



# Linux GPU 开发指南

版本号: 1.1  
发布日期: 2021.5.13

## 版本历史

| 版本号 | 日期        | 制/修订人   | 内容描述          |
|-----|-----------|---------|---------------|
| 1.0 | 2020.7.2  | AWA1639 | 初始化版本         |
| 1.1 | 2021.5.13 | AWA1639 | 增加适配 Mali-G31 |

## 目 录

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| <b>1 前言</b>                  | <b>1</b>  |
| 1.1 文档简介                     | 1         |
| 1.2 目标读者                     | 1         |
| 1.3 适用范围                     | 1         |
| <b>2 模块介绍</b>                | <b>2</b>  |
| 2.1 模块功能介绍                   | 2         |
| 2.2 相关术语介绍                   | 2         |
| 2.2.1 硬件术语                   | 2         |
| 2.2.2 软件术语                   | 2         |
| 2.3 模块配置介绍                   | 3         |
| 2.3.1 Device Tree 配置说明       | 3         |
| 2.3.1.1 GE8300               | 3         |
| 2.3.1.2 Mali-G31             | 4         |
| 2.3.2 kernel menuconfig 配置说明 | 5         |
| 2.4 驱动框架介绍                   | 6         |
| <b>3 模块接口说明</b>              | <b>7</b>  |
| <b>4 模块使用范例</b>              | <b>8</b>  |
| <b>5 FAQ</b>                 | <b>10</b> |
| 5.1 调试方法                     | 10        |
| 5.1.1 调试工具                   | 10        |
| 5.1.2 调试节点                   | 10        |

# 1 前言

## 1.1 文档简介

介绍 Sunxi 平台上 GPU 驱动模块的一般使用方法及调试接口，为开发与调试提供参考。

## 1.2 目标读者

GPU 驱动开发人员及 GPU 应用开发和维护人员。

## 1.3 适用范围

表 1-1: 适用产品列表

| 产品名称   | 内核版本                | 驱动文件                       | GPU 型号   |
|--------|---------------------|----------------------------|----------|
| T509   | Linux-4.9           | modules/gpu/img-rgx/*      | GE8300   |
| MR813  | Linux-4.9           | modules/gpu/img-rgx/*      | GE8300   |
| R818   | Linux-4.9           | modules/gpu/img-rgx/*      | GE8300   |
| A133   | Linux-4.9&Linux-5.4 | modules/gpu/img-rgx/*      | GE8300   |
| H616   | Linux-4.9           | modules/gpu/mali-bifrost/* | Mali-G31 |
| T507   | Linux-4.9           | modules/gpu/mali-bifrost/* | Mali-G31 |
| T507-H | Linux-4.9           | modules/gpu/mali-bifrost/* | Mali-G31 |
| T517-H | Linux-4.9           | modules/gpu/mali-bifrost/* | Mali-G31 |

## 2 模块介绍

### 2.1 模块功能介绍

GPU 是图形加速引擎，能够提供 2D 和 3D 加速，能够绘制普通 UI、游戏，能够做缩放、全景拼接、畸变矫正等处理，GPU 还能提供并行运算算力。

在有硬件做支撑的前提下，软件的兼容性显得特别重要。目前使用最为广泛的图形加速 API 是 Khronos 组织提出来的 OpenGL，在移动端产品中对应地叫 OpenGL ES。OpenGL ES 是在 OpenGL 的基础上做一些裁剪，以更好地适应移动端产品对功耗和成本限制的较高要求。除了 OpenGL 之外，Khronos 还定义了 Vulkan 这一套新的图形渲染 API，旨在替代 OpenGL/OpenGL ES。此外，Khronos 组织还定义了一套并行运算 API，即 OpenCL，开发者可以通过 OpenCL 接口来使用 GPU 硬件进行算法加速。

不同的平台使用的 GPU 硬件型号一般都是有差异的，型号不同其驱动也有所不同，但同一型号的 GPU 的配置方法一般都是一样的，同时不同型号的 GPU 也有共性方面的使用及配置，下面的说明如未分型号说明，则表明是所有 GPU 通用的。

### 2.2 相关术语介绍

#### 2.2.1 硬件术语

表 2-1: 模块硬件相关术语介绍

| 相关术语 | 解释说明  |
|------|---|
| GPU  | Graphics Processing Unit，图形处理单元，主要用于 2D 和 3D 加速 |

#### 2.2.2 软件术语

表 2-2: 模块硬件相关术语介绍

| 相关术语     | 解释说明                       |
|----------|----------------------------|
| DVFS     | 动态电压频率调整，用于根据不同需求动态调节频率及电压 |
| GPU idle | 根据 GPU 空闲与否自动开关电源及时钟       |

## 2.3 模块配置介绍

### 2.3.1 Device Tree 配置说明

Device Tree 主要用来配置模块相关的参数，例如中断、寄存器、时钟信息、vf 表等。

Device Tree 文件的路径为：

arch/arm64 (32 位平台为 arm) /boot/dts/sunxi/{CHIP}.dtsi(CHIP 为研发代号，如 sun50iw10p1 等)

以及

device/config/chips/{IC}/configs/{BOARD}/board.dts(IC 为产品型号，如 T509，BOARD 为板型如 perf1)

其中，前者用于配置中断、寄存器、时钟信息等固定参数，后者则用于配置 vf 表、各种功能使能开关等可变参数。

#### 2.3.1.1 GE8300

GE8300 的 Device Tree 配置信息如下：

```
gpu: gpu@0x01800000 {
    device_type = "gpu";
    compatible = "img,gpu";
    reg = <0x0 0x01800000 0x0 0x80000>; //寄存器地址
    interrupts = <GIC_SPI 97 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>; //中断
    interrupt-names = "IRQGPU";
    clocks = <&clk_pll_gpu>, <&clk_gpu>; //时钟
    clock-names = "clk_parent", "clk_mali";
    power-domains = <&pd_gpu>;
};
```

```
gpu: gpu@0x01800000 {
    gpu_idle = <0>;
    dvfs_status = <1>;
    pll_rate = <504000>;
    independent_power = <0>;
    operating-points = <
        /* KHz    uV */
        504000 950000
        472500 950000
        441000 950000
        252000 950000
    >;
    gpu-supply = <&reg_dcdc4>;
};
```

GE8300 在 board.dts 中的配置参数说明如下：

表 2-3: board.dts 配置说明

| 参数名               | 说明                              |
|-------------------|---------------------------------|
| independent_power | GPU 是否独立供电, 0 表示非独立供电, 1 表示独立供电 |
| gpu_idle          | 是否打开 GPU idle, 0 表示否, 1 表示是     |
| dvfs_status       | 是否打开 DVFS, 0 表示关闭, 1 表示打开       |
| operating-points  | GPU 的 vf 表                      |
| gpu-supply        | GPU 独立供电时使用的 regulator 的 id     |

### 2.3.1.2 Mali-G31

Mali-G31 的 Device Tree 配置信息如下:

```
gpu: gpu@0x01800000 {
    device_type = "gpu";
    compatible = "arm,mali-midgard";
    reg = <0x0 0x01800000 0x0 0x10000>; //寄存器地址
    interrupts = <GIC_SPI 95 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>, //中断
               <GIC_SPI 96 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>,
               <GIC_SPI 97 IRQ_TYPE_LEVEL_HIGH>;
    interrupt-names = "JOB", "MMU", "GPU";
    clocks = <&clk_pll_gpu>, <&clk_gpu0>, <&clk_gpu1>; //时钟
    clock-names = "clk_parent", "clk_mali", "clk_bak";
    #cooling-cells = <2>;
    ipa_dvfs:ipa_dvfs { //温控ipa相关参数
        compatible = "arm,mali-simple-power-model";
        static-coefficient = <17000>;
        dynamic-coefficient = <750>;
        ts = <254682 9576 0xffffffff98 4>;
        thermal-zone = "gpu_thermal_zone";
        ss-coefficient = <36>;
        ff-coefficient = <291>;
    };
};
```

```
gpu: gpu@0x01800000 {
    gpu_idle = <1>;
    dvfs_status = <0>;
    operating-points = <
        /* KHz    uV */
        600000 950000
        576000 950000
        540000 950000
        504000 950000
    >;
};
```

Mali-G31 在 board.dts 中的配置参数及含义与 GE8300 一致, 详情可参考上一章节。

## 2.3.2 kernel menuconfig 配置说明

进入内核根目录，执行 `make ARCH=arm64 menuconfig`  
GPU 配置路径如下：

Device Drivers —>

Graphics support —>

GPU support for sunxi —>

(ge8300) The GPU type

配置界面如下图所示：

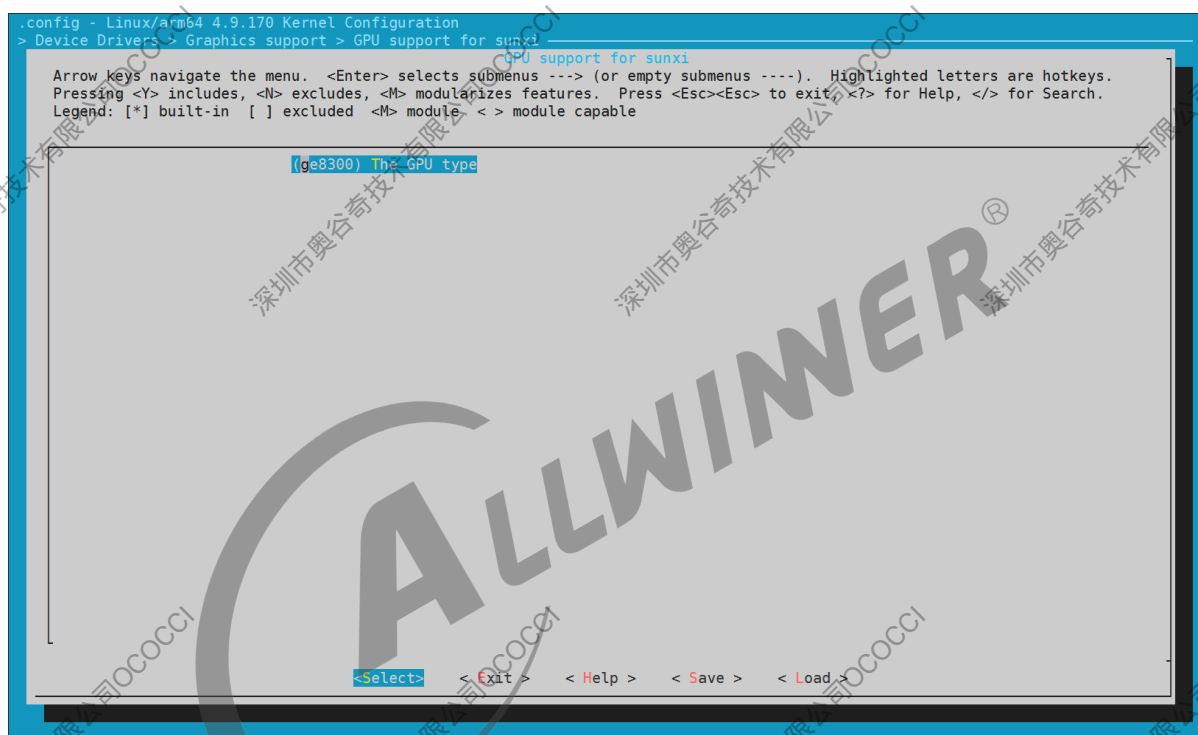


图 2-1: GPU 内核配置图

当需要编译 GPU 内核态驱动代码时，指定该项值为“ge8300”或“mali-g31”即可使能相应的驱动编译，当不需要 GPU 的内核驱动时，将上述配置项的值修改为 None 即可。



## 2.4 驱动框架介绍

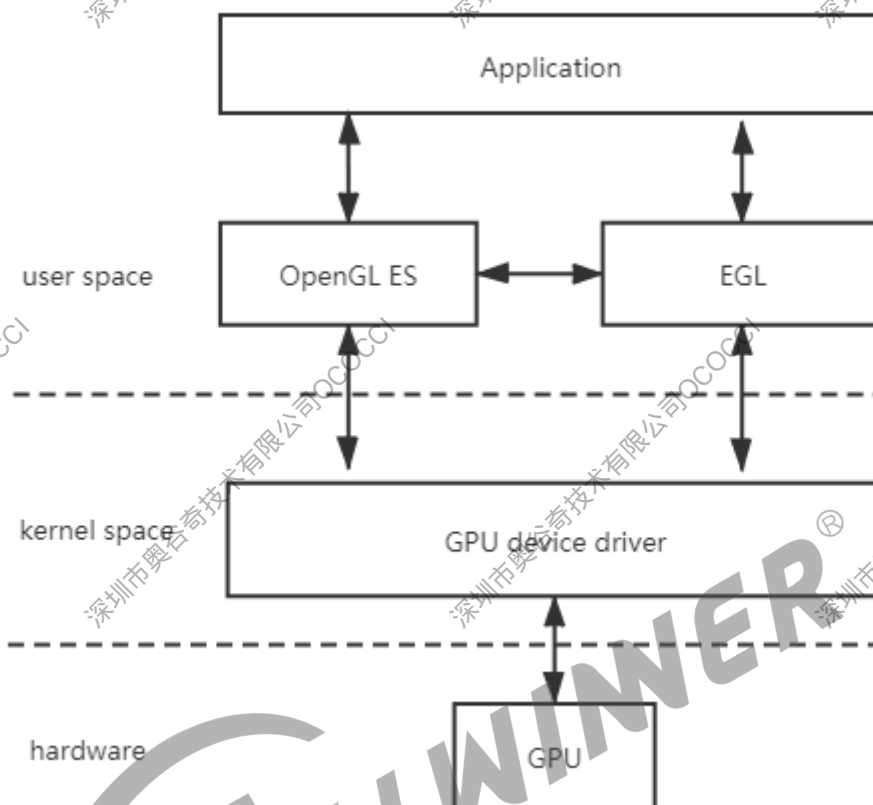


图 2-2: GPU 软件框架

针对 OpenGL ES 场景，GPU 软件框架如上图所示，应用通过调用 EGL 和 OpenGL ES 来使用 GPU 做硬件加速，而 EGL 和 OpenGL ES 则通过调用 GPU 内核态驱动（Device Driver）完成底层硬件操作。值得说明的是 EGL 和 OpenGL ES 代码闭源，以动态库 so 的形式提供。Vulkan、Open CL 等使用场景的代码框架与 OpenGL ES 场景基本一致，在此不赘述。

### 3 模块接口说明

应用使用 GPU 硬件加速主要是通过 OpenGL ES、Vulkan、Open CL 等接口来实现，有关这些接口的详细说明请参考以下链接：

<https://www.khronos.org/registry/EGL/>

[https://www.khronos.org/registry/OpenGL/index\\_es.php](https://www.khronos.org/registry/OpenGL/index_es.php)

<https://www.khronos.org/registry/OpenCL/>

<https://www.khronos.org/registry/vulkan/>

## 4 模块使用范例

以下是一个使用 GPU 进行渲染的 OpenGL ES 程序（基于 fbdev）。

```
#include <stdio.h>
#include <EGL/egl.h>
#include <GLES2/gl2.h>
#include <GLES2/gl2ext.h>

int main(int argc, char **argv)
{
    EGLBoolean egl_ret;
    EGLContext context;
    EGLSurface window_surface;
    EGLConfig config;
    EGLint num_config;
    EGLDisplay dpy = eglGetDisplay(EGL_DEFAULT_DISPLAY);
    EGLint context_attribs[] = {
        EGL_CONTEXT_CLIENT_VERSION, 2,
        EGL_NONE
    };

    EGLint attrib_list[] = {
        EGL_RED_SIZE, 8,
        EGL_GREEN_SIZE, 8,
        EGL_BLUE_SIZE, 8,
        EGL_ALPHA_SIZE, 8,
        EGL_SURFACE_TYPE, EGL_WINDOW_BIT,
        EGL_RENDERABLE_TYPE, EGL_OPENGL_ES2_BIT,
        EGL_NONE
    };

    if (dpy == EGL_NO_DISPLAY) {
        printf("eglGetDisplay returned EGL_NO_DISPLAY\n");
        return -1;
    }

    egl_ret = eglInitialize(dpy, NULL, NULL);
    if (egl_ret != EGL_TRUE) {
        printf("eglInitialize failed\n");
        return -1;
    }

    egl_ret = eglChooseConfig(dpy, attrib_list, &config, 1, &num_config);
    if (egl_ret != EGL_TRUE) {
        printf("eglChooseConfig failed\n");
        return 0;
    }

    window_surface = eglCreateWindowSurface(dpy, config, (NativeWindowType)NULL, NULL);
    if (window_surface == EGL_NO_SURFACE) {
        printf("eglCreateWindowSurface failed\n");
        return 0;
    }
}
```

```
}  
  
context = eglCreateContext(dpy, config, EGL_NO_CONTEXT, context_attribs);  
if (context == EGL_NO_CONTEXT) {  
    printf("eglCreateContext failed\n");  
    return 0;  
}  
  
egl_ret = eglMakeCurrent(dpy, window_surface, window_surface, context);  
if (egl_ret != EGL_TRUE) {  
    printf("eglMakeCurrent failed\n");  
    return 0;  
}  
  
glClearColor(1.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f);  
  
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);  
  
eglSwapBuffers(dpy, window_surface);  
eglDestroySurface(dpy, window_surface);  
  
eglDestroyContext(dpy, context);  
  
eglTerminate(dpy);  
}
```

## 5 FAQ

### 5.1 调试方法

#### 5.1.1 调试工具

- Systrace

Systrace 是 Android 4.1 版本之后推出的，对系统性能分析的工具，实现原理是在系统的一些关键路径（比如 System Service, 虚拟机, Binder 驱动）插入一些信息收集，从而获取系统关键路径的运行时间信息，进而得到整个系统的运行性能信息。Systrace 的功能包括跟踪系统的 I/O 操作、内核工作队列、CPU 负载以及 Android 各个子系统的运行状况等。借助该工具能有效提升对显示绘制通路的分析调试效率，具体的使用说明可参照以下链接：

[https://developer.android.google.cn/studio/profile/systrace?hl=zh\\_cn](https://developer.android.google.cn/studio/profile/systrace?hl=zh_cn)

- PVRTrace

PVRTrace 是 PowerVR 提供的用于性能分析、鉴定瓶颈、修改应用程序等功能的工具集 PowerVR Graphics Tools 中的一部分。PVRTrace 一般用于完成记录与分析操作，具体而言，PVRTrace 可以捕获 OpenGL ES 应用程序的 API 调用，方便溯源分析代码流程。通过 PVRTrace，可以抓取每个 OpenGL ES 调用接口及每一帧绘制的图像，并可抓取的调用进行回放操作。具体的使用说明可参考以下链接：

[https://docs.imgtec.com/PVRTune\\_Manual/topics/pvrtune\\_introduction.html](https://docs.imgtec.com/PVRTune_Manual/topics/pvrtune_introduction.html)

#### 5.1.2 调试节点

- /sys/kernel/debug/sunxi\_gpu/dump

该节点用于打印出当前 GPU 的状态信息，包括当前 GPU 的 idle 功能使能状态、DVFS 使能状态、是否独立供电、GPU 当前电压频率等。

使用方法：

```
cat /sys/kernel/debug/sunxi_gpu/dump
```

## 著作权声明

版权所有 © 2021 珠海全志科技股份有限公司。保留一切权利。

本文档及内容受著作权法保护，其著作权由珠海全志科技股份有限公司（“全志”）拥有并保留一切权利。

本文档是全志的原创作品和版权财产，未经全志书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制、修改、发表或传播本文档内容的部分或全部，且不得以任何形式传播。

## 商标声明



# 全志科技



（不完全列

举）均为珠海全志科技股份有限公司的商标或者注册商标。在本文档描述的产品中出现的其它商标，产品名称，和服务名称，均由其各自所有人拥有。

## 免责声明

您购买的产品、服务或特性应受您与珠海全志科技股份有限公司（“全志”）之间签署的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所购买或使用的范围内。使用前请认真阅读合同条款和相关说明，并严格遵循本文档的使用说明。您将自行承担任何不当使用行为（包括但不限于如超压，超频，超温使用）造成的不利后果，全志概不负责。

本文档作为使用指导仅供参考。由于产品版本升级或其他原因，本文档内容有可能修改，如有变更，恕不另行通知。全志尽全力在本文档中提供准确的信息，但并不确保内容完全没有错误，因使用本文档而发生损害（包括但不限于间接的、偶然的、特殊的损失）或发生侵犯第三方权利事件，全志概不负责。本文档中的所有陈述、信息和建议并不构成任何明示或暗示的保证或承诺。

本文档未以明示或暗示或其他方式授予全志的任何专利或知识产权。在您实施方案或使用产品的过程中，可能需要获得第三方的权利许可。请您自行向第三方权利人获取相关的许可。全志不承担也不代为支付任何关于获取第三方许可的许可费或版税（专利税）。全志不对您所使用的第三方许可技术做出任何保证、赔偿或承担其他义务。