



# 曳影 1520 视频图像处理 用户手册

文档版本	1.0.0
保密等级	保密
发布日期	2023-08-26

**Copyright © 2022 T-HEAD (Shanghai) Semiconductor Co., Ltd. All rights reserved.**

This document is the property of T-HEAD (Shanghai) Semiconductor Co., Ltd. This document may only be distributed to: (i) a T-HEAD party having a legitimate business need for the information contained herein, or (ii) a non-T-HEAD party having a legitimate business need for the information contained herein. No license, expressed or implied, under any patent, copyright or trade secret right is granted or implied by the conveyance of this document. No part of this document may be reproduced, transmitted, transcribed, stored in a retrieval system, translated into any language or computer language, in any form or by any means, electronic, mechanical, magnetic, optical, chemical, manual, or otherwise without the prior written permission of T-HEAD (Shanghai) Semiconductor Co., Ltd.

**Trademarks and Permissions**

The T-HEAD Logo and all other trademarks indicated as such herein are trademarks of T-HEAD (Shanghai) Semiconductor Co., Ltd. All other products or service names are the property of their respective owners.

**Notice**

The purchased products, services and features are stipulated by the contract made between T-HEAD and the customer. All or part of the products, services and features described in this document may not be within the purchase scope or the usage scope. Unless otherwise specified in the contract, all statements, information, and recommendations in this document are provided "AS IS" without warranties, guarantees or representations of any kind, either express or implied.

The information in this document is subject to change without notice. Every effort has been made in the preparation of this document to ensure accuracy of the contents, but all statements, information, and recommendations in this document do not constitute a warranty of any kind, express or implied.

**平头哥（上海）半导体技术有限公司 T-HEAD (Shanghai) Semiconductor Co., LTD**

Address: 5th Floor Number 2 Chuan He Road 55, Number 366 Shang Ke Road, Shanghai free trade area, China  
Website: [www.t-head.cn](http://www.t-head.cn)

**Copyright © 2022 平头哥（上海）半导体技术有限公司，保留所有权利。**

本文档的所有权及知识产权归属于平头哥（上海）半导体技术有限公司及其关联公司(下称“平头哥”)。本文档仅能分派给：(i) 拥有合法雇佣关系，并需要本文档的信息的平头哥员工，或(ii)非平头哥组织但拥有合法合作关系，并且其需要本文档的信息的合作方。对于本文档，未经平头哥（上海）半导体技术有限公司明示同意，则不能使用该文档。在未经平头哥（上海）半导体技术有限公司的书面许可的情形下，不得复制本文档的任何部分，传播、转录、储存在检索系统中或翻译成任何语言或计算机语言。

**商标申明**

平头哥的 LOGO 和其它所有商标归平头哥（上海）半导体技术有限公司及其关联公司所有，未经平头哥（上海）半导体技术有限公司的书面同意，任何法律实体不得使用平头哥的商标或者商业标识。

**注意**

您购买的产品、服务或特性等应受平头哥商业合同和条款的约束，本文档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，平头哥对本文档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本文档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。平头哥（上海）半导体技术有限公司不对任何第三方使用本文档产生的损失承担任何法律责任。

**平头哥（上海）半导体技术有限公司 T-HEAD (Shanghai) Semiconductor Co., LTD**

地址：中国（上海）自由贸易试验区上科路 366 号、川和路 55 弄 2 号 5 层  
网址： [www.t-head.cn](http://www.t-head.cn)

## 版本历史

版本	说明	作者	日期
V1.0.0	初始版本	平头哥	2023-08-26

# 目录

版本历史.....	I
目录.....	II
图表目录.....	III
术语与缩略语.....	IV
1 GPU.....	1
1.1 概述.....	1
1.2 主要特性.....	1
1.3 功能描述.....	2
1.4 使用.....	3
2 G2D.....	5
2.1 概述.....	5
2.2 主要特性.....	6
2.3 功能描述.....	7
2.4 使用.....	8
3 DEWARP.....	10
3.1 概述.....	10
3.2 主要特性.....	10
3.3 功能描述.....	12

## 图表目录

---

图表 1-1 高级视觉格式处理概述 .....	2
图表 1-2 纹理处理流程 .....	3
图表 1-3 核上电 .....	4
图表 2-1 G2D 的功能框图 .....	5
图表 2-2 支持的格式 .....	7
图表 3-1 DEWARP 功能框图 .....	10
图表 3-2 DEWARP 输入-输出格式摘要 .....	12
图表 3-3 VSE 输入和输出格式之间的关系 .....	12

## 术语与缩略语

缩略语	英文全名	中文解释
BIF	Bus Interface Module	总线接口模块
FOV	Field of View	视场角
LUT	Look-Up-Table	查找表
PBE	Pixel Backend	像素后端
TPU	Texture Processing Unit	纹理处理单元
USC	Unified Shading Cluster	统一的阴影集群

# 1 GPU

## 1.1 概述

IMG™ B 系列 BXM-4-64 GPU 处理多种不同的工作负载类型，即：

- 3D 图形工作负载，涉及处理顶点数据和像素数据以渲染 3D 场景。
- 计算工作负载（GP-GPU），涉及通用数据处理。

BXM-4-64 架构完全符合 OpenGL ES 3.2、OpenCL 1.2 EP1、Vulkan 1.2 和 Android NN HAL。

## 1.2 主要特性

BXM-4-64 图形处理器是围绕多线程统一着色集群（USCs）构建的，其特点是具有高 SIMD 效率的 ALU 架构，支持基于分片的延迟渲染和多个分片的并发处理。

BXM-4-64 GPU 核具有以下特性：

- 基础架构，完全符合以下 API：
  - OpenGL ES 3.2
  - OpenCL 1.2 EP2
  - Vulkan 1.2
  - Android NN HAL
- 用于 3D 图形工作负载的基于分片的延迟渲染架构，可并发处理多个分片
- 可编程的高质量图像抗锯齿
- 细粒度三角剔除
- 支持 DRM 安全性
- 与 Imagination 神经网络加速器（NNA）核配对时，支持 Imagination AI 协同
- USC 引擎包含像素着色器、顶点着色器和 GP-GPU（计算着色器）功能
- USC 采用了具有高 SIMD 效率的 ALU 架构
- 完全虚拟化的内存寻址（高达 64GB 的地址空间），支持统一的内存架构
- 细粒度的任务切换、工作负载均衡和电源管理
- 先进的 DMA 驱动操作，可最大限度减少主机 CPU 交互
- 系统级缓存（SLC）
  - SLC 的大小为 64KB
- 专用纹理缓存单元（TCU）
- 压缩纹理解码
- 无损数据压缩（PVRGC）–PowerVR 的几何压缩，在 3D 图形工作负载的几何处理阶段执行
- 无损和/或视觉上无损低区域图像压缩--Imagination 帧缓冲区压缩和解压（TFBC）算法

- B 系列核固件执行的专用处理器
  - 具有 2KB 指令缓存和 2KB 数据缓存的单线程固件处理器
- 固件处理器的独立电源岛
- 片上性能、功率和统计寄存器

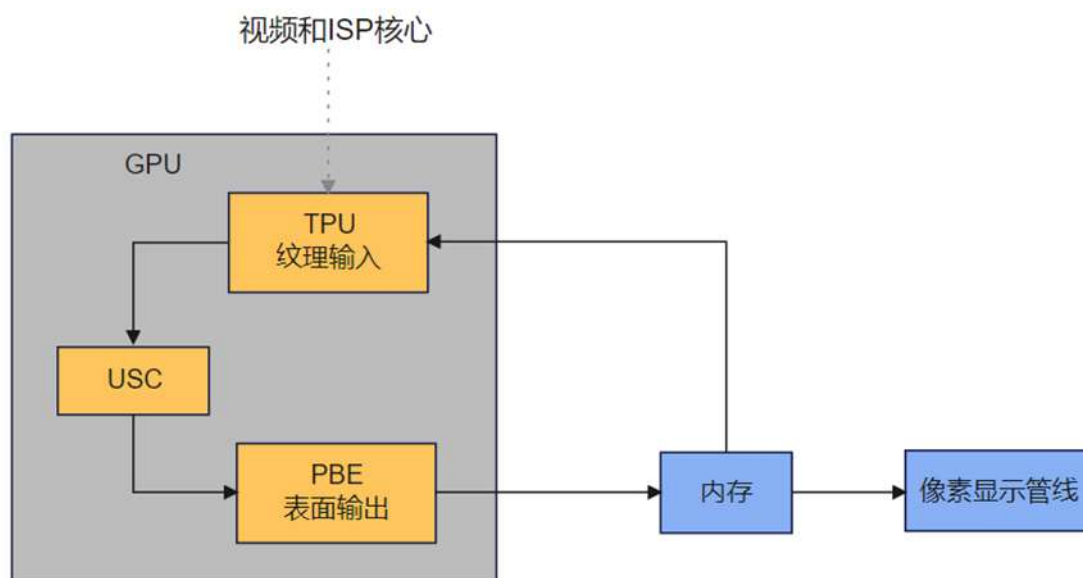
## 1.3 功能描述

下图概括说明了 GPU 核如何将纹理格式读取到 TPU 块中并从 PBE 块中写出表面格式。视频和 ISP 核等其他模块可以为 TPU 提供纹理。与内存中所有合适的项目一样，可以将表面作为纹理读取到 TPU 中。

纹理格式也称为输入、可消耗、读取或 TPU 格式。

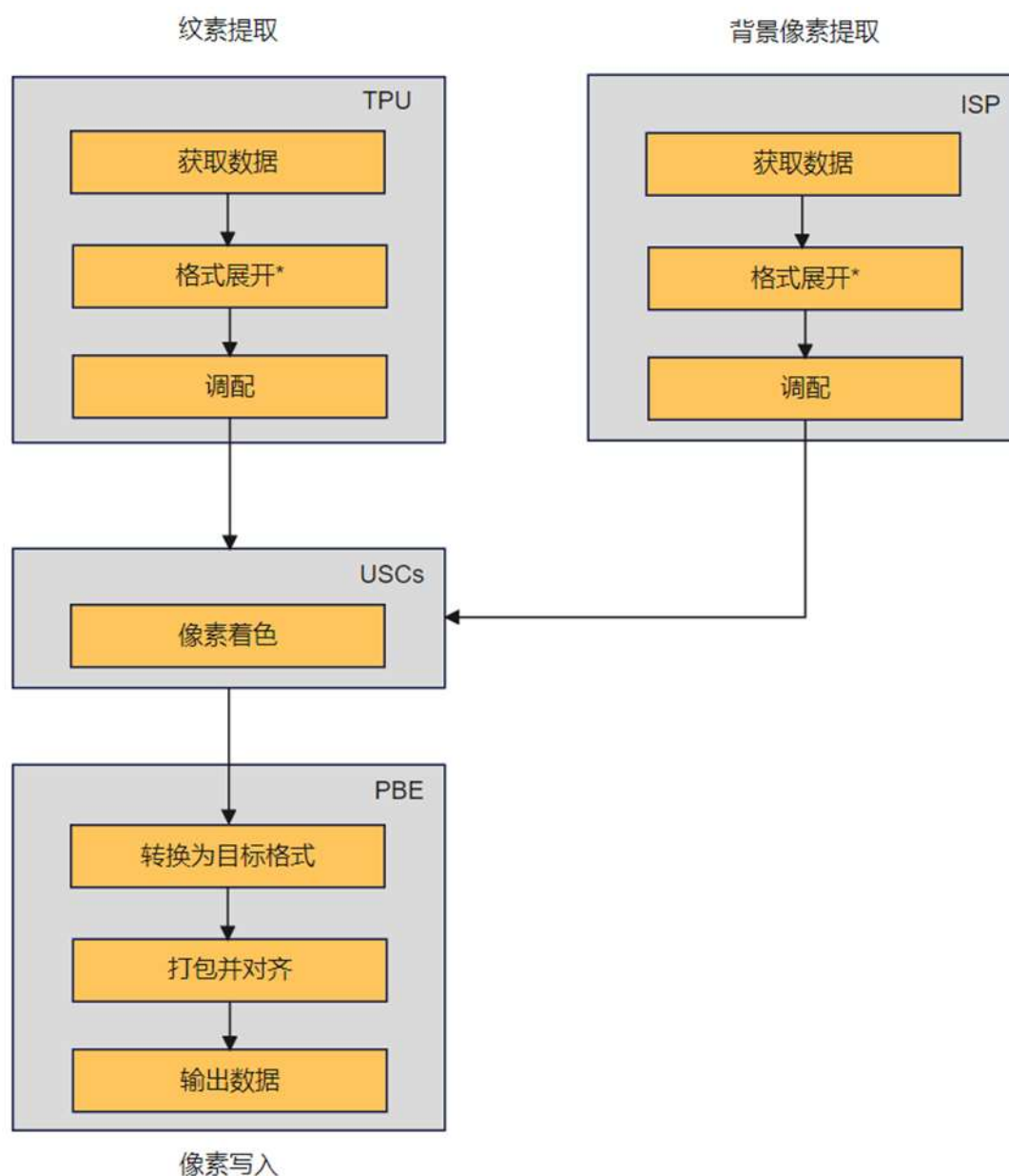
表面格式也称为输出、可显示、写入或 PBE 格式。

纹理和表面格式统称为视觉格式。



图表 1-1 高级视觉格式处理概述



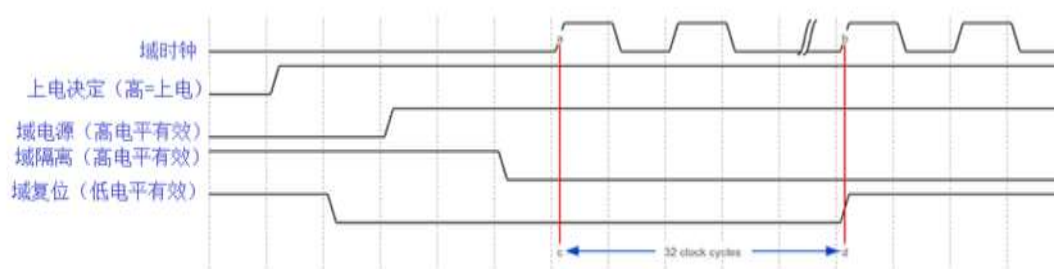


图表 1-2 纹理处理流程

## 1.4 使用

### 1. 核上电

核在上电过程中的唯一要求是，在上电过程的最后一步，对正在上电的电源域进行复位，然后释放复位。在启用域的时钟并运行 32 个时钟周期后，必须释放复位。下图显示了核的上电过程。



图表 1-3 核上电

考虑到上述的上电顺序。应先释放 GPU 时钟门控使能, 经过 32 个核时钟周期后才能释放 GPU 软复位。

2. soc\_timer 计数器可以复位, 但一旦 GPU 首次被初始化, 该计数器不应复位。
3. 内存接口的 QoS 可以改变。一般强烈建议只对 MMU 访问 (tag ID 为 0x0) 设置更高的优先级。

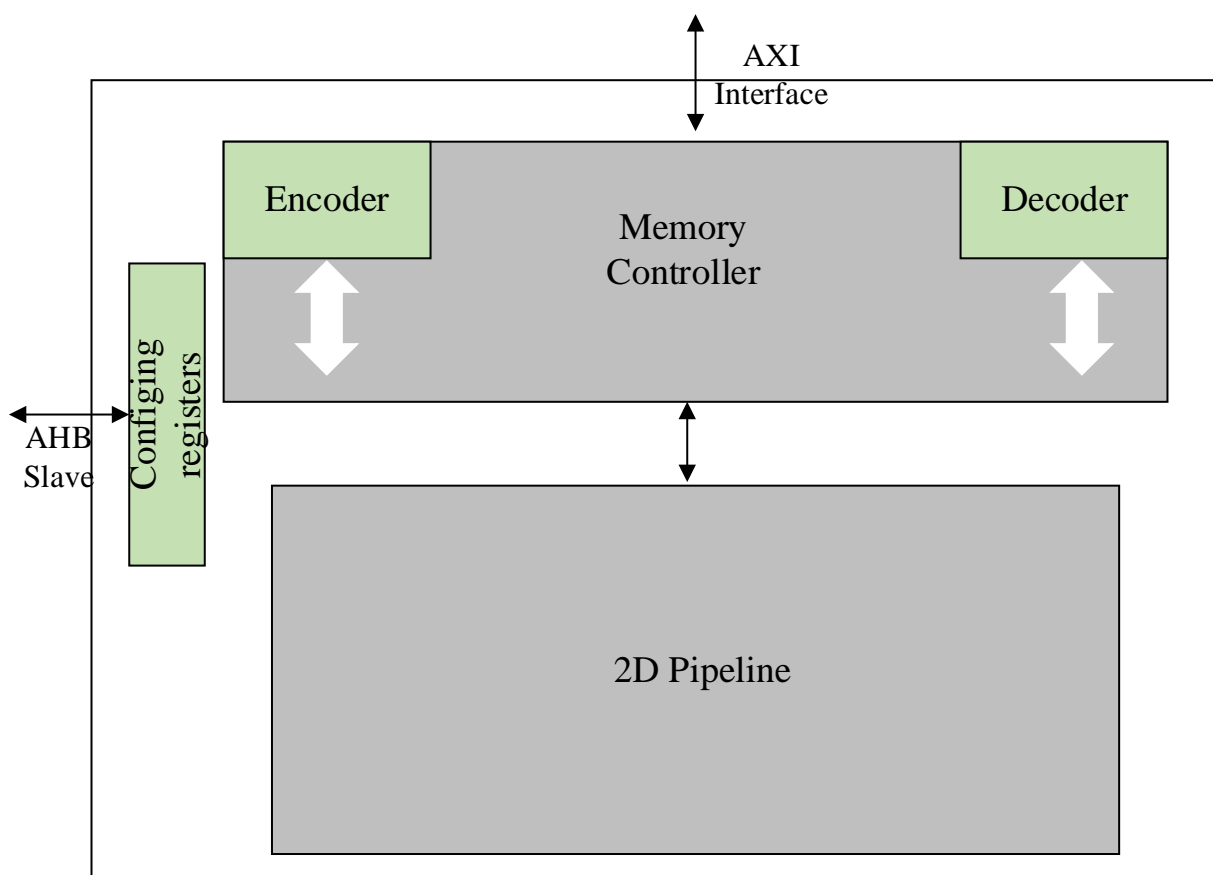
## 2 G2D

### 2.1 概述

G2D 模块定义了一个高性能的多通道 2D 光栅图形核，可加速各种消费设备上的 2D 图形显示。可适应屏幕尺寸从最小的手机到超高清 4K2K 显示器不等。

#### 2.1.1 框图

G2D 模块的框图如下所示：



图表 2-1 G2D 的功能框图

## 2.2 主要特性

G2D 的主要特性:

- Bit Blit
- Stretch Blit
- Alpha 混合, 包含 Java 2 Porter-Duff 合成混合规则
- 32K x 32K 坐标系
- 矩形填充和清除
- 90° / 180° / 270° / X 轴翻转/Y 轴翻转/对角翻转/镜像旋转
- 线条绘制
- 支持 ROP
- 剪辑
- Dither
- 多源混合
  - 完全支持多种块尺寸的多源混合, 以改善 BW 并减少 SW 负担
  - 最多支持 8 个源
  - 可编程块大小保证了缓存效率, 因此每个源只读取一次, 混合目标只写入一次
  - 支持不同块的 90 度、180 度和 270 度旋转, 以提高缓存效率
  - 支持独立源旋转和混合
  - 最多 4 个视频输入的多源支持
- YUV 支持
  - 输入 YUV420 的源缓存增强功能, 使所有请求都达到 64 字节。420 表面内部压缩为 422 表面。
  - 支持 8 位 YUV 格式的 2 像素对齐表面; 支持 10 位 YUV 格式的 4 像素对齐表面; 支持 RGB 格式的 1 像素对齐表面。
  - 支持多平面 YUV 格式的单独 U 和 V 跨步。
  - 将非平面 YUV 格式转换为平面 YUV 的完全多目标支持。用于将输入颜色中的各种成分提取到不同的目标平面中。
  - 支持 alpha 混合的 YUV420 2-plane 和 YUV422 压缩输出。
  - 当源是 (UYVY/YUY2/YV12/NV12/NV16) 之一, 而目标属于 (UYVY/YUY2) 时, 可以启用直接路径, 禁用颜色转换以节省电源。
  - 对于 YUV2RGB 和 RGB2YUV, 支持 BT2020 标准。支持 8bit BT709。
  - 支持 A2R10G10B10、YUV420 2-plane 和 YUV422 2-plane 每组件 10 位格式。
- 时钟禁用
- AXI 总线
  - 支持编程未完成的请求号。最多支持 32 个未完成请求号。

- ACE-Lite 和一致性支持
- 其他增强功能
  - 全功能 MMU，支持可变页面大小

## 2.3 功能描述

### 2.3.1 Stretch Blit

stretch blit 原语使用拉伸或收缩执行 bit blit 操作。使用改进的 Bresenham 算法生成相应的坐标以进行快速拉伸。拉伸因子以 16.0 定点格式指定。stretch blit 不允许重叠，也就是说，源和目标的任何部分都不能共享任何内存。非 stretch blits 可以重叠。对于 stretch blits，以每个像素为基础进行剪裁。

### 2.3.2 Filter Blit

滤波器 blit 使用具有 3/5 抽头的 FIR 重新采样滤波器来执行高质量的放大或缩小。子像素坐标（像素网格之间的位置）由绘图引擎生成。绘图引擎中的滤波器块使用亚像素信息来选择适当的滤波器内核。GC620 在执行滤波器 blit 时，每个周期处理 1 个像素。

支持 15.16 定点格式的拉伸因子或收缩因子。生成单个目标像素需要 9/25 个源像素。图像分两次缩放，一次是 X 维(HOR\_FILTER\_BLT)，另一次是 Y 维(VER\_FILTER\_BLT)。软件设置滤波器内核/系数表和内核大小。

当拉伸因子或收缩因子为 1 时，滤波器 blit 作为 bit blit 的拷贝进行工作。在这种情况下，它可以用作格式转换器，例如 YUV 到 RGB 的转换器。

当拉伸因子或收缩因子（比率）不是 1:1 时，滤波器 blit 需要一个垂直通道和一个水平通道来进行缩放。对于各垂直通道和各水平通道，收缩性能将低于 1 像素/周期。拉伸性能将接近 1:1 比率的性能。

### 2.3.3 支持的格式

图形引擎支持以下数据源和目标格式、bit blits 和滤波器 blits。除了这些源和目标 RGB 格式外，还支持其 swizzle 格式（ARGB、RGBA、ABGR、BGRA）。对于 YUV 格式，G2D 支持其 U/V 交换格式（NV21、NV61）。

图表 2-2 支持的格式

Format	Bit Blit Input	Bit Blit Output	Stretch Blit Input	Stretch Blit Output	OPF Input	OPF Output	MultiSource Input	MultiSource Output
A1R5G5B5	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
A4R4G4B4	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

Format	Bit Blit Input	Bit Blit Output	Stretch Blit Input	Stretch Blit Output	OPF Input	OPF Output	MultiSource Input	MultiSource Output
A8R8G8B8	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
X1R5G5B5	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
X4R4G4B4	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
X8R8G8B8	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
R5G6B5	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
A2R10G10B10	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
A8	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
sRGB	N	N	N	N	N	N	N	N
YUY2 (packed YUV422)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
UYVY (packed YUV422)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
YV12 (planar YUV420)	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y
NV12 (semi-planar YUV420)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
NV16 (semi-planar YUV422)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
P010 (semi-planar YUV420)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
NV12-10bit (semi-planar YUV420)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
NV16-10bit(semi-planar YUV422)	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N
YUV420-2101010(semi-planar YUV420)	N	N	N	N	N	N	N	N
8-bit color index	Y	N	Y	N	N	N	Y	N
planar RGB888/YUV444	N	Y	N	Y	N	Y	N	Y

## 2.4 使用

1. 将 AQINTRENBL 寄存器配置为 0x01000000。
2. 将 AQCMBUFFERADDR 寄存器配置为命令缓冲区的基址值。

3. 将 AQCMDBUFFERCTRL 寄存器配置为 0xffffffff。

## 3 DEWARP

### 3.1 概述

DEWARP 处理器在单个模块中提供广角鱼眼畸变校正处理和标量功能。

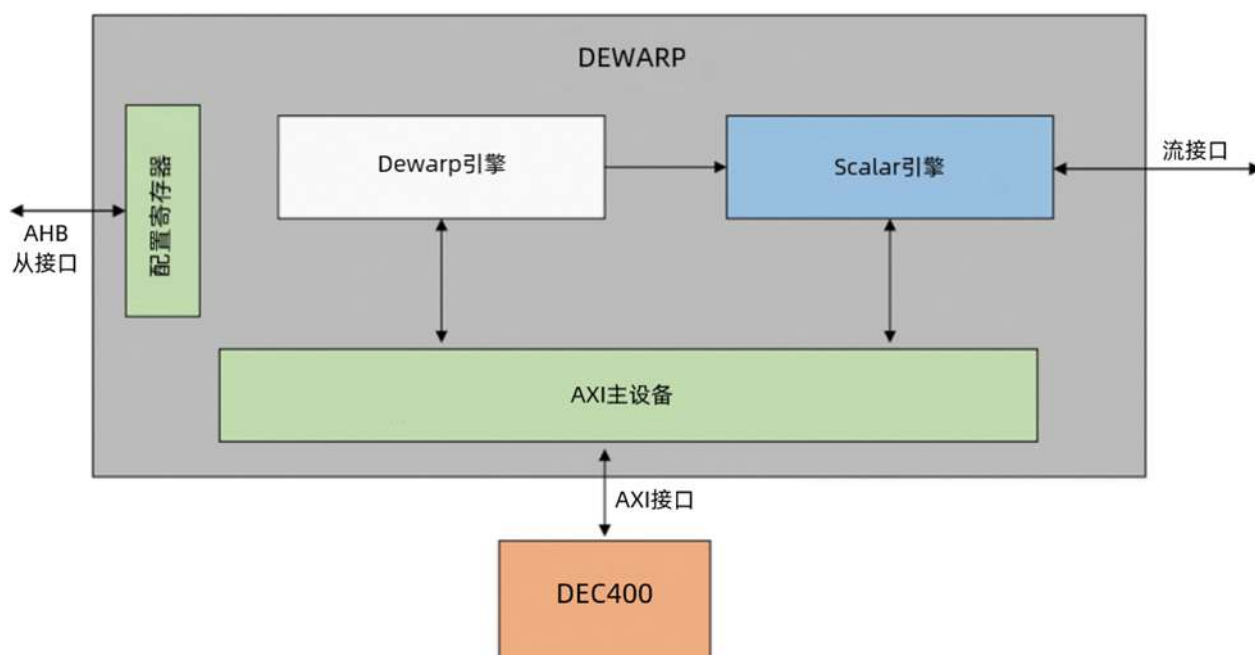
高性能广角鱼眼畸变校正处理模块允许校正鱼眼和广角镜头产生的图像中引入的失真，并对图像进行放大。

标量处理模块为 YUV 图像提供高性能的标量处理。它支持图像缩小和放大，但只有当数据来自 DDR 内存时才支持图像放大。三个标量引擎和双 AXI 主写接口提供高效的吞吐量，最大输出大小为 4096x3072。

DEWARP 性能高达 4k@60fps。

#### 3.1.1 框图

DEWARP 的框图如下：



图表 3-1 DEWARP 功能框图

有一个外部 DEC400 连接 DEWARP。

### 3.2 主要特性

DEWARP 模块由 Dewarp 模块和 Scalar 模块组成，其主要特性如下：

- Dewarp 模块主要特性：
  - 基于线条的架构和可配置的映射，支持各种镜头畸变



- YUV422 和 YUV420 输入和输出：
  - 输入：YUV422sp、YUV422 interleave、YUV420sp
  - 输出：YUV422sp、YUV422 interleave、YUV420sp注：与 VSE 连接时只支持 YUV422sp。
- 可配置的双线性插值引擎
- 带有 16x16 像素宏块的网格图，使用 X、Y 顶点坐标进行索引
- 鱼眼畸变校正
- 宽视场角（FOV）校正
- 梯形校正
- 缩放和 4PTZ 视图
- 高性能 4K@60fps
- 优化的像素重用技术
- 灵活的像素缓存，实现低带宽消耗
- 低功耗设计技术
- Scalar 模块主要特性：
  - 三个标量引擎，最大分辨率为：4K、1080p 和 1080p
  - 支持 YCbCr 4:2:2 和 YCbCr 4:2:0 半平面输入：
    - 对于来自 DDR 的数据：支持 YUV422sp、YUV422 interleave 和 YUV420sp
    - 对于来自 ISP 流接口的数据：支持 YUV420sp 和 YUV422sp
    - 对于来自 Dewarp 的数据：支持 YUV422sp
  - 支持 YUV 和 RGB888 输出：通过为亮度和色度分量选择不同的缩放因子，支持不同的输出格式：YUV444、YUV422、YUV420、RGB888
  - 通过可编程相位偏移支持共址和非共址输出格式
  - 支持 8 位或 10 位组件数据
  - 旁路支持
  - 输入和输出图片，宽度可达 4K 像素
  - 色度和亮度分量水平和垂直方向上的单独缩放
  - 可编程缩放特性查找表
  - 影子寄存器，用于对控制寄存器进行动态重编程
  - 低功耗设计技术

## 3.3 功能描述

### 3.3.1 用于图像缩小的像素插值

对于图像缩小，输入图片像素被视为区域。缩小图像的像素计算为输入图像像素的平均值，根据其贡献区域部分进行加权。

#### 说明

最大缩小因子为 128。

### 3.3.2 用于图像放大的像素插值

放大图像的基本计算是两个相邻像素的插值。插值因子取自可编程查找表。两个输入像素之间的距离分为 64 个区间，每个区间有一个 LUT 条目。对于输出样本的计算，使用包含输出样本位置的区间的 LUT 条目。如果对线性 LUT 进行编程，将会产生双线性插值。

#### 说明

- 水平方向上的最大放大因子为 4。
- 垂直方向上的最大放大因子为 4。
- 只有当数据来自 DDR 内存时，Scalar 引擎才支持图像放大。

### 3.3.3 格式摘要

图表 3-2 DEWARP 输入-输出格式摘要

格式	DeWarp 输入 来自 DMA 读	DeWarp 输出	Scalar 输入 来自 ISP	Scalar 输入 来自 DeWarp	Scalar 输入 来自 DMA 读	Scalar 输出
YUV422 semi-planar	是	是	是	是	是	是
YUV420 semi-planar	是	是	是		是	是
YUV422 interleave	是	是			是	是
YUV444 planar						是
YUV444 interleave						是
RGB888 planar						是
RGB888 interleave						是

对于 VSE (Scalar)，图表 3-3 显示了输入格式和输出格式之间的关系，其中输出格式受输入格式约束。

图表 3-3 VSE 输入和输出格式之间的关系

输入格式	输出格式
YUV422	YUV422、YUV420、YUV444、RGB
YUV420	YUV420、YUV422、YUV444、RGB (源数据来自 DDR 时支持。)

每个标量可以支持 RGB 输出,但三个标量不能同时配置 RGB。三个标量中只有一个可以配置 RGB 格式。