

ARM 的新一代 Mali: 面向主流 SoC 的一体化多媒体平台

简介

主流智能手机和平板市场规模庞大、产品种类繁多。ARM 公司因其 CPU 内核而闻名，但其实它的图形处理器 (GPU) 内核销量同样不容小觑。除 GPU 外，2013 年 ARM 公司还扩充了 Mali 产品家族，加入了视频和显示处理器。

自数年前面世以来，Mali GPU 产品销量逐年攀升，2013 年销量达到 4 亿件，授权合作伙伴超过 60 家。从低端智能手机（价格低至 23 美元）到价格不菲的数字电视，越来越多的设备都配备了 Mali GPU。合作伙伴申请授权的 Mali 产品范围不断扩大，继而出现了大量基于 Mali 的设备。ARM 公司表示，Mali GPU IP 是所有 Android 设备中销量最高的图形 IP。

随着智能设备市场的发展，SoC 产品的差异化也日趋明显。如今细分产品市场足够大，使得 ARM 公司的合作伙伴能够生产特定 SoC，满足特定性能和功能要求，不必再像以前那样，用同一个 SOC 满足不同市场的需求。这些差异包括各种屏幕尺寸、分辨率和形状系数。这些芯片的最终消费者也在期待，随着产品的推陈出新，产品功能持续改进、功耗不断降低。这种对持续创新和差异化的迫切需求，是业内所有芯片供应商的重点关注领域。为了满足 SoC 差异化的要求，新一代 Mali 内核针对不同 GPU 进行了不同的优化，针对视频和显示提供了多种扩展选项，并且缩短了上市时间。

就 GPU 而言，游戏仍然是移动设备用户热衷的活动，也是应用下载中最受欢迎的类别，在 iOS 和 Android 付费应用程序下载榜的前十位中占据多个席位¹。应用程序商店研究公司 App Annie 的最新研究报告显示，所有 Android 应用程序的大部分收入都来自游戏。鉴于移动设备的功耗限制，要提升移动游戏的用户体验并非易事。为了实现这一目标，ARM 公司推出了新一代 Mali 产品，该产品不仅能在更多型号的设备上有更高的能效比，而且提供了更为统一的图形驱动程序，无需在意设备 GPU 的大小。

移动设备视频已经成为我们记录和观看重要生活事件的手段。因此，提高移动设备对高清及以上品质视频的编码和解码能力很重要，在 4K/超高清 (UHD) 视频将逐渐成为主流的

¹ 截至 2014 年 11 月的 Apple iTunes Store 和 Google Play Store 下载排行榜。

情况下就尤为如此。利用移动设备在 WiFi 或蜂窝网络下观看流媒体视频也将越来越普遍。电视机顶盒和无线机顶盒对 4K 视频的支持也会越来越重要。

随着像素不断增加，帧率也在提高，每个像素都会占用更多的资源，但功耗不能增加，这就给 ARM 公司带来了挑战。这意味着需要更高的计算能力和更大的系统带宽和内存带宽。设计媒体系统时，SoC 设计师必须提前考虑这一点，从而避免以不必要的功耗提升换取优质用户体验。这种新型内核主要通过创新技术应对各类内容的带宽需求增长。要在移动设备上呈现游戏机品质的画面，对数据带宽的管理至关重要。

ARM 公司提供了三个不同的 IP 模块：GPU、视频处理器和显示处理器，分别针对图形、视频和用户界面 (UI) 进行优化。为了节能，ARM 公司采用了可应用于多个 IP 模块的先进节能技术，如 ARM 帧缓冲压缩 (AFBC)、自适应可扩展纹理压缩 (ASTC) 等。为缩短供应商的上市时间 (TTM)，ARM 公司将提供全面的驱动支持，这是因为软件对充分发挥架构性能十分重要。驱动程序预先集成，能够与最终 SoC 完美兼容。ARM 公司的另一个上市时间优势在于，所有 Mali 内核都会经过一致的检验和验证流程。

本文将首先探讨 ARM 公司提供的三个主要多媒体 IP 模块：3D 图形、高清视频和 2D 显示处理。

本白皮书后续部分还将探讨 ARM 公司在全新 Mali IP 套件中加入的重要新功能：

- ARM 帧缓冲压缩 (AFBC)——在以上三个 IP 上提供
- 自适应可扩展纹理压缩 (ASTC)——在 GPU 上提供
- 智能组合 (SC)——在 GPU 上提供
- 像素本地存储——在 GPU 上提供
- 运动搜索消除——在视频和显示处理器上提供

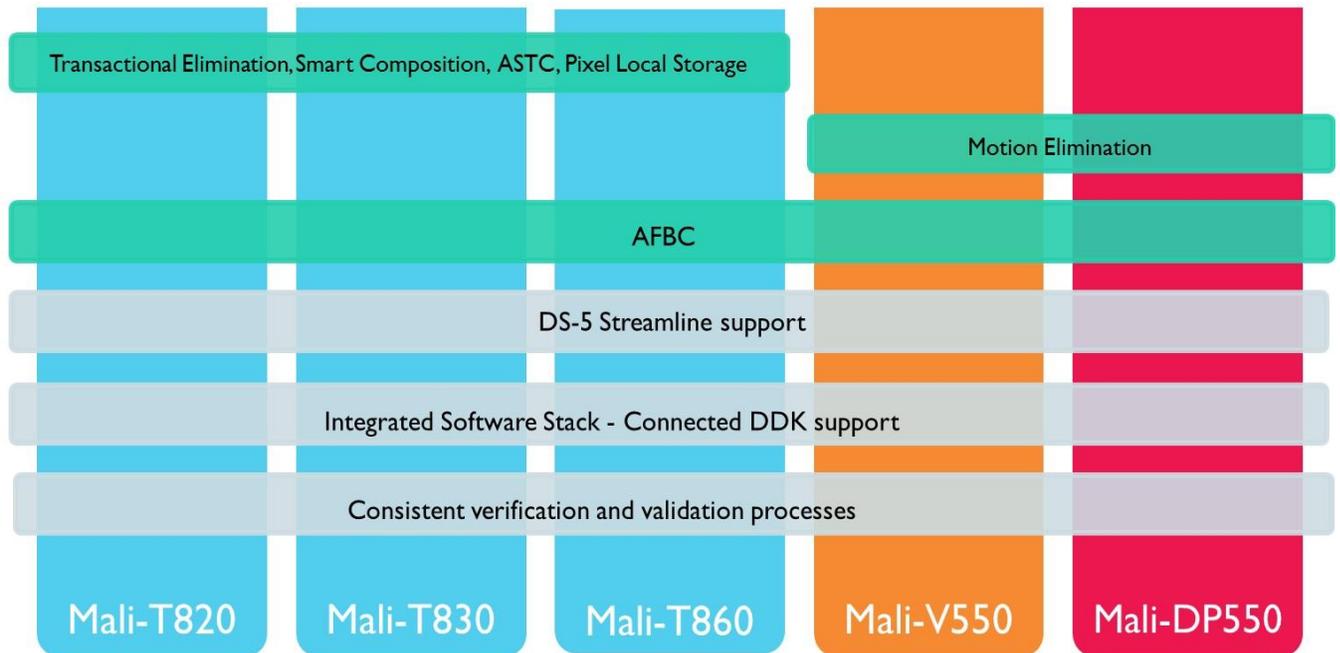
此外，所有产品均支持高动态范围显示的 10 位 YUV 视频。ARM 公司还在 GPU 中融入了传输消除 (TE) 技术，该技术可减少不必要的图形处理，从而节省功耗。

Mali 平台概述

全新的 Mali IP 套件包含三款新 GPU、一款改进版的可扩展视频处理器以及一款增强版的显示处理器，如图 1 所示。Mali Midgard 架构随 Mali-T600 系列 首次面市，如今已是第四代。据估计，新一代 Mali-T860 内核 的节能性比第二代 Mali-T628 GPU 高 45%，即

使在同一进程节点上也是如此。公司预计，在设计实现方案基本相同的情况下，相较 Mali-T700 系列产品，新一代产品的节能性能也会有大幅提升。

图 1：ARM Mali 媒体系统功能



图形处理

Mali-T800 系列 GPU 内核的微架构较 Mali-T700 系列有所改进，并且采用了成熟的带宽压缩技术。纹理和缓存利用率也有所提高。该设计还注重减少多余的数据读取。为节省 GPU 处理时间，GPU 可执行前像素终止 (FPK)，即停止处理将被后续像素重叠或覆盖的像素。ARM 产品还提供缓存大小优化功能（可优化 1MB L2 缓存）和通用存储接口优化功能。更高端的 GPU 内核是 Mali-T860，该产品适用于高性能设备。该产品的亮点是有限热预算下的节能性能。Mali-T860 可扩展至 16 个关联着色器内核。对于 4K 及以上清晰度的高保真内容，Mali-T860 和 T800 系列的其余产品以及 Mali-DP550 和 Mali-V550 均支持 10 位 YUV 输入和输出。对 10 位 YUV 的支持扩展了 Mali 的色域，为超高清显示奠定基础。

此内核还支持各种高性能功能，其中包括适用于图形的 OpenGL ES 3.1 和 Microsoft Windows DirectX 11 FL11_1，以及适用于计算的 OpenCL 1.2/1.1 Full Profile² 和 Google Renderscript。

中端 Mali-T830 在节省芯片面积与提升 3D 和计算性能方面达到了平衡。Mali-T830 为主流移动设备提供了最佳平衡方案。GPU 可扩展至 4 个关联着色器核心。Mali-T830 还融入了与 Mali-T860 一样的带宽压缩技术，并以成本较低的占用方式融合部分高端功能。与第二代 Mali-T622 Midgard GPU 相比，该产品速度快 55%，单位面积性能提升 50%。

Mali-T830 支持的图形 API 包括 OpenGL ES 3.1 和 DirectX 11 FL9_3，这只是 Mali-T860 对 DirectX 支持的一部分。支持的计算 API 包括 OpenCL 1.2/1.1 Full Profile 和 Renderscript。Mali-T830 还可选择性地支持 4K/UHD 应用中的 10 位 YUV 色彩。

当成本和芯片面积成为设计时的主要考虑因素时，Mali-T820 是更注重面积效率。尽管性能受面积限制，但此款内核仍可应对高级 UI 和休闲游戏。ARM 公司节省芯片面积的一种方式是将每个着色器内核中的 ALU 数量从 Mali-T830 中的两个减少为一个。尽管芯片面积受到限制，该公司还是在此款 GPU 中加入了 AFBC 功能，这对低端系列的 GPU 而言还是第一次。图形、视频和显示流水线中均加入了 AFBC 功能，从而简化了新一代 Mali 平台的驱动程序开发工作。

视频处理

Mali-V550 是 Mali 产品家族中新加入的视频处理单元。这款全新的视频处理器不仅增加了对多种编码解码标准的支持（包括 HEVC/H.265 标准），而且能够在单个可扩展视频处理器中进行编码和解码。如今很多 HEVC IP 解决方案要么是单个编码解码模块（需要为其他编码解码器提供多个额外的 IP 模块），要么是需要为分开编码和解码提供独立的模块。Mali-V550 的多种格式编码解码器和编码/解码能力最大限度提高了硬件的复用率，同时将芯片面积和成本降至最低，而且还减少了硬件和软件的集成工作量。

Mali-V550 是一种多核解决方案，能够从单核的 1080p 60fps 扩展至八核的 4K 120fps（或 1080p 480fps）。性能也可扩展，例如，单核能够支持 1080p 60fps 的编码或解码，或同时进行 1080p 30fps 的编码和解码。内核非常灵活，能够同时采用不同的编码标准传输数据，即同时进行编码和解码。数据流可逐帧进行时分多路复用。在 Mali-V550

² 产品基于已发布的 Khronos 规格，并且有望通过 Khronos 符合性测试流程。当前的符合性状态信息请见以下网址：www.khronos.org/conformance。

中，ARM 还加入了运动搜索消除功能，以求最大限度减少通过 Wi-Fi 连接的外部显示（例如使用 Miracast 时）的内存带宽和处理时间。

系统功耗、性能和芯片面积固然十分重要，但视觉质量同样不容忽视。Mali-V550 能够在不掉帧的情况下隐藏较长时间的内存延迟，如果掉帧，回放质量可能会大幅降低。

显示处理

Mali-DP550 显示处理器能够处理各种视频流。Mali-DP550 的新特性包括一个 7 层合成引擎（源于全 4 层的合成）和一个新的协处理器接口。借助该协处理器接口，SoC 供应商能够通过各自的插入式硬件 IP 或算法实现差异化。Mali-DP550 还支持缩放和旋转显示缓存区，从而减少了 GPU 的工作负荷。上述组合、旋转、缩放、后处理和显示输出都在单通道中进行，最大限度降低了内存带宽。如同全新 Mali IP 套件中的其余产品一样，Mali-DP550 也支持系统级 AFBC 和运动搜索消除。

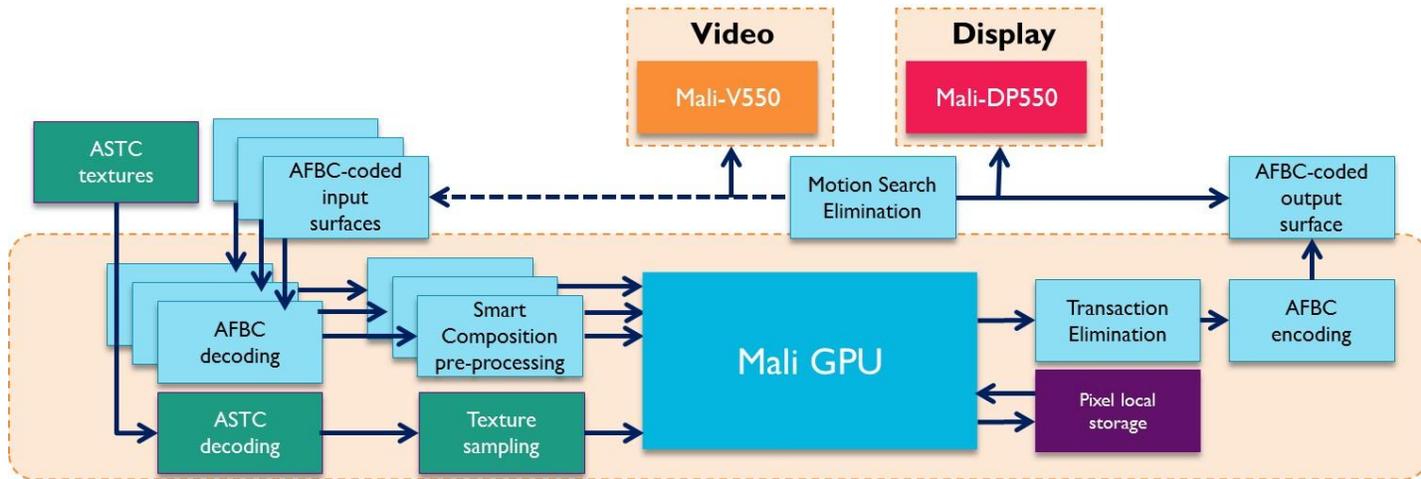
Mali-DP550 具有一套强大的旋转、高质量缩放和图像增强功能。它支持多种 YUV/RGB 像素格式，其中包括用于 4K/UHD 的 10 位 YUV。此款产品的主要特性包括单显示或双显示输出以及与所有主要显示标准的兼容性。

高级 Mali 功能

ARM 帧缓冲压缩 (AFBC)

AFBC 技术（图 2）在降低 SoC 能耗方面发挥了重大作用。如果在系统范围内实现，该技术最多可将图形系统带宽需求降低 50%，具体取决于工作负荷。根据图像内容，帧缓存和中级渲染压缩可平均超过 50%。由于 AFBC 必须是无损压缩格式，压缩量因数据模式而异，某些异常数据模式可能会导致数据扩展而非压缩。ARM 不仅在 GPU 中加入了 AFBC 功能，而且在视频和显示控制器中也加入了这项功能，从而最大限度发挥了系统优势。

图 2: 带宽节省功能

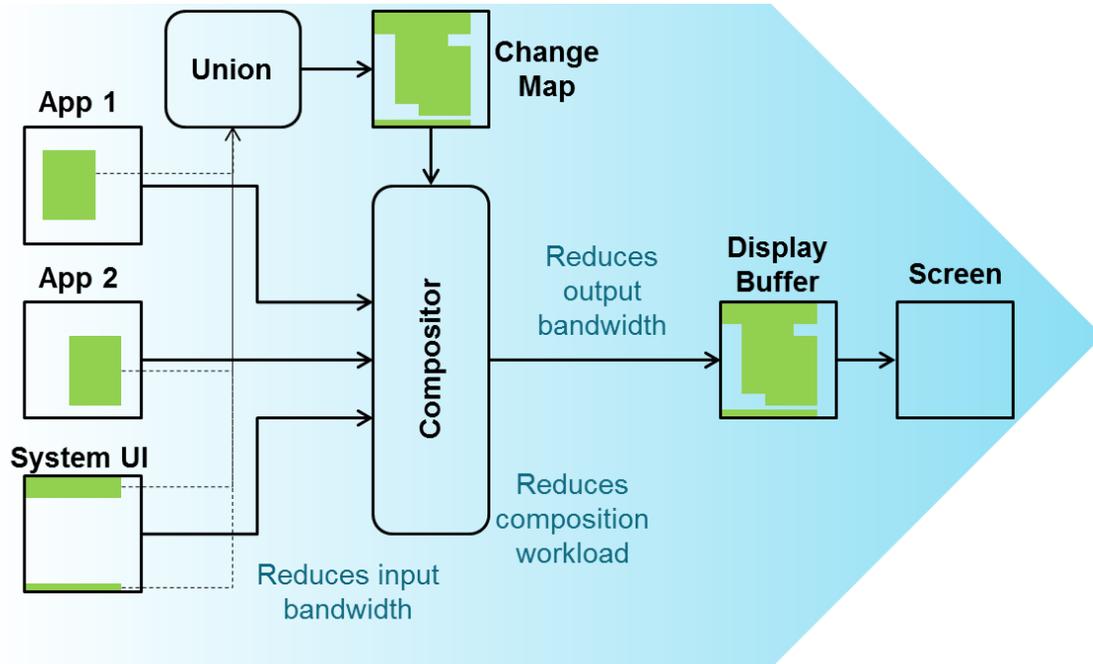


不管是现在还是将来，GPU、视频和显示处理器所用的 ARM IP 将全部支持 ARM 的 AFBC 功能。此外，公司还会向第三方媒体 IP 发放应用 AFBC 格式的许可证。在新产品系列中，ARM 公司在高性价比的 Mali-T820 内核中也加入了 AFBC 功能。

智能组合

ARM 公司的智能组合技术（图 3）可消除不必要的组合，从而大幅减少读取带宽并降低着色器的工作负荷。借助变化贴图，该处理器能够忽略没有变化的贴图。将该技术和窗口管理器集成后，合成引擎即可终止对显示屏上隐藏和静态区域的处理，从而减少带宽并降低 GPU 工作负荷。在 ARM 公司的模拟实验中，Chrome 浏览器的带宽节省高达 90%，社交媒体应用程序的带宽节省也达到 70-80%。

图 3：智能组合



运动搜索消除

借助运动搜索消除功能，ARM 公司进一步改进了传输消除技术。显示和视频处理器为每个显示贴图都保留一个签名（Mali 处理器采用基于贴图的延迟渲染技术）。逐帧对比贴图签名后，如果签名吻合，则无需进行运动搜索。这可大幅节省带宽，因为运动搜索会占用大量带宽。此功能还能降低动态功耗，因为不使用运动搜索硬件模块时，自动门控时钟会使该模块进入闲置状态。

自适应可扩展纹理压缩 (ASTC)

Mali GPU 还融入了受 ARM 公司自主而研发的 ASTC 图像压缩技术。2012 年 8 月，Khronos 集团将 ASTC 采纳为 OpenGL 和 OpenGL ES 的官方可选扩展。游戏应用程序必须遵循这一标准才能使用 ASTC 功能，但由此带来的益处包括更优质的游戏画面和更佳的可扩展纹理。ASTC 还是一种免费的开放标准，其他 GPU 也可以使用。

着色器像素本地存储

这是一种基于 OpenGL ES 3.0 的新扩展，能够进一步提高像素数据格式的灵活性。它可以在帧缓冲区的整个生命周期里实现数据的稳定读取和写入，包括绘制调用和片段着色器调用，从而实现在片段着色器调用之间传递数据，并提高最终像素值建立过程的灵活性。该技术可以让更多数据保留在芯片上，进而降低内存带宽。

结论

让 Mali 媒体套件在同类产品中脱颖而出的一点是，所有图形和视频 IP 产品中都加入了最先进的纹理和帧缓冲压缩功能，并融入了其他先进的带宽节省技术。结合在一起后，这些技术能够减少系统带宽需求，并在降低系统功耗的同时提升系统性能。Mali-V550 视频处理器有着令人赞叹的可扩展性，这使得 SoC 设计能够根据各种视频性能需求进行定制，低至 1080p 视频，高至高帧率 4K 视频都能从容应对。Mali-DP550 融入了先进的 2D 处理功能，从而减轻了 GPU 和视频处理器的工作负荷。通过集成这三种元素，设计师能够搭建极其强大的多媒体平台。

ARM 公司不断改进其多媒体性能和解决方案，并通过推出适用于主流移动设备和数字电视设备的可扩展解决方案来支持最新视频和图形标准。借助新平台内的全新带宽节省技术，使用整个 Mali 平台的效果明显优于单个模块。