канала, для получения полностью непрозрачного пикселя автоматически добавляется альфа-значение по умолчанию 0xFF. Значение альфа может быть изменено в соответствии с битами AM [1: 0] регистра DMA2D_FGPFCCR:

- Оно может быть неизменным.

- Его можно заменить значением, определенным в значении ALPHA [7: 0] регистра DMA2D_FGPFCCR.

- Его можно заменить на исходное значение, умноженное на значение ALPHA [7: 0]

DMA2D_FGPFCCR, деленный на 255.

Полученные 32-битные данные кодируются OUT PFC в формате, заданном полем CM [2: 0] регистра DMA2D_OPFCCR. Формат выходного пикселя не может быть косвенным режимом, так как не поддерживается процесс генерации CLUT.

Обработанные данные записываются в место назначения памяти, указанное DMA2D_OMAR.

Память к памяти с PFC и смешиванием

В этом режиме на исходном FIFO и фоновом FIFO извлекаются 2 источника из мест памяти, определенных DMA2D_FGMAR и DMA2D_BGMAR.

Преобразователи формата двух пикселей должны быть сконфигурированы так, как описано в режиме памяти. Их конфигурации могут быть разными, поскольку каждый конвертер формата пикселей независим и имеет собственную память CLUT.

Как только каждый пиксель был преобразован в 32 бита их соответствующими ПФУ, они смешиваются в соответствии с приведенным ниже уравнением:

$$\text{with } \alpha_{Mult} = \frac{\alpha_{FG} \cdot \alpha_{BG}}{255}$$

$$\alpha_{OUT} = \alpha_{FG} + \alpha_{BG} - \alpha_{Mult}$$

$$C_{OUT} = \frac{C_{FG} \cdot \alpha_{FG} + C_{BG} \cdot \alpha_{BG} - C_{BG} \cdot \alpha_{Mult}}{\alpha_{OUT}} \quad \text{with C = R or G or B}$$

Деление округлено до ближайшего нижнего целого

Полученное 32-разрядное значение пикселя кодируется выходным PFC в соответствии с заданным выходным форматом, и данные записываются в место назначения памяти, указанное DMA2D_OMAR.

Обнаружение ошибок конфигурации

DMA2D проверяет правильность конфигурации перед любой передачей. Флаг прерывания ошибки конфигурации устанавливается аппаратным обеспечением при обнаружении неправильной конфигурации при запуске новой передачи / автоматической загрузки. Затем генерируется прерывание, если установлен бит CEIE для DMA2D_CR.

Неправильные конфигурации, которые могут быть обнаружены, перечислены ниже:

- Автоматическая загрузка переднего плана CLUT: бит MA DMA2D_FGCMAR не согласован с CCM DMA2D_FGPFCCR.
- Фоновая автоматическая загрузка CLUT: MA DMA2D_BGCMAR не согласована с CCM DMA2D_BGPFCCR
- Передача памяти (за исключением режима регистрации в память): MA DMA2D_FGMAR не согласован с CM DMA2D_FGPFCCR
- Передача памяти (за исключением режима «запись в память»): CM в DMA2D_FGPFCCR недействительны
- Передача памяти (за исключением режима регистрации в память): биты PL из DMA2D_NLR нечетные, а CM из DMA2D_FGPFCCR - A4 или L4
- Перенос памяти (кроме режима регистрации в память): бит LO в DMA2D_FGOR нечетный, а CM из DMA2D_FGPFCCR - A4 или L4
- Передача памяти (только в режиме смешивания): бит MA в DMA2D_BGMAR не выровнены с CM DMA2D_BGPFCCR
- Передача памяти: CM из DMA2D_BGPFCCR недействителен (только в режиме смешивания)
- Передача памяти (только в режиме смешивания): биты PL из DMA2D_NLR нечетные, а CM из DMA2D_BGPFCCR - A4 или L4
- Передача памяти (только в режиме смешивания): LO бит DMA2D_BGOR нечетные, а CM DMA2D_BGPFCCR - A4 или L4
- Передача памяти (за исключением режима памяти в память): бит MA в DMA2D_OMAR не согласованы с битами CM в DMA2D_OPFCCR.

- Передача памяти (за исключением режима памяти в память): бит CM в DMA2D_OPFCCR недействителен

- Передача памяти: бит NL в DMA2D_NLR = 0

- Передача памяти: бит PL в DMA2D_NLR = 0

11.3.12 Управление передачей DMA2D (запуск, приостановка, прерывание и завершение)

Как только DMA2D настроен, передачу можно запустить, установив бит START из регистра DMA2D_CR. Как только передача завершена, бит START автоматически сбрасывается, и флаг TCIF регистра DMA2D_ISR поднимается. Прерывание может быть сгенерировано, если установлен бит TCIE для DMA2D_CR.

Пользовательское приложение может приостановить DMA2D в любое время, установив бит SUSP регистра DMA2D_CR. Затем транзакция может быть прервана путем установки бита ABORT регистра DMA2D_CR или может быть перезапущена путем сброса бит SUSP регистра DMA2D_CR.

Пользовательское приложение может в любой момент прервать текущую транзакцию, установив бит ABORT регистра DMA2D_CR. В этом случае флаг TCIF не поднимается.

Автоматическая передача CLUT также может быть прервана или приостановлена с помощью бит ABORT или SUSP регистра DMA2D_CR.

11.3.13 Watermark (Водяной знак, отметка уровня воды)

Водяной знак можно запрограммировать для генерации прерывания, когда последний пиксель данной строки был записан в область памяти назначения.

Номер строки определяется в поле LW [15: 0] регистра DMA2D_LWR.

Когда последний пиксель этой строки был передан, флаг TWIF регистра DMA2D_ISR поднимается и прерывание генерируется, если установлен бит TWIE из DMA2D_CR.

11.3.14 Управление ошибками

Можно вызвать два типа ошибок:

- Ошибки мастер-порта AHB, сигнализируемые флагом TEIF регистра DMA2D_ISR.

- Конфликты, вызванные доступом CLUT (CPU, пытающийся получить доступ к CLUT при загрузке CLUT или передаче DMA2D), сигнализируемый флагом CAEIF регистра DMA2D_ISR.

Оба флага связаны со своим собственным флажком разрешения прерываний в регистре DMA2D_CR для генерации прерывания, если это необходимо (TEIE и CAEIE).

11.3.15 AHB мертвое время

Чтобы ограничить использование полосы пропускания AHB, можно запрограммировать мертвое время между двумя последовательными обращениями AHB.

Эту функцию можно включить, установив бит EN в регистр DMA2D_AMTCR.

Значение мертвого времени сохраняется в поле DT [7: 0] регистра DMA2D_AMTCR. Это значение представляет собой гарантированное минимальное количество циклов между двумя последовательными транзакциями на шине AHB.

Обновление следующего значения времени при работе DMA2D будет учтено для следующей передачи AHB.

11.4 Прерывания DMA2D

Прерывание может быть сгенерировано при следующих событиях:

- Ошибка конфигурации
- Передача CLUT завершена
- Ошибка доступа CLUT
- Достигнут перенос водяного знака
- Передача завершена
- Ошибка передачи

Для гибкости доступны отдельные бит разрешения прерывания.

Table 59. DMA2D interrupt requests

Interrupt event	Event flag	Enable control bit
Configuration error	CEIF	CEIE
CLUT transfer complete	CTCIF	CTCIE

Table 59. DMA2D interrupt requests (continued)

Interrupt event	Event flag	Enable control bit
CLUT access error	CAEIF	CAEIE
Transfer watermark	TWF	TWIE
Transfer complete	TCIF	TCIE
Transfer error	TEIF	TEIE

11.5 Регистры DMA2D

11.5.1 Регистр управления DMA2D (DMA2D_CR)

Address offset: 0x0000
Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved														MODE	

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Reserved		CEIE	CTCIE	CAEIE	TWIE	TCIE	TEIE	Reserved					ABORT	SUSP	START
		rw	rw	rw	rw	rw	rw						rs	rw	rs

Биты 31:18 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса

Биты 17:16 **MODE**: режим DMA2D

Этот бит устанавливается и очищается программным обеспечением. Он не может быть изменен, пока передача продолжается.

00: из памяти в памяти (только для FG)

01: из памяти в память с PFC (FG только для FG PFC)

10: из памяти в память с смешиванием (FG и BG fetch с PFC и смешиванием)

11: из регистра в память (без FG или BG, только активный выход)

Биты 15:14 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса

Бит 13 **CEIE**: включение прерывания ошибки конфигурации

Этот бит устанавливается и очищается программным обеспечением.

0: отключить прерывание CE

1: разрешить прерывания CE

Бит 12 **CTCIE**: включение полного прерывания передачи CLUT

Этот бит устанавливается и очищается программным обеспечением.

0: отключить прерывание CTC

1: разрешить прерывания CTC

Бит 11 **CAEIE**: разрешение прерывания доступа к CLUT

Этот бит устанавливается и очищается программным обеспечением.

0: отключить прерывания CAE

1: разрешить прерывания CAE

Бит 10 **TWIE**: Разрешение прерывания переноса водяного знака

Этот бит устанавливается и очищается программным обеспечением.

0: отключить прерывание TW

1: разрешить прерывания TW

Бит 9 **TCIE**: передача полного прерывания

Этот бит устанавливается и очищается программным обеспечением.

0: отключить прерывания TC

1: разрешить прерывания TC

Бит 8 **TEIE**: Разрешение прерывания передачи ошибок

Этот бит устанавливается и очищается программным обеспечением.

0: отключить прерывания TE

1: разрешить прерывания TE

Биты 7: 3 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса

Бит 2 **ABORT**: Прервать

Этот бит может использоваться для отмены текущей передачи. Этот бит устанавливается программным обеспечением и автоматически перезагружается аппаратным обеспечением, когда бит START сбрасывается.

0: передача не требуется.

1: Запрос на отмену передачи

Бит 1 **SUSP**: Приостановить

Этот бит может использоваться для приостановки текущей передачи. Этот бит устанавливается и сбрасывается программным обеспечением. Он автоматически сбрасывается аппаратными средствами, когда бит START сбрасывается.

0: передача не приостановлена

1: передача приостановлена

Бит 0 **START**: начало

Этот бит может использоваться для запуска DMA2D в соответствии с параметрами, загружаемыми в различные регистры конфигурации. Этот бит автоматически восстанавливается следующими событиями:

- В конце передачи
- Когда передача данных прерывается пользовательским приложением, установив бит ABORT в DMA2D_CR
- При возникновении ошибки передачи данных
- Когда передача данных не началась из-за ошибки конфигурации или другой текущей операции переноса (автоматическая загрузка CLUT).

11.5.2 Регистр статуса прерываний DMA2D (DMA2D_ISR)

Address offset: 0x0004

Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved															
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Reserved										CEIF	CTCIF	CAEIF	TWIF	TCIF	TEIF
										r	r	r	r	r	r

Биты 31: 6 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса

Бит 5 **CEIF**: флаг прерывания ошибки конфигурации

Этот бит устанавливается, когда бит START DMA2D_CR, DMA2D FGPFCCR или DMA2D_BGPFCCR установлен, и была запрограммирована неправильная конфигурация.

Бит 4 **CTCIF**: флаг прерывания передачи CLUT

Этот бит устанавливается, когда копия CLUT из области системной памяти во внутреннюю память DMA2D завершена.

Бит 3 **CAEIF**: флаг прерывания доступа к CLUT

Этот бит устанавливается, когда CPU обращается к CLUT, когда CLUT автоматически копируется из системной памяти во внутренний DMA2D.

Бит 2 **TWIF**: флаг прерывания водяного знака

Этот бит устанавливается, когда последний пиксель линии с водяными знаками передан.

Бит 1 **TCIF**: флаг прерывания окончания полной передачи.

Этот бит устанавливается, когда операция передачи DMA2D завершена (только передача данных).

Бит 0 **TEIF**: флаг прерывания ошибки передачи

Этот бит устанавливается, когда возникает ошибка во время передачи DMA (передача данных или автоматическая загрузка CLUT).

11.5.3 Регистр сброса флагов прерываний DMA2D (DMA2D_IFCR)

Address offset: 0x0008
Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved															

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Reserved										CCEIF	CCTCIF	CAECIF	CTWIF	CTCIF	CTEIF
										rc_w1	rc_w1	rc_w1	rc_w1	rc_w1	rc_w1

Биты 31: 6 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса
Бит 5 **CCEIF**: сбросить флаг прерывания ошибки конфигурации
Программирование этого бита до 1 очищает флаг CEIF в регистре DMA2D_ISR
Бит 4 **CCTCIF**: очистить флаг прерывания передачи CLUT
Программирование этого бита до 1 очищает флаг CTCIF в регистре DMA2D_ISR
Бит 3 **CAECIF**: очистить флаг прерывания доступа CLUT
Программирование этого бита до 1 очищает флаг CAEIF в регистре DMA2D_ISR
Бит 2 **CTWIF**: очистить флаг прерывания водяного знака переноса
Программирование этого бита до 1 очищает флаг TWIF в регистре DMA2D_ISR
Бит 1 **CTCIF**: очистить флаг полного прерывания передачи
Программирование этого бита до 1 удаляет флаг TCIF в регистре DMA2D_ISR
Бит 0 **CTEIF**: очистить флаг прерывания ошибки передачи
Программирование этого бита до 1 очищает флаг TEIF в регистре DMA2D_ISR

11.5.4 Регистр адреса памяти переднего плана DMA2D (DMA2D_FGMAR)

Address offset: 0x000C
Reset value: 0x0000 0000

Биты 31: 0 **MA** [31: 0]: адрес памяти

Адрес данных, используемых для изображения переднего плана. Этот регистр может быть записан только при отключении передачи данных. После того, как передача данных началась, этот регистр доступен только для чтения.

Выравнивание адреса должно соответствовать выбранному формату изображения, например. формат 32-бит на пиксель должен быть выровнен по 32 бита, формат 16 бит на пиксель должен быть согласован с 16 битами, а формат 4-бит на пиксель должен быть 8-битным.

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
MA[31:16]															
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
MA[15:0]															
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

11.5.5 Регистр смещения переднего плана DMA2D (DMA2D_FGOR)

Address offset: 0x0010
Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved															
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Reserved		LO[13:0]													
		rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Биты 31:14 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса
Биты 13: 0 **LO** [13: 0]: смещение линии

Смещение линии, используемое для переднего плана, выраженное в пикселях. Это значение используется для генерации адреса. Он добавляется в конце каждой строки, чтобы определить начальный адрес следующей строки.

Эти биты могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача данных началась, они становятся доступными только для чтения.

Если формат изображения составляет 4 бит на пиксель, смещение линии должно быть четным.

11.5.6 Регистр адреса памяти заднего плана DMA2D (DMA2D_BGMAR)

Address offset: 0x0014
Reset value: 0x0000 0000

11.5.7 Регистр смещения переднего плана DMA2D (DMA2D_BGOR)

Address offset: 0x0018
Reset value: 0x0000 0000

См. Аналогичные ргистры переднего плана

11.5.8 Регистр управления PFC переднго плана DMA2D (DMA2D_FGPFCCR)

Address offset: 0x001C
Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
ALPHA[7:0]								Reserved						AM[1:0]	
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw							rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
CS[7:0]								Reserved		START	CCM	CM[3:0]			
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw			rs	rw	rw	rw	rw	rw

Биты 31:24 **ALPHA** [7: 0]: Значение ALPHA

Эти биты определяют фиксированное значение альфа-канала, которое может заменить исходное альфа-значение или быть умножено на исходное альфа-значение в соответствии с альфа-режимом, выбранным через биты AM [1: 0].

Эти биты могут быть записаны только при отключенной передачи данных. Как только передача началась, они становятся доступными только для чтения.

Биты 23:18 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса

Биты 17:16 **AM** [1: 0]: Режим ALPHA

Эти биты выбирают значение альфа-канала, которое будет использоваться для изображения переднего плана. Они могут быть только записаны только при отключенной передачи данных. Как только передача началась они становятся доступными только для чтения.

00: изменение значения альфа-канала изображения переднего плана

01: Заменить исходное значение альфа-канала изображения переднего плана ALPHA [7: 0]

10: Замените оригинальное значение альфа-канала изображения переднего плана ALPHA [7: 0], умноженное на исходное значение альфа-канала. Другие конфигурации не имеют смысла

Биты 15: 8 **CS** [7: 0]: размер CLUT

Эти биты определяют размер CLUT, используемый для изображения переднего плана. После переноса CLUT это поле доступно только для чтения.

Количество записей CLUT равно CS [7: 0] + 1.

Биты 7: 6 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса

Бит 5 **START**: Начало

Этот бит может быть установлен для запуска автоматической загрузки CLUT. Он автоматически перезагружается:

- в конце передачи
- когда передача прерывается пользовательским приложением, установив бит ABORT в DMA2D_CR
- при возникновении ошибки передачи
- когда передача не началась из-за ошибки конфигурации или еще одной текущей операции передачи (передача данных или автоматическая передача CLET фона).

Бит 4 **CCM**: цветной режим CLUT

Этот бит определяет цветовой формат CLUT. Он может быть записан только при отключении передачи. Как только передача CLUT запущена, этот бит доступен только для чтения.

0: ARGB8888

1: RGB888

другие: бессмысленные

Биты 3: 0 **CM** [3: 0]: Цветовой режим

Эти биты определяют формат изображения переднего плана. Они могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

0000: ARGB8888

0001: RGB888

0010: RGB565

0011: ARGB1555

0100: ARGB4444

0101: L8

0110: AL44

0111: AL88

1000: L4

1001: A8

1010: A4

другие: бессмысленные

11.5.9 Регистр цвета переднего плана DMA2D (DMA2D_FGCOLR)

Address offset: 0x0020

Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved								RED[7:0]							
								rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
GREEN[7:0]								BLUE[7:0]							
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Биты 31:24 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса

Биты 23:16 **RED** [7: 0]: красный цвет

Эти биты определяют красное значение для режима A4 или A8 переднего плана. Они могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

Биты 15: 8 **GREEN** [7: 0]: Зеленый цвет

Эти биты определяют зеленое значение для режима A4 или A8 переднего плана. Они могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

Биты 7: 0 **BLUE** [7: 0]: синий цвет

Эти биты определяют синее значение для режима A4 или A8 переднего плана. Они могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

11.5.10 Регистр управления PFC заднего плана DMA2D (DMA2D_BGPFCCR)

Address offset: 0x0024
Reset value: 0x0000 0000

11.5.11 Регистр цвета заднего плана DMA2D (DMA2D_BGCOLR)

Address offset: 0x0028
Reset value: 0x0000 0000

См. Аналогичные ргистры переднего плана

11.5.12 Регистр адреса памяти CLUT переднего плана DMA2D (DMA2D_FGCMAR)

Address offset: 0x002C

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
MA[31:16]															
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
MA[15:0]															
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Reset value: 0x0000 0000

Биты 31: 0 **MA** [31: 0]: Адрес памяти

Адрес данных, используемых для адреса CLUT, используемой для переднего изображения. Этот регистр может быть записан только в том случае, если передача не выполняется. После переноса CLUT этот регистр доступен только для чтения.

Если формат CLUT переднего плана 32-разрядный, адрес должен быть 32-битным.

11.5.13 Регистр адреса памяти CLUT заднего плана DMA2D (DMA2D_BGCMAR)

Address offset: 0x0030
Reset value: 0x0000 0000

См. Аналогичный ргистр переднего плана

11.5.14 Регистр управления выхода PFC DMA2D (DMA2D_OPFCCR)

Address offset: 0x0034
Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved															
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Reserved													CM[2:0]		
													rw	rw	rw

Биты 31: 3 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса
Биты 2: 0 **CM** [2: 0]: Цветовой режим
Эти биты определяют формат изображения выходного изображения. Эти биты могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.
000: ARGB8888
001: RGB888
010: RGB565
011: ARGB1555
100: ARGB4444
другие: бессмысленные

11.5.15 Регистр выходного цвета DMA2D (DMA2D_OCOLR)

Address offset: 0x0038
Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
ALPHA[7:0]								RED[7:0]							
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
GREEN[7:0]								BLUE[7:0]							
RED[4:0]				GREEN[5:0]				BLUE[4:0]							
A	RED[4:0]				GREEN[4:0]			BLUE[4:0]							
ALPHA[3:0]				RED[3:0]				GREEN[3:0]				BLUE[3:0]			
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Биты 31:24 **ALPHA** [7: 0]: значение альфа-канала
Эти биты определяют альфа-канал выходного цвета. Эти биты могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.
Биты 23:16 **RED** [7: 0]: красный цвет
Эти биты определяют красное значение выходного изображения. Эти биты могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

Биты 15: 8 **GREEN** [7: 0]: зеленый цвет

Эти биты определяют зеленое значение выходного изображения. Эти биты могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

Биты 7: 0 **BLUE** [7: 0]: синий цвет

Эти биты определяют синее значение выходного изображения. Эти биты могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

11.5.16 Регистр адреса памяти выхода DMA2D (DMA2D_OMAR)

Address offset: 0x003C

Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
MA[31:16]															
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
MA[15:0]															
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Биты 31: 0 **MA** [31: 0]: адрес памяти

Адрес данных, используемых для выходного FIFO. Эти биты могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

Выравнивание адреса должно соответствовать выбранному формату изображения, например. формат 32-бит на пиксель должен быть 32-битным, а формат 16 бит на пиксель должен быть выровнен по 16 бит.

11.5.17 Регистр смещения выхода DMA2D (DMA2D_OOR)

Address offset: 0x0040

Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved															
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Reserved		LO[13:0]													
		rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Биты 31:14 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса

Биты 13: 0 **LO** [13: 0]: смещение линии

Смещение линии, используемое для вывода (выраженное в пикселях). Это значение используется для генерации адреса. Он добавляется в конце каждой строки, чтобы определить начальный адрес следующей строки. Эти биты могут быть за-

писаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

11.5.18 Регистр номера линии DMA2D (DMA2D_NLR)

Address offset: 0x0044
Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved		PL[13:0]													
		rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
NL[15:0]															
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Биты 31:30 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса

Биты 29:16 **PL** [13: 0]: пикселей на строку

Количество пикселей на строку передаваемой области. Эти биты могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

Если какой-либо формат входного изображения составляет 4 бит на пиксель, пиксель на строки должен быть четным.

Биты 15: 0 **NL** [15: 0]: количество строк

Количество строк передаваемой области. Эти биты могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

11.5.19 Регистр линии уровня DMA2D (DMA2D_LWR)

Address offset: 0x0048
Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved															
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
LW[15:0]															
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw

Биты 31:16 Зарезервировано, должно храниться при значении сброса

Биты 15: 0 **LW** [15: 0]: номер строки прерывания

Эти биты позволяют настроить определенную строку для генерации прерывания.

Прерывание возникает, когда последний пиксель указанной заранее линии передан.

Эти биты могут быть записаны только при отключении передачи данных. Как только передача началась, они доступны только для чтения.

11.5.20 Регистр конфигурации главного таймера DMA2D AHB (DMA2D_AMTCR)

Address offset: 0x004C
Reset value: 0x0000 0000

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Reserved															

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
DT[7:0]								Reserved							EN
rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw	rw								rw

Биты 31:16 Зарезервировано
Биты 15: 8 **DT** [7: 0]: Мертвое время
Мертвое время в цикле AHB, вставленном между двумя последовательными обращениями на главном порту AHB. Эти биты представляют собой минимальное гарантированное количество циклов между двумя последовательными обращениями AHB.
Биты 7: 1 Зарезервировано
Бит 0 **EN**: Включить
Позволяет использовать функцию «мертвого времени».

11.5.21 DMA2D регистрация карта

В следующей таблице представлены регистры DMA2D. См. Раздел 2.3: Карта памяти для базового адреса регистра DMA2D.

*Таблицу можно посмотреть самостоятельно стр. 369 в **RM0090** (Chrom-Art Accelerator™ controller (DMA2D))*

19 Универсальный драйвер HAL DMA2D

19.1 Драйвер прошивки DMA2D структуры регистров

19.1.1 DMA2D_ColorTypeDef

Поля данных

- uint32_t Синий
- uint32_t Зеленый
- uint32_t Красный

Описание полей

- **uint32_t DMA2D_ColorTypeDef :: Blue**

Настраивает синее значение. Этот параметр должен быть числом между Min_Data = 0x00 и Max_Data = 0xFF.

- **uint32_t DMA2D_ColorTypeDef :: Green**

Настраивает зеленое значение. Этот параметр должен быть числом между Min_Data = 0x00 и Max_Data = 0xFF.

- **uint32_t DMA2D_ColorTypeDef :: Red**

Настраивает красное значение. Этот параметр должен быть числом между Min_Data = 0x00 и Max_Data = 0xFF.

19.1.2 DMA2D_CLUTCfgTypeDef

Поля данных

- uint32_t * pCLUT
- uint32_t CLUTColorMode
- uint32_t Размер

Описание полей

- **uint32_t * DMA2D_CLUTCfgTypeDef :: pCLUT**

Настраивает адрес памяти DMA2D CLUT.

- **uint32_t DMA2D_CLUTCfgTypeDef :: CLUTColorMode**

Настраивает цветной режим DMA2D CLUT. Этот параметр может иметь одно значение DMA2D_CLUT_CM.

- **uint32_t DMA2D_CLUTCfgTypeDef :: :Size** (Размер)

Настраивает размер CLUT DMA2D. Этот параметр должен быть числом между Min_Data = 0x00 и Max_Data = 0xFF.

19.1.3 DMA2D_InitTypeDef

Поля данных

- uint32_t Режим
- uint32_t ColorMode
- uint32_t OutputOffset

Описание полей

- **uint32_t DMA2D_InitTypeDef :: Mode**

Настраивает режим передачи DMA2D. Этот параметр может иметь одно значение DMA2D_Mode.

• **uint32_t DMA2D_InitTypeDef :: ColorMode**

Настраивает цветной формат выходного изображения. Этот параметр может иметь одно значение DMA2D_Output_Color_Mode.

• **uint32_t DMA2D_InitTypeDef :: OutputOffset**

Задает значение смещения. Этот параметр должен быть числом между Min_Data = 0x0000 и Max_Data = 0x3FFF.

19.1.4 DMA2D_LayerCfgTypeDef

Поля данных

• uint32_t InputOffset
• uint32_t InputColorMode
• uint32_t AlphaMode
• uint32_t InputAlpha

Описание полей

• **uint32_t DMA2D_LayerCfgTypeDef :: InputOffset**

Настраивает смещение переднего плана или фонового смещения DMA2D. Этот параметр должен быть числом между Min_Data = 0x0000 и Max_Data = 0x3FFF.

• **uint32_t DMA2D_LayerCfgTypeDef :: InputColorMode**

Настраивает режим DMA2D переднего плана или фона. Этот параметр может иметь одно значение DMA2D_Input_Color_Mode.

• **uint32_t DMA2D_LayerCfgTypeDef :: AlphaMode**

Настраивает режим DMA2D переднего плана или фона. Этот параметр может иметь одно значение DMA2D_Alpha_Mode.

• **uint32_t DMA2D_LayerCfgTypeDef :: InputAlpha**

Задает значение переднего или заднего фона DMA2D и значение цвета в случае цветного режима A8 или A4. Этот параметр должен быть числом между Min_Data = 0x00 и Max_Data = 0xFF, за исключением цветовых режимов, подробно описанных ниже.

Примечание. В случае цветного режима A8 или A4 (ARGB) этот параметр должен быть числом между Min_Data = 0x00000000 и Max_Data = 0xFFFFFFFF

где InputAlpha [24:31] - альфа-значение ALPHA [0: 7]

InputAlpha [16:23] - красное значение RED [0: 7]

InputAlpha [8:15] - зеленое значение GREEN [0: 7]

InputAlpha [0: 7] - синее значение BLUE [0: 7].

19.1.5 __DMA2D_HandleTypeDef

Поля данных

• DMA2D_TypeDef * Экземпляр
• DMA2D_InitTypeDef Init
• void (* XferCpltCallback
• void (* XferErrorCallback
• DMA2D_LayerCfgTypeDef LayerCfg
• HAL_LockTypeDef Lock
• __IO HAL_DMA2D_StateTypeDef State
• __IO uint32_t ErrorCode

Описание полей

• **DMA2D_TypeDef * __DMA2D_HandleTypeDef :: Instance** (Пример)

Базовый адрес регистра регистра DMA2D.

• **DMA2D_InitTypeDef __DMA2D_HandleTypeDef :: Init** (В этом)

Параметры: связи DMA2D

• **void (* __DMA2D_HandleTypeDef :: XferCpltCallback) (struct __DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d) DMA2D** передает обратный вызов полной передачи.

• **void (* __DMA2D_HandleTypeDef :: XferErrorCallback) (struct __DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)** Обратный вызов ошибки передачи DMA2D.

• **DMA2D_LayerCfgTypeDef __DMA2D_HandleTypeDef :: LayerCfg [MAX_DMA2D_LAYER]** Параметры: слоя DMA2D.

• **HAL_LockTypeDef __DMA2D_HandleTypeDef :: Lock** блокировка DMA2D.

• **__IO HAL_DMA2D_StateTypeDef __DMA2D_HandleTypeDef :: State** Состояние передачи DMA2D

• **__IO uint32_t __DMA2D_HandleTypeDef :: ErrorCode** код ошибки DMA2D.

19.2 Описание API драйвера прошивки DMA2D

19.2.1 Как использовать этот драйвер

1. Запрограммируйте требуемую конфигурацию с помощью следующих параметров: режима передачи, режима выходного цвета и выходного смещения с использованием функции HAL_DMA2D_Init ().

2. Запрограммируйте требуемую конфигурацию с помощью следующих параметров: входной цветной режим, входной цвет, входное альфа-значение, альфа-режим и смещение входа с использованием функции HAL_DMA2D_ConfigLayer () для фона переднего плана и / или фона.

Операция ввода-вывода в режиме опроса

1. Настройте параметр pdata (поясняется ниже), длину адресата и данных и включите передачу, используя HAL_DMA2D_Start ().

2. Дождитесь окончания передачи с помощью HAL_DMA2D_PollForTransfer (), на этом этапе пользователь может указать значение таймаута в соответствии с его конечным приложением.

Режим ввода-вывода прерывания

1. Настройте параметр pdata, длину адресата и данных и включите передачу, используя HAL_DMA2D_Start_IT ().

2. Используйте HAL_DMA2D_IRQHandler (), вызванный под подпрограммой прерывания DMA2D_IRQHandler ()

3. В конце передачи данных выполняется функция HAL_DMA2D_IRQHandler (), и пользователь может добавить свою собственную функцию путем настройки указателя на функцию XferCpltCallback (член структуры дескриптора DMA2D).

4. В случае ошибки функция HAL_DMA2D_IRQHandler () вызовет обратный вызов XferErrorCallback. В режиме передачи данных «Репорт-память» параметр pdata является цветом регистра, в памяти-в-памяти или «Память-память» с преобразованием формата пикселей. Pdata является адресом источника. Настройте адрес источника переднего плана, адрес источника фона, длину адресата и дан-

ных. Затем включите передачу с использованием HAL_DMA2D_BlendingStart () в режиме опроса, а HAL_DMA2D_BlendingStart_IT () в режиме прерывания HAL_DMA2D_BlendingStart () и функции HAL_DMA2D_BlendingStart_IT () используются, если память в память с выбран режим переноса смешивания.

5. При необходимости настройте и включите CLUT с использованием HAL_DMA2D_CLUTLoad () в режиме опроса или HAL_DMA2D_CLUTLoad_IT () в режиме прерывания.

6. При необходимости настройте водяной знак линии с использованием API HAL_DMA2D_ProgramLineEvent ()

7. Необязательно, настройте значение мертвого времени в цикле AHB, вставленном между двумя последовательными обращениями на главном порту AHB, используя API HAL_DMA2D_ConfigDeadTime () и включите / отключите функциональность с API HAL_DMA2D_EnableDeadTime () или HAL_DMA2D_DisableDeadTime ().

8. Передача может быть приостановлена, возобновлена и прервана с использованием следующих функций: HAL_DMA2D_Suspend (), HAL_DMA2D_Resume (), HAL_DMA2D_Abort ().

9. Загрузка CLUT может быть приостановлена, возобновлена и прервана с использованием следующих функций: HAL_DMA2D_CLUTLoading_Suspend (), HAL_DMA2D_CLUTLoading_Resume (), HAL_DMA2D_CLUTLoading_Abort ().

10. Чтобы управлять состоянием DMA2D, используйте следующую функцию: HAL_DMA2D_GetState ().

11. Чтобы прочитать код ошибки DMA2D, используйте следующую функцию: HAL_DMA2D_GetError ().

Список макросов драйвера DMA2D HAL

Ниже списка наиболее используемых макросов в драйвере DMA2D HAL:

- __HAL_DMA2D_ENABLE: включить периферийное устройство DMA2D.
- __HAL_DMA2D_GET_FLAG: получить отложенные флаги DMA2D.
- __HAL_DMA2D_CLEAR_FLAG: очистить отложенные флаги DMA2D.
- __HAL_DMA2D_ENABLE_IT: включить указанные прерывания DMA2D.
- __HAL_DMA2D_DISABLE_IT: отключить указанные прерывания DMA2D.
- __HAL_DMA2D_GET_IT_SOURCE: проверьте, включено ли указанное прерывание DMA2D или нет.

Вы можете обратиться к файлу заголовка драйвера DMA2D HAL для более полезных макросов.

19.2.2 Функции инициализации и конфигурации

В этом разделе представлены функции, позволяющие:

- Инициализировать и настроить DMA2D
- Де-инициализировать DMA2D

Этот раздел содержит следующие API:

- HAL_DMA2D_Init ()
- HAL_DMA2D_DeInit ()
- HAL_DMA2D_MspInit ()
- HAL_DMA2D_MspDeInit ()

19.2.3 Операции ввода-вывода

В этом разделе представлены функции, позволяющие:

- Настройте pdata, адрес назначения и размер данных, затем запустите передачу DMA2D.
- Настройте источник для переднего плана и фона, адрес назначения и размер данных, затем запустите передачу MultiBuffer DMA2D.
- Настройте pdata, адрес назначения и размер данных, затем запустите передачу DMA2D с прерыванием.
- Настройте источник для переднего плана и фона, адрес назначения и размер данных, затем запустите передачу MultiBuffer DMA2D с прерыванием.
- Отменить передачу DMA2D.
- Приостановить передачу DMA2D.
- Возобновить передачу DMA2D.
- Включить передачу CLUT.
- Настройте загрузку CLUT, затем начните передачу в режиме опроса.
- Настройте загрузку CLUT и начните передачу в режиме прерывания.
- Отменить загрузку DMA2D CLUT.
- Приостановить загрузку DMA2D CLUT.
- Возобновить загрузку DMA2D CLUT.
- Опрос на передачу завершен.
- Обрабатывать запрос прерывания DMA2D.
- Передача обратного вызова водяного знака.
- Передача полного обратного вызова CLUT.

Этот раздел содержит следующие API:

- HAL_DMA2D_Start ()
- HAL_DMA2D_Start_IT ()
- HAL_DMA2D_BlendingStart ()
- HAL_DMA2D_BlendingStart_IT ()
- HAL_DMA2D_Abort ()
- HAL_DMA2D_Suspend ()
- HAL_DMA2D_Resume ()
- HAL_DMA2D_EnableCLUT ()
- HAL_DMA2D_CLUTLoad ()
- HAL_DMA2D_CLUTLoad_IT ()
- HAL_DMA2D_CLUTLoading_Abort ()
- HAL_DMA2D_CLUTLoading_Suspend ()
- HAL_DMA2D_CLUTLoading_Resume ()
- HAL_DMA2D_PollForTransfer ()
- HAL_DMA2D_IRQHandler ()
- HAL_DMA2D_LineEventCallback ()
- HAL_DMA2D_CLUTLoadingCpltCallback ()

19.2.4 Функции периферийного управления

В этом разделе представлены функции, позволяющие:

- Настройте Параметры: переднего плана или фонового слоя DMA2D.
- Настроить перенос CLUT DMA2D.
- Настроить водяной знак линии
- Настроить значение мертвого времени.
- Включить или отключить функциональные возможности мертвого времени.

Этот раздел содержит следующие API:

- HAL_DMA2D_ConfigLayer ()
- HAL_DMA2D_ConfigCLUT ()
- HAL_DMA2D_ProgramLineEvent ()
- HAL_DMA2D_EnableDeadTime ()
- HAL_DMA2D_DisableDeadTime ()
- HAL_DMA2D_ConfigDeadTime ()

19.2.5 Функции периферийного состояния и ошибок

Этот подраздел предоставляет функции, позволяющие:

- Получить состояние DMA2D
- Получить код ошибки DMA2D

Этот раздел содержит следующие API:

- HAL_DMA2D_GetState ()
- HAL_DMA2D_GetError ()

19.2.6 Подробное описание функций

HAL_DMA2D_Init

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_Init (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции::

Инициализируйте DMA2D в соответствии с указанными параметрами в DMA2D_InitTypeDef и создайте соответствующий дескриптор.

Параметры:

- hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_DeInit

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_DeInit (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции:

Деинициализирует периферийные регистры DMA2D до их значений сброса по умолчанию.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

Возвращаемые значения: - Нет:

HAL_DMA2D_MspInit

Имя функции:

void HAL_DMA2D_MspInit (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции:

Инициализирует MSP DMA2D.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

Возвращаемые значения: - Нет:

HAL_DMA2D_MspDeInit

Имя функции:

void HAL_DMA2D_MspDeInit (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции:

DeInitializes DMA2D MSP.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

Возвращаемые значения: - Нет:

HAL_DMA2D_Start

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_Start

(DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, uint32_t pdata, uint32_t DstAddress, uint32_t width, uint32_t height)

Описание функции:

Запустите передачу DMA2D.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

• pdata: сконфигурировать исходный буфер Буферный адрес, если выбран режим Memory-to-Memory или Memory-to-Memory с режимом преобразования в пиксельный формат или настроить значение цвета, если выбран режим «Регистр-память».

• DstAddress: адрес буфера памяти назначения.

• Width: ширина данных, которые должны быть переданы от источника к месту назначения (выраженное в количестве пикселей на линию).

• Height: высота передаваемых данных от источника к месту назначения (выраженная в количестве строк).

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_BlendingStart

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_BlendingStart (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, uint32_t SrcAddress1, uint32_t SrcAddress2, uint32_t DstAddress, uint32_t width, uint32_t height)

Описание функции:

Запустите многопользовательскую передачу DMA2D.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

• SrcAddress1: адрес буфера источника памяти для слоя переднего плана.

• SrcAddress2: адрес буфера исходной памяти для фонового слоя.

• DstAddress: адрес буфера памяти назначения.

• Width: ширина данных, которые должны быть переданы от источника к месту назначения (выраженное в количестве пикселей на линию).

• Height: высота передаваемых данных от источника к месту назначения (выраженная в количестве строк).

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_Start_IT

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_Start_IT (DMA2D_HandleTypeDef* hdma2d, uint32_t pdata, uint32_t DstAddress, uint32_t width, uint32_t height)

Описание функции:

Запустите DMA2D Transfer с включенным прерыванием.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

• pdata: сконфигурировать адрес буфера памяти источника, если выбран режим преобразования памяти в память или память в память с режимом преобразования в пиксельный формат или настроить значение цвета, если выбран режим «Регистрация в память».

• DstAddress: адрес буфера памяти назначения.

• Width: ширина данных, которые должны быть переданы от источника к месту назначения (выраженное в количестве пикселей на линию).

• Height: высота передаваемых данных от источника к месту назначения (выраженная в количестве строк).

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_BlendingStart_IT

Имя функции: HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_BlendingStart_IT (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, uint32_t SrcAddress1, uint32_t SrcAddress2, uint32_t DstAddress, uint32_t width, uint32_t height)

Описание функции: Запустите передачу данных с несколькими источниками DMA2D с включенным прерыванием.

Параметры: • hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

• SrcAddress1: адрес буфера памяти исходного уровня для слоя переднего плана.

• SrcAddress2: адрес буфера памяти источника для фонового слоя.

• DstAddress: адрес буфера памяти назначения.

• Width: ширина данных, которые должны быть переданы от источника к месту назначения (выраженное в количестве пикселей на строку).

• Height: высота данных, которые должны быть переданы от источника к месту назначения (выражается в количестве строк).

Возвращаемые значения - HAL: статус

HAL_DMA2D_Suspend

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_Suspend (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции:

Приостановите передачу DMA2D.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_Resume

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_Resume (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции:

Возобновите передачу DMA2D.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_Abort

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_Abort (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции:

Прервать передачу DMA2D.

Параметры:

• hdma2d:: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_EnableCLUT

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_EnableCLUT (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, uint32_t LayerIdx)

Описание функции:

Включите передачу DMA2D CLUT.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

• LayerIdx: индекс уровня DMA2D. Этот параметр может быть одним из следующих значений: 0 (фон) / 1 (передний план)

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_CLUTLoad

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_CLUTLoad (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, DMA2D_CLUTCfgTypeDef CLUTCfg, uint32_t LayerIdx)

Описание функции:

Запустите загрузку DMA2D CLUT.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

• CLUTCfg: указатель на структуру DMA2D_CLUTCfgTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для таблицы поиска цвета.

• LayerIdx: индекс уровня DMA2D. Этот параметр может быть одним из следующих значений: 0 (фон) / 1 (передний план)

Возвращаемые значения: - HAL: статус

Заметки

• Вызов этого API аналогичен вызову HAL_DMA2D_ConfigCLUT (), затем HAL_DMA2D_EnableCLUT ().

HAL_DMA2D_CLUTLoad_IT

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_CLUTLoad_IT (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, DMA2D_CLUTCfgTypeDef CLUTCfg, uint32_t LayerIdx)

Описание функции:

Запуск DMA2D CLUT Загрузка с включенным прерыванием.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

• CLUTCfg: указатель на структуру DMA2D_CLUTCfgTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для таблицы поиска цвета.

• LayerIdx: индекс уровня DMA2D. Этот параметр может быть одним из следующих значений: 0 (фон) / 1 (передний план)

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_CLUTLoading_Abort

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_CLUTLoading_Abort (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, uint32_t LayerIdx)

Описание функции:
Прервать загрузку DMA2D CLUT.
Параметры:
• hdma2d:: Указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.
• LayerIdx: индекс уровня DMA2D. Этот параметр может быть одним из следующих значений: 0 (фон) / 1 (передний план)
Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_CLUTLoading_Suspend
Имя функции:
HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_CLUTLoading_Suspend (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, uint32_t LayerIdx)
Описание функции:
Приостановить загрузку DMA2D CLUT. • hdma2d: Указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.
• LayerIdx: индекс уровня DMA2D. Этот параметр может быть одним из следующих значений: 0 (фон) / 1 (передний план)
Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_CLUTLoading_Resume
Имя функции:
HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_CLUTLoading_Resume (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, uint32_t LayerIdx)
Описание функции:
Возобновите загрузку DMA2D CLUT.
Параметры:
• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.
• LayerIdx: индекс уровня DMA2D. Этот параметр может быть одним из следующих значений: 0 (фон) / 1 (передний план)
Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_PollForTransfer
Имя функции:
HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_PollForTransfer (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, uint32_t Timeout)
Описание функции:
Опрос для полной передачи или загрузки CLUT.
Параметры:
• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.
• Тайм-аут: продолжительность таймаута
Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_IRQHandler

Имя функции:

void HAL_DMA2D_IRQHandler (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции:

Обработать запрос прерывания DMA2D.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_LineEventCallback

Имя функции:

void HAL_DMA2D_LineEventCallback (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции:

Передача обратного вызова водяного знака.

Параметры: • hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

Возвращаемые значения: - Нет:

HAL_DMA2D_CLUTLoadingCpltCallback

Имя функции:

void HAL_DMA2D_CLUTLoadingCpltCallback (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции:

CLUT Transfer Complete callback.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

Возвращаемые значения: - Нет:

HAL_DMA2D_ConfigLayer

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_ConfigLayer (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, uint32_t LayerIdx)

Описание функции:

Настройте слой DMA2D в соответствии с указанными параметрами в DMA2D_InitTypeDef и создайте соответствующий дескриптор.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

• LayerIdx: индекс уровня DMA2D. Этот параметр может быть одним из следующих значений: 0 (фон) / 1 (передний план)

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_ConfigCLUT

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_ConfigCLUT (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, DMA2D_CLUTCfgTypeDef CLUTCfg, uint32_t LayerIdx)

Описание функции:

Настройте перенос CLUT DMA2D.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

• CLUTCfg: указатель на структуру DMA2D_CLUTCfgTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для таблицы поиска цвета.

• LayerIdx: индекс уровня DMA2D. Этот параметр может быть одним из следующих значений: 0 (фон) / 1 (передний план)

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_ProgramLineEvent

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_ProgramLineEvent (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, uint32_t Line)

Описание функции:

Настройте водяной знак линии.

Параметры:

• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.

• Строка: Конфигурация водяного знака линии (ожидается ожидаемое максимальное 16-битное значение) Возвращаемые значения: - HAL: статус

Заметки

API-интерфейс HAL_DMA2D_ProgramLineEvent () позволяет прерывать передачу водяного знака.

• Прерывание переноса водяного знака отключается после его возникновения.

HAL_DMA2D_EnableDeadTime

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_EnableDeadTime (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции:

Включить функцию времени DMA2D.

Параметры:

• hdma2d: дескриптор DMA2D.

Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_DisableDeadTime

Имя функции:

HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_DisableDeadTime (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)

Описание функции:
Отключить функцию времени DMA2D.
Параметры:
• hdma2d: дескриптор DMA2D.
Возвращаемые значения: - HAL: статус

HAL_DMA2D_ConfigDeadTime
Имя функции:
HAL_StatusTypeDef HAL_DMA2D_ConfigDeadTime (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d, uint8_t DeadTime)
Описание функции:
Настройте мертвое время.
Параметры:
• hdma2d: дескриптор DMA2D.
• DeadTime: мертвое время.
Возвращаемые значения: - HAL: статус
Заметки
• Значение мертвого времени представляет гарантированный минимум количество циклов между двумя последовательными транзакциями на шине AHB.

HAL_DMA2D_GetState
Имя функции:
HAL_DMA2D_StateTypeDef HAL_DMA2D_GetState (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)
Описание функции:
Верните состояние DMA2D.
Параметры:
• hdma2d: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.
Возвращаемые значения: - HAL: состояние
HAL_DMA2D_GetError
Имя функции:
uint32_t HAL_DMA2D_GetError (DMA2D_HandleTypeDef * hdma2d)
Описание функции:
Верните код ошибки DMA2D.
Параметры:
• hdma2d:: указатель на структуру DMA2D_HandleTypeDef, которая содержит информацию о конфигурации для DMA2D.
Возвращаемые значения: - DMA2D: Код ошибки

19.3 Макроопределения драйвера встроенного ПО DMA2D

19.3.1 DMA2D

Макроопределения API DMA2D

HAL_DMA2D_DisableCLUT Присваивается HAL_DMA2D_CLUTLoading_Abort для совместимости с устаревшим кодом

DMA2D Alpha Mode

DMA2D_NO_MODIF_ALPHA Никакой модификации значения альфа-канала

DMA2D_REPLACE_ALPHA Заменить исходное значение альфа-канала запрограммированным значением альфа-канала

DMA2D_COMBINE_ALPHA Заменить исходное значение альфа-канала запрограммированным альфа-значением с исходным значением альфа-канала

DMA2D CLUT Color Mode

DMA2D_CCM_ARGB8888 ARGB8888 Цветной режим DMA2D CLUT
DMA2D_CCM_RGB888 RGB888 Цветной режим DMA2D CLUT

DMA2D CLUT Size

DMA2D_CLUT_SIZE Размер DMA2D CLUT

DMA2D Color Value

DMA2D_COLOR_VALUE Маска значения цвета

DMA2D Error Code

HAL_DMA2D_ERROR_NONE Нет ошибки
HAL_DMA2D_ERROR_TE Ошибка передачи
HAL_DMA2D_ERROR_CE Ошибка конфигурации
HAL_DMA2D_ERROR_CAE Ошибка доступа CLUT
HAL_DMA2D_ERROR_TIMEOUT Ошибка тайм-аута

Экспортированные макросы DMA2D

__HAL_DMA2D_RESET_HANDLE_STATE
Описание: • Сбросьте состояние ручки DMA2D.
Параметры:: • __HANDLE__: указывает дескриптор DMA2D.
Возвращаемое значение: • Нет

__HAL_DMA2D_ENABLE
Описание: • Включить DMA2D.
Параметры:: • __HANDLE__: дескриптор DMA2D
Возвращаемое значение: • Нет.

__HAL_DMA2D_GET_FLAG
Описание: • Получить отложенные флаги DMA2D.
Параметры::
• __HANDLE__: дескриптор DMA2D
• __FLAG__: флаг для проверки.
Этот параметр может быть любой комбинацией следующих значений:
• DMA2D_FLAG_CE: флаг ошибки конфигурации
• DMA2D_FLAG_CTC: флаг завершения передачи CLUT
• DMA2D_FLAG_CAE: флаг ошибки доступа CLUT

• DMA2D_FLAG_TW: флаг завершения LineEvent
• DMA2D_FLAG_TC: флаг завершения передачи
• DMA2D_FLAG_TE: флаг ошибки передачи
Возвращаемое значение: • Состояние: FLAG.

__HAL_DMA2D_CLEAR_FLAG
Описание: • Очистите отложенные флаги DMA2D.
Параметры::
• __HANDLE__: дескриптор DMA2D
• __FLAG__: указывает флаг для очистки.
Этот параметр может быть любой комбинацией следующих значений:
• DMA2D_FLAG_CE: флаг ошибки конфигурации
• DMA2D_FLAG_CTC: флаг завершения передачи CLUT
• DMA2D_FLAG_CAE: флаг ошибки доступа CLUT
• DMA2D_FLAG_TW: флаг завершения LineEvent
• DMA2D_FLAG_TC: флаг завершения передачи
• DMA2D_FLAG_TE: флаг ошибки передачи
Возвращаемое значение: • Нет

__HAL_DMA2D_ENABLE_IT
Описание: • Включить указанные прерывания DMA2D.
Параметры::
• __HANDLE__: дескриптор DMA2D
• __INTERRUPT__: указывает, что источники прерывания DMA2D должны быть включены.
Этот параметр может быть любой комбинацией следующих значений:
• DMA2D_IT_CE: маска прерывания ошибки конфигурации
• DMA2D_IT_CTC: Полная полная передача прерывания CLUT
• DMA2D_IT_CAE: маски прерывания доступа к CLUT
• DMA2D_IT_TW: Маска прерывания завершения LineEvent• DMA2D_IT_TC: передача полной маски прерывания
• DMA2D_IT_TE: Маска прерывания передачи ошибок
Возвращаемое значение: • Нет

__HAL_DMA2D_DISABLE_IT
Описание: • Отключить указанные прерывания DMA2D.
Параметры::
• __HANDLE__: дескриптор DMA2D
• __INTERRUPT__: указывает, что источники прерывания DMA2D должны быть отключены. Этот параметр может быть любой комбинацией следующих значений:
• DMA2D_IT_CE: маска прерывания ошибки конфигурации
• DMA2D_IT_CTC: Полная полная передача прерывания CLUT
• DMA2D_IT_CAE: маски прерывания доступа к CLUT
• DMA2D_IT_TW: Маска прерывания завершения LineEvent
• DMA2D_IT_TC: передача полной маски прерывания

• DMA2D_IT_TE: Маска прерывания передачи ошибок
Возвращаемое значение: • Нет

__HAL_DMA2D_GET_IT_SOURCE
Описание: • Проверьте, включен ли указанный источник прерываний DMA2D или нет.
Параметры::
• __HANDLE__: дескриптор DMA2D
• __INTERRUPT__: указывает
Источник прерывания DMA2D для проверки. Этот параметр может быть одним из следующих значений:
• DMA2D_IT_CE: маска прерывания ошибки конфигурации
• DMA2D_IT_CTC: Полная полная передача прерывания CLUT
• DMA2D_IT_CAE: маски прерывания доступа к CLUT
• DMA2D_IT_TW: Маска прерывания LineEvent
• DMA2D_IT_TC: передача полной маски прерывания
• DMA2D_IT_TE: Маска прерывания передачи ошибок
Возвращаемое значение: • Состояние: источник INTERRUPT.

DMA2D Exported Types
MAX_DMA2D_LAYER

DMA2D Flags
DMA2D_FLAG_CE Ошибка прерывания ошибки конфигурации
DMA2D_FLAG_CTC CLUT Transfer Complete Interrupt Flag
DMA2D_FLAG_CAE CLUT Access Error Interrupt Flag
DMA2D_FLAG_TW Флаг завершения прерывания LineEvent
DMA2D_FLAG_TC Передача завершенного флага прерывания
DMA2D_FLAG_TE Флаг прерывания ошибки передачи

DMA2D Input Color Mode
DMA2D_INPUT_ARGB8888 ARGB8888 цветной режим
DMA2D_INPUT_RGB888 Цветовой режим RGB888
DMA2D_INPUT_RGB565 Цветовой режим RGB565
DMA2D_INPUT_ARGB1555 Цветовой режим ARGB1555
DMA2D_INPUT_ARGB4444 Цветовой режим ARGB4444
DMA2D_INPUT_L8 Цветовой режим L8
DMA2D_INPUT_AL44 Цветовой режим AL44
DMA2D_INPUT_AL88 Цветовой режим AL88
DMA2D_INPUT_L4 Цветовой режим L4
DMA2D_INPUT_A8 Цветовой режим A8
DMA2D_INPUT_A4 Режим цветности A4

DMA2D Interrupts
DMA2D_IT_CE Ошибка прерывания конфигурации
DMA2D_IT_CTC CLUT Transfer Complete Interrupt

DMA2D_IT_CAE CLUT Access Error Interrupt
DMA2D_IT_TW Завершение прерывания LineEvent
DMA2D_IT_TC Передача полного прерывания
DMA2D_IT_TE Прерывание прерывания передачи

DMA2D Maximum Line Watermark

DMA2D_LINE_WATERMARK_MAX Максимальное значение линии DMA2D

DMA2D Maximum Number of Layers

DMA2D_MAX_LAYER DMA2D максимальное количество слоев

DMA2D Mode

DMA2D_M2M DMA2D память в режиме передачи данных
DMA2D_M2M_PFC DMA2D память в память с преобразованием преобразования формата пикселей
DMA2D_M2M_BLEND Память DMA2D в память с режимом переноса смешивания
DMA2D_R2M DMA2D регистрируется в режиме передачи данных

DMA2D Offset

DMA2D_OFFSET Смещение линии

DMA2D Output Color Mode

DMA2D_OUTPUT_ARGB8888 ARGB8888 Цветовой режим DMA2D
DMA2D_OUTPUT_RGB888 RGB888 Цветной режим DMA2D
DMA2D_OUTPUT_RGB565 Цветной режим RGB565 DMA2D
DMA2D_OUTPUT_ARGB1555 ARGB1555 Цветовой режим DMA2D
DMA2D_OUTPUT_ARGB4444 ARGB4444 Цветовой режим DMA2D

DMA2D Shifts

DMA2D_POSITION_FGPFCCR_CS Требуемый сдвиг влево для установки размера переднего плана CLUT
DMA2D_POSITION_BGPFCCR_CS Требуемый сдвиг влево для установки фонового размера CLUT
DMA2D_POSITION_FGPFCCR_CCM Требуемый сдвиг влево для установки цветного режима CLUT переднего плана
DMA2D_POSITION_BGPFCCR_CCM Требуемый сдвиг влево для установки фонового цветового режима CLUT
DMA2D_POSITION_AMTCR_DT Требуемый сдвиг влево для установки значения времени ожидания
DMA2D_POSITION_FGPFCCR_AM Требуемый сдвиг влево для установки альфа-режима переднего плана
DMA2D_POSITION_BGPFCCR_AM Требуемый сдвиг влево для установки фонового альфа-режима
DMA2D_POSITION_FGPFCCR_ALPHA Требуемый сдвиг влево для установки альфа-значения переднего плана
DMA2D_POSITION_BGPFCCR_ALPHA Требуемый сдвиг влево для установ-

ки значения фоновой альфа

DMA2D_POSITION_NLR_PL Требуется сдвиг влево для установки значений пикселей на строки

DMA2D Size

DMA2D_PIXEL DMA2D количество пикселей на строку

DMA2D_LINE DMA2D количество строк

DMA2D Time Out

DMA2D_TIMEOUT_ABORT 1s

DMA2D_TIMEOUT_SUSPEND 1s