

MEDIATEK

# 天玑9300： 全大核 CPU 架构解析

发布日期：  
2024年4月

## 目录

图表目录.....	3
1. 简介.....	4
2. 新型手机应用行为.....	4
2.1. 手机游戏体验趋势.....	4
2.2. 支持折叠屏智能手机发展趋势.....	6
3. 硬件设计的演变.....	7
3.1. 三档 CPU 架构: 打造卓越用户体验.....	7
3.2. 全大核CPU架构.....	7
4. 效能评估.....	9
4.1. 天玑9300 能效曲线.....	9
4.2. 第三方比较分析: 天玑9300 与竞争平台的比较.....	10
5. 软件设计要求.....	12
5.1. 系统软件设计中的闭环调度.....	12
5.2. 对闭环调度的软件支持.....	13
6. 总结.....	13

## 图表目录

图 2.1: 移动游戏 CPU 性能需求趋势.....	5
图 2.2: 基于天玑9300 对手机游戏与复合场景的 CPU TLP 需求趋势.....	5
图 2.3: 游戏(原神)与视频通话(微信)的复合场景案例示意图.....	6
图 2.4: 折叠屏设备的多视窗使用案例示意图.....	6
图 3.1: 天玑1200 CPU 能效曲线图.....	8
图 3.2: 天玑9000 CPU 能效曲线图.....	8
图 4.1: 天玑9300 与天玑9200 之间的小档 CPU 能效曲线比较.....	9
图 4.2: 天玑9300 与天玑9200 多档 CPU 能效曲线比较.....	9
图 4.3: Geekbench v5 多核:天玑9300 比高通骁龙8 Gen 3 具有更好的能效比.....	11
图 4.4: 游戏《原神》:天玑9300 比骁龙8 Gen 3 具有更好的 fps 和能效表现.....	11
图 5.1: 系统中的闭环调度.....	13
表 3.1. 天玑9300 之前的 MediaTek 天玑旗舰芯片的 CPU 架构.....	7
表 4.1. 天玑9300 与天玑9200 关键场景功耗 (mA) 比较.....	10

## 1 简介

MediaTek 于 2017 年首次向智能手机行业推出了三档 CPU 架构设计, 包括大、中、小核心。随着 Arm 推出 Cortex-X CPU 系列, 这使得旗舰级 Android 智能手机能够采用新的三档设计, 分别为超大核心 (Cortex-X)、大核心 (Cortex-A7xx) 和小核心 (Cortex-A5xx), 反映了每种架构和性能能力的差异。自安卓智能手机 SoC 问世以来, 小 CPU 核心一直以某种形式存在, 小核心 (按顺序执行) 被用于低强度任务。

MediaTek 再次以其新一代的安卓智能手机芯片天玑9300 革新了智能手机 SoC 的设计, 这是其首次放弃小 CPU 核心, 采用开创性的「全大核」设计, 其中所有 CPU 核心都配备了乱序执行流水线。这一行业先进的设计和谐地整合了 Arm CPU 架构进展和 MediaTek 的优异能效技术。它使 MediaTek 的 SoC 超越了旗舰级 Android 智能手机市场的期望, 带来了卓越的性能和用户体验升级。在这份白皮书中, 我们将探讨 MediaTek 全大核架构背后的理念, 评估结果, 并讨论为充分利用这款开创性 SoC 所提供的独特优势所需的软件设计。

## 2 新型手机应用行为

旗舰智能手机的性能进展主要受到两个因素的驱动: 手机游戏需求和手机尺寸的限制。这两个因素都在驱动更高的性能需求以及更多的线程级并行性 (TLP)。例如, 2022 年发布的游戏《原神》须弥城 60 帧在超过一半的游戏时间里需要超过 5 的 TLP; 快速增长的可折叠手机市场提供多视窗体验, 这需要更多核心来支持各种多重窗口的应用内容组合。

### 2.1. 手机游戏体验趋势

手机游戏市场预计从 2023 年到 2032 年将实现 15.5% 的高复合年增长率<sup>1</sup>, 并预计将成为增加 CPU 运算需求的主要驱动力。智能手机现在支持与传统游戏机相媲美的显示分辨率和帧率; 90Hz 以上刷新率的屏幕已成为高阶设备的标准配备, 在 2022 年第二季度安卓手机市场已达到近 50% 的用户偏好份额<sup>2</sup>。这种朝着更高刷新率、分辨率以及更复杂游戏内视觉效果的趋势, 需要更多的 CPU 性能 (如图 2-1 所示)。像《原神》这样的游戏通过利用多达六个并行主线程来处理 CPU 密集型任务, 及众多辅助的小线程任务, 体现了需要更多 CPU 性能的趋势。

<sup>1</sup> Precedence Research. Mobile Gaming Market (By Platform: iOS, Android; By Age Group: Below 24 Years, 24-44 Years, Above 44 Years; By Business Model: Freemium, Paid, Free, Paymium) - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, Regional Outlook, and Forecast 2023-2032. July 2023

<sup>2</sup> ANTUTU benchmark. Global Users Preferences for Android Phones, Q2 2022. July 2022

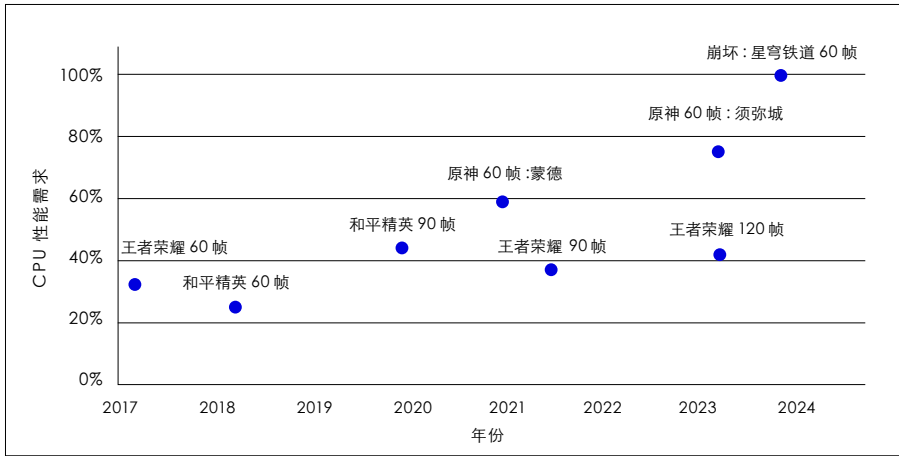


图 2-1 移动游戏 CPU 性能需求趋势

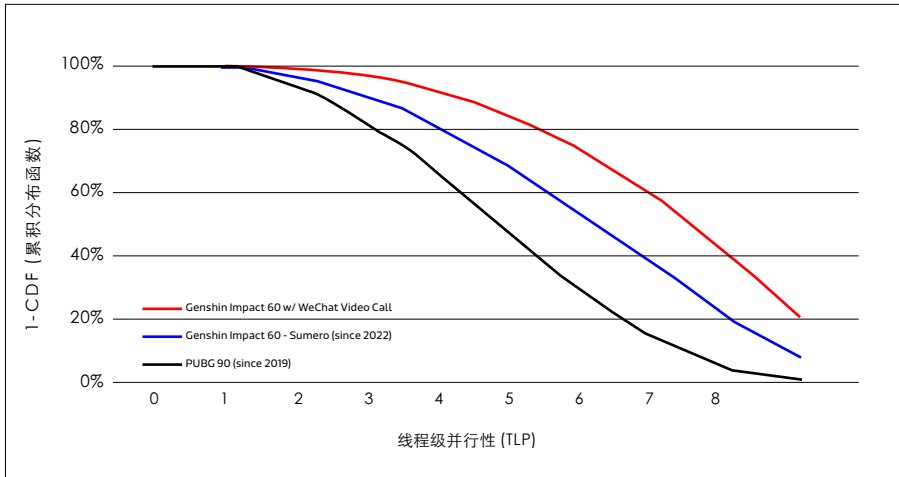


图 2-2 基于天玑9300 对手机游戏与复合场景的 CPU TLP 需求趋势

在复合场景的应用中，比如边玩游戏边进行视频通话，TLP 需求的峰值甚至更高。例如，在玩《原神》60 帧同时进行微信视频通话（如图 2-3 所示），这是一个常见的多任务处理场景，TLP 需求在 60% 的时间里超过了 6（如图 2-2 中的红线所示）。这一应用场景的出现反映出手机对复合场景任务处理能力的需求大幅增加。随着用户越来越期望他们的设备能够流畅地运行多项任务，对手机平台能够满足严格 CPU TLP 的需求显而易见。



图 2-3. 游戏（原神）与视频通话（微信）的复合场景案例示意图

## 2.2. 支持折叠屏智能手机发展趋势

折叠屏设备正在改变智能手机的外观设计，2022 年其市场增长达到了62%<sup>3</sup>。扩大的屏幕空间结合更详细和沉浸式的内容来增强用户体验。多视窗功能使用户能够有效地进行多任务处理，这特别有益于生产力工具和手机娱乐相关的应用。例如，用户可以观看流媒体视频并同时在社交媒体上发表评论，如图 2-4 所示。随着折叠屏设备的兴起，开发者正专注于优化应用程序以利用更大的屏幕空间。这一转变强调了对能同时处理多个高性能任务的 CPU 的需要，而 MediaTek 独特的全大核 CPU 架构在性能和能效方面都表现得相当出色。

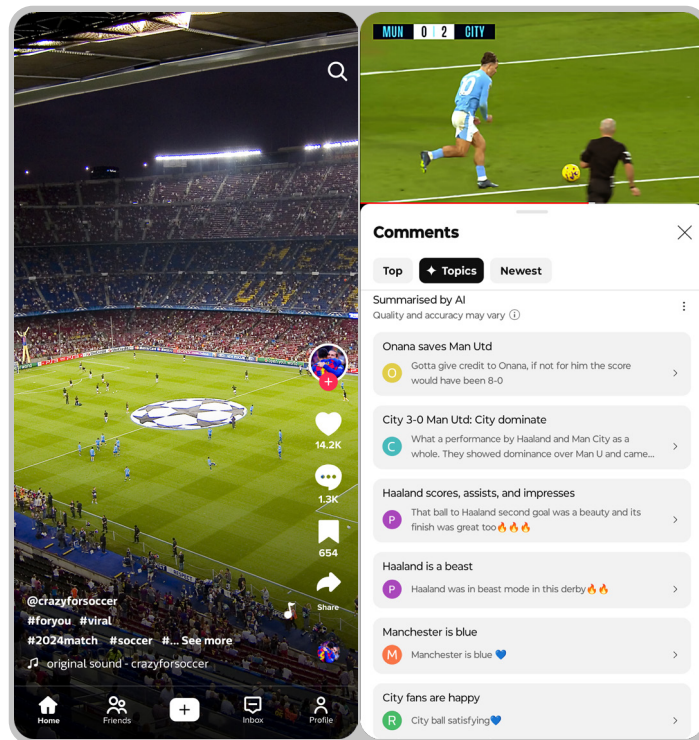


图 2-4. 折叠屏设备的多视窗使用案例示意图

<sup>3</sup> THE TIMES OF INDIA. Foldable phone market declines in the last three months of 2022: Report. Feb 2023

## 3 硬件设计的演变

智能手机用户体验的趋势推动了 MediaTek SoC 设计的演变，自 2019 年天玑系列移动平台推出以来，MediaTek 一直致力于提供业界先进的旗舰 5G 智能手机 SoC。

### 3.1. 三档 CPU 架构：打造卓越用户体验

表 3-1 列出了在天玑9300 之前的 MediaTek 天玑旗舰芯片的 CPU 架构设计。为避免混淆，本白皮书使用“档”来指代 SoC 中的 CPU 核心类别，如小档 (min-gear)、中档 (mid-gear) 和大档 (max-gear)。从天玑1200 开始，采用了三档 CPU 架构，其中大档是 Cortex-A 核心，以峰值时钟速度为目标，针对短暂性能爆发；中档用于可持续游戏体验；小档则用于增加使用时长 (DoU)。接下来一代的天玑9000 引入了两个主要变化：首先，CPU ISA 从 Armv8.2 迁移到新的 Armv9.0，提高了安全性（例如，PAC、BTI、MTE）和机器学习计算能力（例如，BF16、MATMUL）；其次，它使用了 Cortex-X 系列 CPU 核心作为大档，以在单核性能上与竞争对手保持同步。天玑9200 遵循了相同的 CPU 架构设计，但采用了 Arm 该年度推出的 CPU IP。

表 3-1 天玑9300 之前的 MediaTek 天玑旗舰芯片的 CPU 架构

	天玑1000	天玑1200	天玑9000	天玑9200
CPU ISA	Armv8.2	Armv8.2	Armv9.0	Armv9.0
Max-gear		Cortex-A78 x1	Cortex-X2 x1	Cortex-X3 x1
Mid-gear	Cortex-A77 x4	Cortex-A78 x3	Cortex-A710 x3	Cortex-A715 x3
Min-gear	Cortex-A55 x4	Cortex-A55 x4	Cortex-A510 x4	Cortex-A510 x4
L3\$ Size	2MB	2MB	8MB	8MB

### 3.2. 全大核 CPU 架构

尽管三档 CPU 架构有助于实现卓越用户体验，但各档具体的核心设计对于实现更高性能和更低功耗的设计目标至关重要。

在此期间，我们观察到小档的有效范围在每一代旗舰 SoC 中变得越来越小。在天玑1200 中，如图 3-1 所示，小档仅在图表的三分之一以下区域的功耗与性能比超过中档。此外，在天玑9000 中，如图 3-2 所示，中档始终比小档更高效。这一趋势有两个主要原因：首先，Arm v9 按顺序执行 CPU (CortexA510) 提高了 35% 的 IPC，但代价是能效；其次，MediaTek 不断推动在可操作的低电压下提高频率，这显著提升了中档的能效。

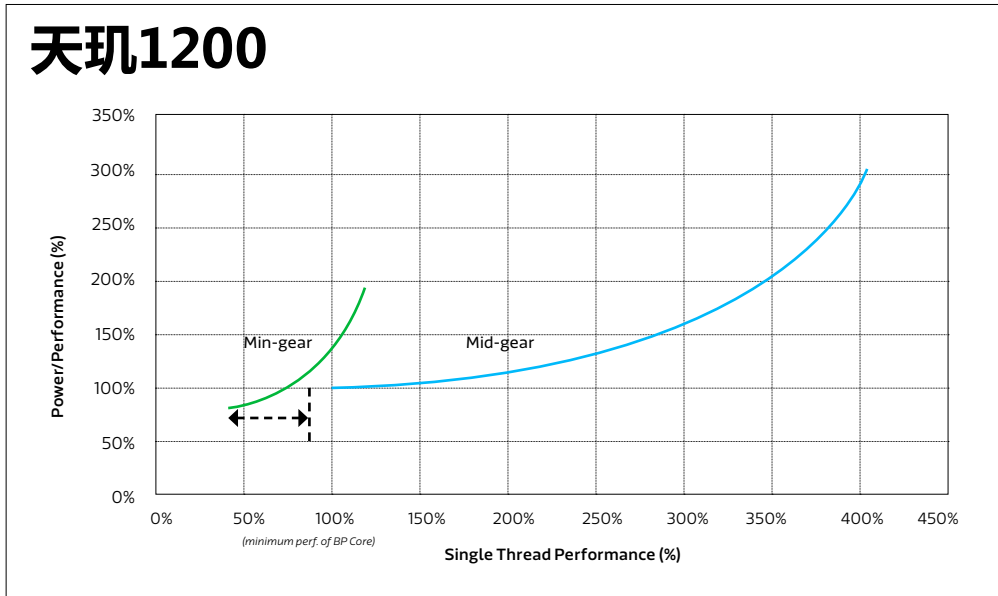


图 3-1 天玑1200 CPU 能效曲线图

这一观察启发了全大核架构的设计，其中中档的乱序执行核心取代了小档的按顺序执行核心，在低性能范围内具有相当的能效比。全大核设计扩展了小档 CPU 的可用范围。鉴于小档现在提供了更广泛的可用性能范围，我们进一步采用了功耗优化的Cortex-X CPU 作为中档，以实现更好的高帧率游戏体验。

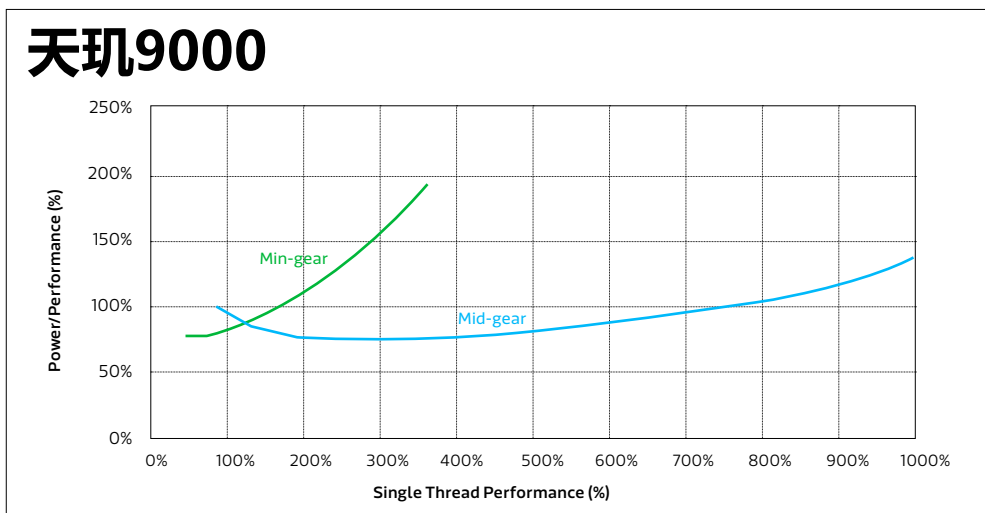


图 3-2 天玑9000 CPU 能效曲线图



## 4 效能评估

在本节中，我们将提供全大核架构的评估结果，以及第三方的比较分析。

### 4.1. 天玑9300 的能效曲线

图4-1 展示了天玑9200 和天玑9300 之间的小档 CPU 能效曲线比较。使用 SpecInt2k6，在相同的性能点上，天玑9300 小档 CPU 的功耗降低了 60%，同时也能够扩展提供与天玑9200 相比 3 倍的峰值性能。

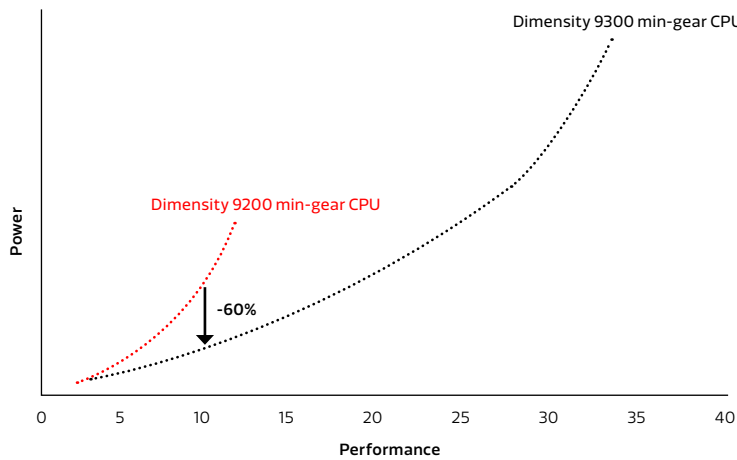


图 4-1 天玑9300 与天玑9200 之间的小档 CPU 能效曲线比较

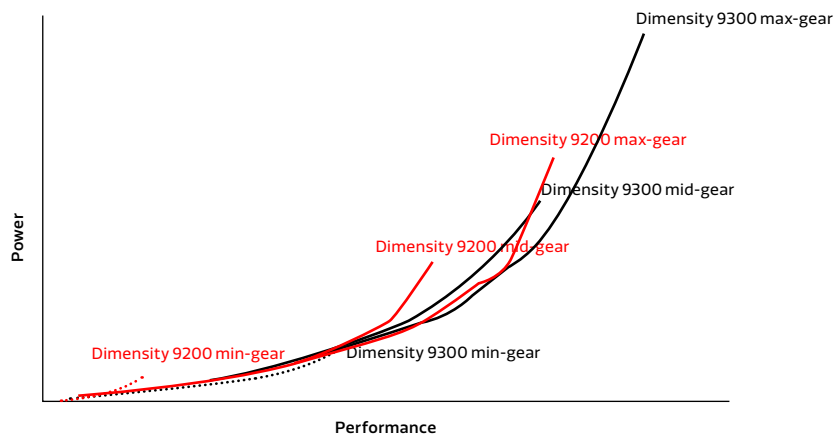


图 4-2. 天玑9300 与天玑9200 多档 CPU 能效曲线比较

图 4-2 展示了天玑9300 和天玑9200 之间的多档 CPU 能效曲线比较。天玑9300 有七个核心可以服务 SpecInt2k6 中 10 到 35 的性能范围，而天玑9200 只有四个。额外提供 10 到 35 性能范围的核心可以更好地支持更多并发工作负载。

表4-1 展示了天玑9300 和天玑9200 在关键用户场景下的功耗使用比较，其中天玑9300 的功耗大约降低了 10%。总结：全大核架构可以提供更高的多线程性能，而不牺牲 DoU (使用时长)。

表4-1 天玑9300 与天玑9200 关键场景功耗 (mA) 比较

Category	Scenario	Dimensity 9300 1st All-big-core (Measurement)	Dimensity 9200 (Measurement)
Basic	Flight Mode Suspend	5.0	5.7
	Home Screen Idle (CMD)	11.0	12.7
	MP3 (ADSP offload)	22.0	25
	Video - H.264 (1080P, 30FPS) HW mode	80	90
Camera	Capture Preview (1080P, 30FPS)	251	275
	Video Record 1080P EIS 30fps	308	331
	Video Record 4K EIS 30fps	386	428
	Video Record 4K EIS 60fps	625	707
Game	*Genshin 60 (fps/mA) *latest heavy scene	59.9/1231	56/1259

## 4.2. 第三方比较分析：天玑9300 与竞争平台的比较

网络评测媒体“极客湾”发布了一篇评测视频，将天玑9300 与高通骁龙8 Gen3 和苹果A17 Pro SoC 进行了比较。在这项独立评估中，天玑9300 在 Geekbench v5 多核得分上超过了两个竞争对手 SoC。得分 (以苹果A17 Pro 为基准)：

- MediaTek 天玑9300: 7368 (116%)，
- 高通骁龙8 Gen 3: 6782 (107%)，
- 苹果A17 Pro: 6342 (100%)。

报告还详细介绍了天玑9300 和骁龙8 Gen 3 的 CPU 能效曲线，其中 X 轴是总功耗 (瓦特)，Y 轴是 Geekbench v5 多核得分，如图 4-3 所示。我们可以看到，在相同的功耗下，天玑9300 提供了更高的多核性能。

<sup>4</sup> 极客湾 . MediaTek Dimensity 9300 Review. 2023.11.7

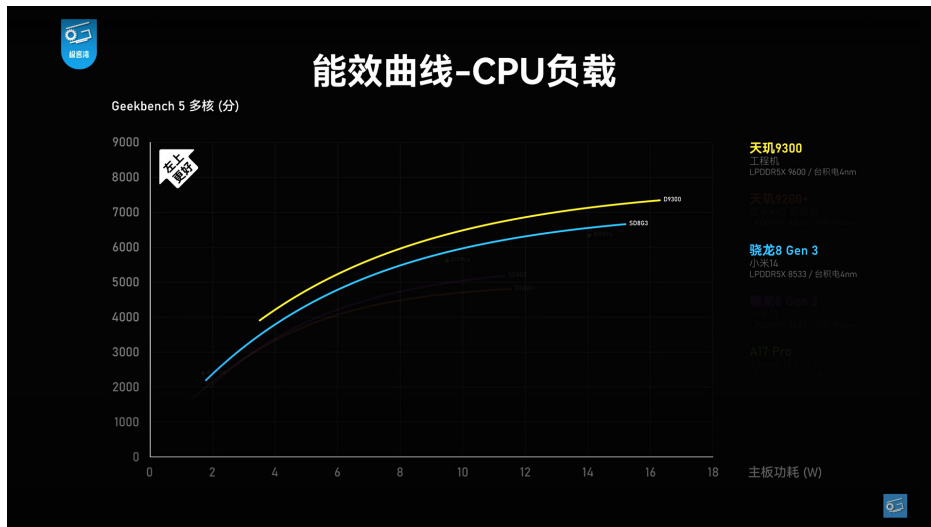


图 4-3 Geekbench v5 多核: 天玑9300 比高通骁龙8 Gen 3 具有更好的能效比

在重负载游戏的评估中, 如《原神》, 天玑9300继续超越骁龙8 Gen 3, 实现了略高的帧率, 同时功耗也更低。

- MediaTek 天玑9300: 59.7fps @ 5.5W,
- 高通骁龙8 Gen 3: 59.2fps @ 5.7W

图4-4 给出了随时间变化的实时帧率。如所见, 天玑9300 (橙线) 提供了更稳定的帧率, 显着减少了大幅度的波动 (微卡顿), 这等同于更好的用户体验。

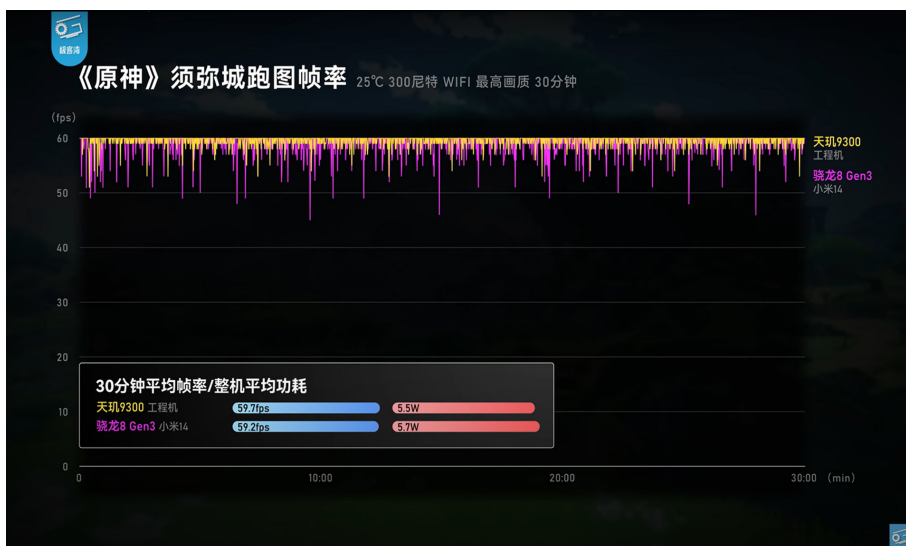


图 4-4 游戏《原神》: 天玑9300 比骁龙8 Gen 3 具有更好的 fps 和能效表现

这些结果交叉验证了全大核设计目标: 以更少的功耗实现更好、更稳定的性能。

## 5 软件设计要求

全大核 CPU 架构为优化用户体验提供了坚实的硬件基础。某些软件场景可以直接从这种架构中受益，而无需在 Android 中进行任何修改。典型的例子包括执行 dex2oat 编译线程和 zram 压缩线程。其中 dex2oat 线程负责将应用程序代码从 dex 格式转换为可执行二进制文件，从而提高应用程序代码执行的性能。同时，zram 线程压缩不活跃的内存页面，释放宝贵的内存空间。这两项任务通常被系统调度器视为非关键任务，并经常分配给小档核心以节省功耗。然而，它们的执行可以间接影响前台应用的响应性。有了全大核架构，这种影响被最小化，因为这些“非紧急”任务被更快地执行。

不过，要真正挖掘全大核硬件的全部潜力，系统化和深思熟虑的软件设计至关重要，以找到功耗和性能之间的平衡。关键是 CPU 核心在可休眠的情况下迅速且深入地进入睡眠模式。由于智能手机同时处理来自应用程序、系统框架和平台驱动程序的众多任务，软件设计原则如下：

- 对于单一任务，核心应在任务分配时迅速激活，并在没有活动任务时迅速进入睡眠模式。
- 对于多个任务，应将这多个任务进行组合，不间断执行，以防止重复的激活/睡眠周期。
- 对于中断处理，系统应尽量减少对 CPU 的 IRQ 数量，并考虑将它们卸载到内部专用微处理器。

除了这些原则外，传统的对于三档 CPU 的调度策略仍然很重要。例如，将应用程序中需要即时响应的任务分配给大档核心以实现快速响应。

### 5.1. 系统软件设计中的闭环调度

为了实践我们提出的软件设计原则，我们在安卓系统软件中采用闭环调度技术。这个闭环主要可以分解为三个功能组件，如图 5-1 所示：

- 任务行为、资源需求的判断：该组件负责识别应用行为，设定性能目标，并评估资源需求。
- 任务、资源的管理：该组件将任务映射到平台资源上，并动态调节资源属性，如运行频率等。
- 发热管理、电池调节：在设备温度、电池能力的限定条件下动态监控和调节系统操作行为。

为了执行闭环调度，需要对安卓系统进行修改，以实现应用程序与硬件平台之间的信息交流。

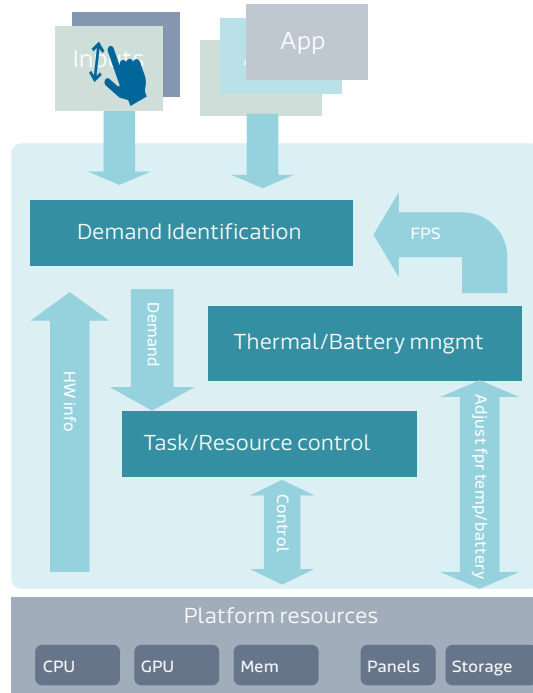


图 5-1 系统中的闭环调度

## 5.2. 对闭环调度的软件支持

安卓系统实现闭环调度有几个关键举措：

- 确定性能指标：应用程序可明确指明它们的性能目标，如帧率或执行时间预算。这些信息对于调度器有效分配任务至关重要。
- 识别关键路径：系统需要识别关键路径任务，例如，生成一帧所要执行的任务。这允许调度器适当地优先处理这些任务，并防止它们被不那么紧急的任务阻塞。
- 实现任务对齐：调度器必须支持将任务与指示一帧开始的事件（如vsync信号）对齐的机制。
- 实现任务组合：为了最小化 CPU 唤醒时间，系统应支持跨多个帧的任务组合。

MediaTek 已经投入了大量努力进行系统增强。鉴于软件支持的范围广泛，从应用开发到系统级优化，与安卓社区内的合作对于发展这些能力至关重要。

## 6 总结

MediaTek 天玑9300 开创性的全大核 CPU 架构代表了 Arm CPU 架构和 MediaTek 能效技术的创新发展。MediaTek 创造了一款超越所有市场预期的 SoC，其所立下的性能标杆，不仅增强当前移动应用的使用者体验，还为未来应用和体验提供更多的可能性。

要充分发挥 MediaTek 全大核 CPU 架构的能力，需要通过软件系统设计的改进实现能效和性能之间的理想平衡。其中的关键在于使处理器核心能够在有机会时迅速地、深度地进入睡眠状态。在安卓社区内促进合作对于增强这些能力至关重要。