



# Linux CPUFREQ 开发指南

版本号: 1.2  
发布日期: 2023.03.08

## 版本历史

版本号	日期	制/修订人	内容描述
1.0	2021.01.08	AWA0863	添加初始版本
1.1	2021.03.16	AWA0863	增加“怎样修改电压频率表”章节
1.2	2023.03.08	AWA0863	增加“怎样修改电压频率表”说明



# 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
2.3 模块配置介绍	2
2.3.1 Device Tree 配置说明	2
2.3.2 board.dts 配置说明	7
2.3.3 kernel menuconfig 配置说明	8
2.4 源码结构介绍	9
2.5 驱动框架介绍	10
<b>3 FAQ</b>	<b>11</b>
3.1 调试方法	11
3.1.1 调试节点	11
3.2 常见问题	11
3.2.1 调频策略使用说明	11
3.2.2 怎样获取当前使用的电压频率表	12
3.2.3 怎样修改电压频率表	13
3.2.4 怎样验证 cpufreq 电压频率	14

# 1 前言

## 1.1 文档简介

介绍 CPUFREQ 使用方法。

## 1.2 目标读者

CPUFREQ 驱动及应用层的使用人员。

## 1.3 适用范围

表 1-1: 适用产品列表

内核版本	驱动文件
Linux-4.9	drivers/cpufreq/*
Linux-5.4	drivers/cpufreq/*

## 2 模块介绍

### 2.1 模块功能介绍

CPUFREQ 负责系统运行过程中 CPU 频率和电压的动态调整。

### 2.2 相关术语介绍

表 2-1: 术语介绍

术语	说明
Sunxi	指 Allwinner 的一系列 SOC 硬件平台。
DVFS	动态频率电压调整

### 2.3 模块配置介绍

#### 2.3.1 Device Tree 配置说明

设备树中存在的是该类芯片所有平台的模块配置，设备树文件的路径为：kernel/linux-4.9/arch/arm64（32 位平台为 arm）/boot/dts/sunxi/CHIP.dtsi(CHIP 为研发代号，如 sun50iw10p1 等)。

- 对于 sun8iw19p1 等没有 cpu 分 bin 需求的平台  
v-f 表：

```
cpu_opp_l_table: opp_l_table {
    compatible = "operating-points-v2";
    opp-shared;

    opp@720000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 <720000000>;
        opp-microvolt = <820000>;
        clock-latency-ns = <244144>;
    };
    opp@936000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 <936000000>;
        opp-microvolt = <820000>;
    };
}
```

```

clock-latency-ns = <244144>;
};
opp@1104000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1104000000>;
    opp-microvolt = <900000>;
    clock-latency-ns = <244144>;
};
opp@1200000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1200000000>;
    opp-microvolt = <950000>;
    clock-latency-ns = <244144>;
};
opp@1320000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1320000000>;
    opp-microvolt = <1000000>;
    clock-latency-ns = <244144>;
};
opp@1416000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1416000000>;
    opp-microvolt = <1050000>;
    clock-latency-ns = <244144>;
};
opp@1512000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1512000000>;
    opp-microvolt = <1050000>;
    clock-latency-ns = <244144>;
};
};

```

compatible = "operating-points-v2";：用于匹配驱动的属性。

opp-hz：某个频点的频率。

opp-microvolt：频率对应的电压。

### cpu 节点：

```

cpu0: cpu@0 {
    device_type = "cpu";
    compatible = "arm,cortex-a53","arm,armv8";
    reg = <0x0 0x0>;
    enable-method = "psci";
    clocks = <&clk_pll_cpu>;
    clock-latency = <2000000>;
    clock-frequency = <1320000000>;
    dynamic-power-coefficient = <190>;
    operating-points-v2 = <&cpu_opp_l_table>;
    cpu-idle-states = <&CPU_SLEEP_0 &CLUSTER_SLEEP_0>;
    #cooling-cells = <2>;
};

cpu@1 {
    device_type = "cpu";
    compatible = "arm,cortex-a53","arm,armv8";
    reg = <0x0 0x1>;
    enable-method = "psci";
    clocks = <&clk_pll_cpu>;
    clock-frequency = <1320000000>;
    operating-points-v2 = <&cpu_opp_l_table>;
    cpu-idle-states = <&CPU_SLEEP_0 &CLUSTER_SLEEP_0>;
    #cooling-cells = <2>;
};

```

```
operating-points-v2 = <&cpu_opp_l_table>; 引用v-f表。
```

- 对于 sun50iw9p1、sun50iw10p1 等有 cpu 分 bin 需求的平台  
v-f 表：

```
cpu_opp_l_table: opp_l_table {
    compatible = "allwinner,sun50i-operating-points";
    nvmem-cells = <&speedbin_efuse>;
    nvmem-cell-names = "speed";
    opp-shared;

    opp@480000000-0 {
        opp-hz = /bits/ 64 <480000000>;
        opp-microvolt = <820000>;
        clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
        opp-supported-hw = <0x3>;
    };
    opp@480000000-1 {
        opp-hz = /bits/ 64 <480000000>;
        opp-microvolt = <880000>;
        clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
        opp-supported-hw = <0x4>;
    };
    opp@600000000-0 {
        opp-hz = /bits/ 64 <600000000>;
        opp-microvolt = <820000>;
        clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
        opp-supported-hw = <0x3>;
    };
    opp@600000000-1 {
        opp-hz = /bits/ 64 <600000000>;
        opp-microvolt = <880000>;
        clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
        opp-supported-hw = <0x4>;
    };
    opp@792000000-0 {
        opp-hz = /bits/ 64 <792000000>;
        opp-microvolt = <860000>;
        clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
        opp-supported-hw = <0x3>;
    };
    opp@792000000-1 {
        opp-hz = /bits/ 64 <792000000>;
        opp-microvolt = <940000>;
        clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
        opp-supported-hw = <0x4>;
    };
    opp@1008000000-0 {
        opp-hz = /bits/ 64 <1008000000>;
        opp-microvolt = <900000>;
        clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
        opp-supported-hw = <0x3>;
    };
    opp@1008000000-1 {
        opp-hz = /bits/ 64 <1008000000>;
        opp-microvolt = <1020000>;
        clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
        opp-supported-hw = <0x4>;
    };
};
```

```

};
opp@1200000000-0 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1200000000>;
    opp-microvolt = <960000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-supported-hw = <0x3>;
};
opp@1200000000-1 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1200000000>;
    opp-microvolt = <1100000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-supported-hw = <0x4>;
};
opp@1296000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1296000000>;
    opp-microvolt = <1100000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-supported-hw = <0x2>;
};
opp@1344000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1344000000>;
    opp-microvolt = <1120000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-supported-hw = <0x4>;
};
opp@1512000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1512000000>;
    opp-microvolt = <1100000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-supported-hw = <0x1>;
};
};

```

compatible = "allwinner,sun50i-operating-points";：用于匹配驱动的属性。

opp-hz：某个频点的频率。

opp-microvolt：频率对应的电压。

opp@480000000-0、opp@480000000-1：后缀的0、1仅用于区分不同节点名字，以免报错。

opp-supported-hw：选择该频点所支持的芯片版本。如“opp-supported-hw = <0x3>”，表示该频点支持bit0、bit1所表示的芯片版本。详见内核文档Documentation/devicetree/bindings/opp/opp.txt关于opp-supported-hw的说明。需要注意，因为不能存在多个相同频率的频点，所以要避免相同频率的频点都被选择的情况，如opp@480000000-0、opp@480000000-1不能被同一个芯片版本选择。

或 v-f 表：

```

cpu_opp_l_table: opp_l_table {
    compatible = "allwinner,sun50i-operating-points";
    nvmem-cells = <&speedbin_efuse>, <&cpubin_efuse>;
    nvmem-cell-names = "speed", "bin";
    opp-shared;

    opp@408000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 <408000000>;
        clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
        opp-microvolt-a0 = <900000>;
        opp-microvolt-a1 = <900000>;
        opp-microvolt-a2 = <900000>;
        opp-microvolt-b0 = <900000>;
        opp-microvolt-b1 = <900000>;
    };
};

```

```
opp@600000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <600000000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-microvolt-a0 = <900000>;
    opp-microvolt-a1 = <900000>;
    opp-microvolt-a2 = <900000>;
    opp-microvolt-b0 = <900000>;
    opp-microvolt-b1 = <900000>;
};

opp@816000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <816000000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-microvolt-a0 = <940000>;
    opp-microvolt-a1 = <900000>;
    opp-microvolt-a2 = <900000>;
    opp-microvolt-b0 = <900000>;
    opp-microvolt-b1 = <900000>;
};

opp@1008000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1008000000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-microvolt-a0 = <1020000>;
    opp-microvolt-a1 = <980000>;
    opp-microvolt-a2 = <950000>;
    opp-microvolt-b0 = <980000>;
    opp-microvolt-b1 = <950000>;
};

opp@1200000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1200000000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-microvolt-a0 = <1100000>;
    opp-microvolt-a1 = <1020000>;
    opp-microvolt-a2 = <1000000>;
    opp-microvolt-b0 = <1020000>;
    opp-microvolt-b1 = <1000000>;
};

opp@1320000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1320000000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-microvolt-a0 = <1160000>;
    opp-microvolt-a1 = <1060000>;
    opp-microvolt-a2 = <1030000>;
    opp-microvolt-b0 = <1060000>;
    opp-microvolt-b1 = <1030000>;
};

opp@1416000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1416000000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-microvolt-a0 = <1180000>;
    opp-microvolt-a1 = <1180000>;
    opp-microvolt-a2 = <1130000>;
    opp-microvolt-b0 = <1100000>;
    opp-microvolt-b1 = <1070000>;
};
```

```

opp@1512000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1512000000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-microvolt-b0 = <1180000>;
    opp-microvolt-b1 = <1130000 1130000 1140000>;
};

opp@1608000000 {
    opp-hz = /bits/ 64 <1608000000>;
    clock-latency-ns = <244144>; /* 8 32k periods */
    opp-microvolt-b0 = <1180000>;
    opp-microvolt-b1 = <1130000 1130000 1140000>;
};
};

```

compatible = "allwinner,sun50i-operating-points";：用于匹配驱动的属性。

opp-hz：某个频点的频率。

opp-microvolt-x：该频率下，x类型bin对应的电压。详见内核文档Documentation/devicetree/bindings/opp/opp.txt关于 opp-microvolt-<name>的说明。

cpu 节点：

```

cpu0: cpu@0 {
    device_type = "cpu";
    compatible = "arm,cortex-a53","arm,armv8";
    reg = <0x0 0x0>;
    enable-method = "psci";
    clocks = <&clk_pll_cpu>;
    operating-points-v2 = <&cpu_opp_l_table>;
    cpu-idle-states = <&CPU_SLEEP_0>;
    dynamic-power-coefficient = <100>;
    #cooling-cells = <2>;
};

cpu@1 {
    device_type = "cpu";
    compatible = "arm,cortex-a53","arm,armv8";
    reg = <0x0 0x1>;
    enable-method = "psci";
    clocks = <&clk_pll_cpu>;
    operating-points-v2 = <&cpu_opp_l_table>;
    cpu-idle-states = <&CPU_SLEEP_0>;
    #cooling-cells = <2>;
};

```

operating-points-v2 = <&cpu\_opp\_l\_table>;：引用v-f表。

对于 sun8iw18p1 这个没有使用标准 pwm regulator 驱动的平台，与没有 cpu 分 bin 需求的平台基本一样，不再赘述。

## 2.3.2 board.dts 配置说明

board.dts 用于保存每一个板级平台的设备信息（如 demo 板，perf1 板等），里面的配置信息会覆盖上面的 Device Tree 默认配置信息。

cpu 节点（具体参考相应的 dts 文件）：

```
&cpu0 {  
    cpu-supply = <&reg_dcdc2>;  
};
```

### 2.3.3 kernel menuconfig 配置说明

在命令行中进入 linux 目录，执行 make ARCH=arm64 menuconfig(32 位系统为 make ARCH=arm menuconfig) 进入配置主界面 (Linux-5.4 内核版本执行：./build.sh menuconfig)，并按以下步骤操作。

对于 sun8iw19p1 等没有 cpu 分 bin 需求的平台：

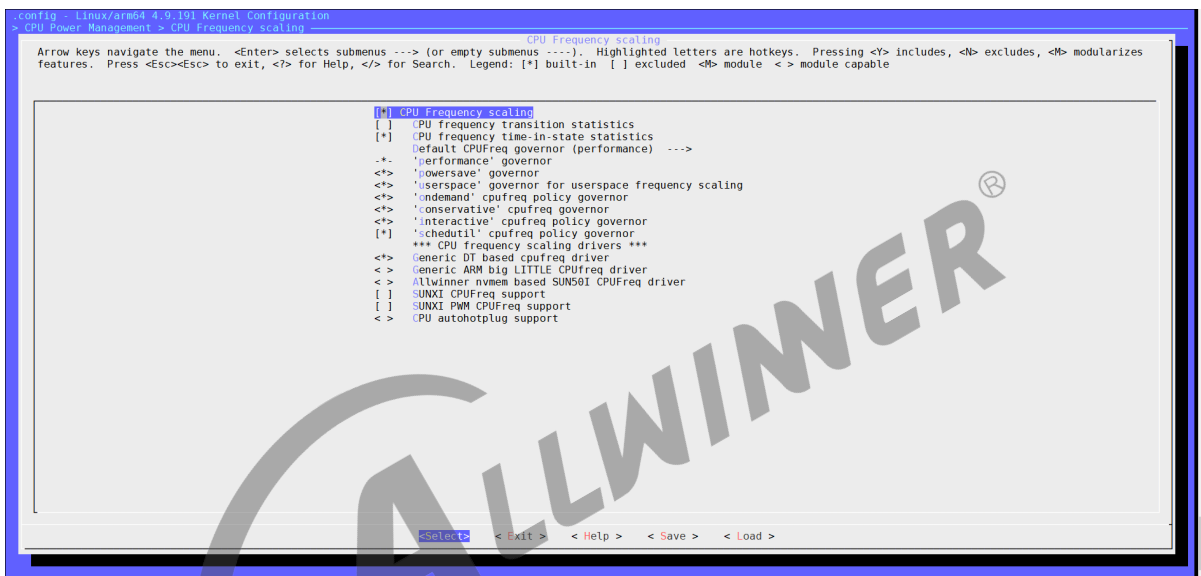


图 2-1: 配置图 1

对于 sun50iw9p1、sun50iw10p1 等有 cpu 分 bin 需求的平台：

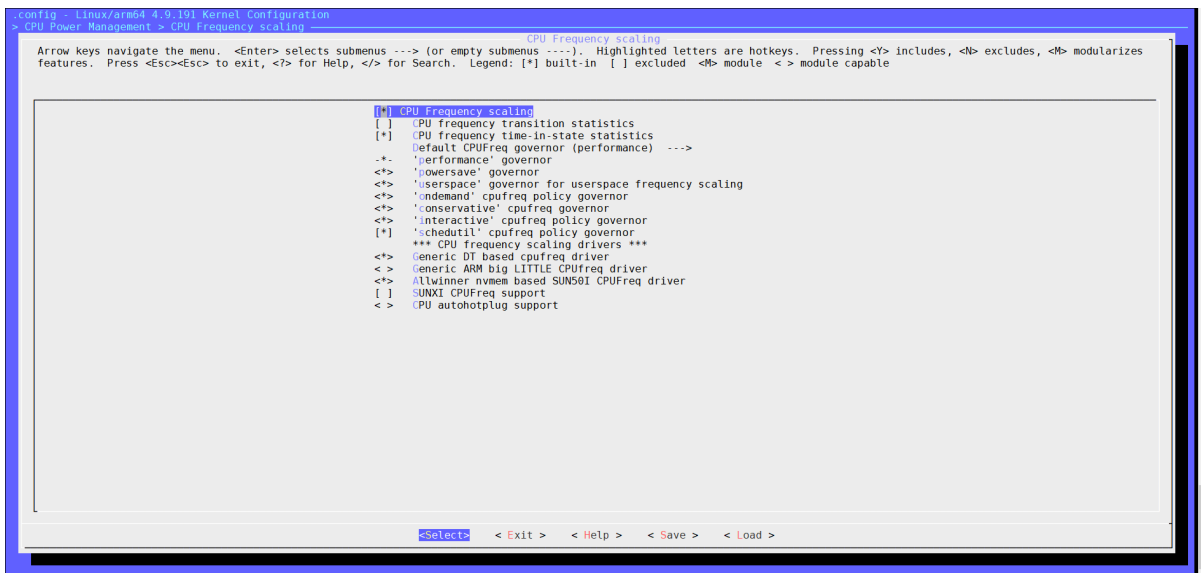


图 2-2: 配置图 2

对于 sun8iw18p1 这个没有使用标准 pwm regulator 驱动的平台:

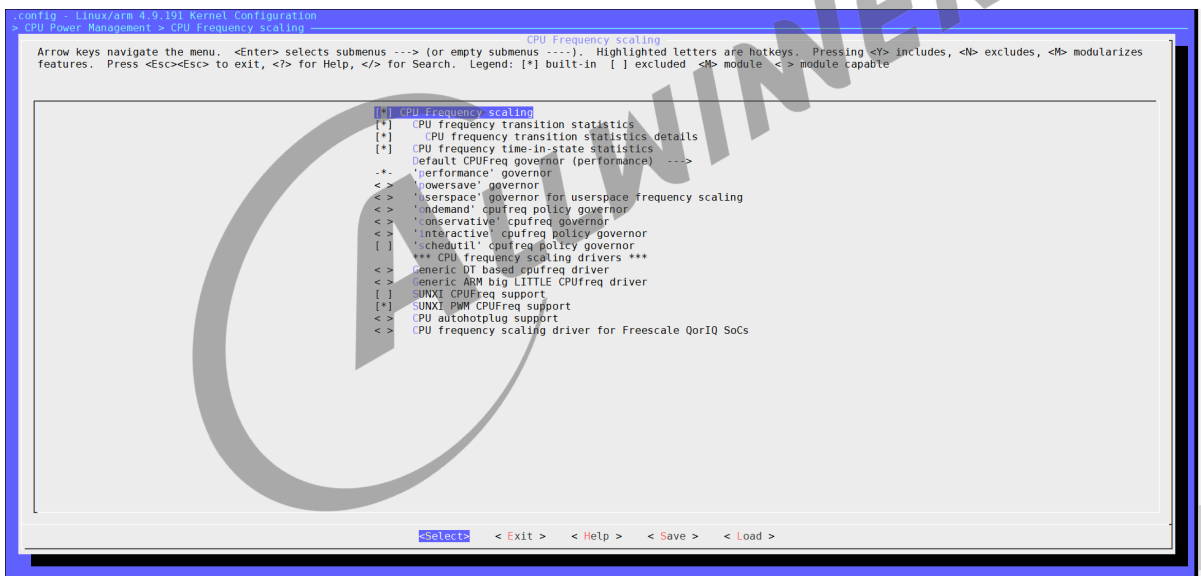


图 2-3: 配置图 3

## 2.4 源码结构介绍

CPUFREQ 的源代码位于内核 drivers/cpufreq/目录下:

```

drivers/cpufreq/
├── cpufreq-dt.c
├── cpufreq-dt-platdev.c
└── sun50i-cpufreq-nvmem.c

```

cpufreq-dt.c 为调频调压功能实现代码。

cpufreq-dt-platdev.c 为匹配没有 cpu 分 bin 需求的平台的代码。

sun50i-cpufreq-nvmem.c 为匹配有 cpu 分 bin 需求的平台的代码，它依赖于 nvmem 模块驱动提供芯片版本信息。

## 2.5 驱动框架介绍

无。



## 3 FAQ

### 3.1 调试方法

#### 3.1.1 调试节点

节点	权限	说明
scaling_setspeed	R/W	设置频率的接口，仅当调频策略为 userspace 时可用
scaling_governor	R/W	调频策略
scaling_max_freq	R/W	软件调频最大频率
scaling_min_freq	R/W	软件调频最小频率
affected_cpus	R	受到该调频策略影响且在线的 cpu
related_cpus	R	受到该调频策略影响的所有 cpu
scaling_cur_freq	R	当前频率
scaling_driver	R	调频驱动名称
scaling_available_governors	R	可用调频策略
cpuinfo_transition_latency	R	频率转换延迟
cpuinfo_max_freq	R	硬件最大频率
cpuinfo_min_freq	R	硬件最小频率
cpuinfo_cur_freq	R	硬件实际运行频率

节点位于 `/sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0` 下

### 3.2 常见问题

#### 3.2.1 调频策略使用说明

governor	说明
powersace	节能
performance	性能
userspace	由用户控制

governor	说明
ondemand	按需
conservative	保守，适用于带电池设备
schedutil	利用调度器提供信息进行调频，与 EAS 调度器一起配合使用

选择合适的governor，并勾选对应的调频驱动即可。

如果需要手动更改频率，选择governor为userspace。

```
echo userspace > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_governor
```

需要注意，CPU调频功能会受到温控功能影响。所以如果有自主调频而不受温控影响的需求，要关闭温控功能。详细参考《thermal模块使用文档》。

### 3.2.2 怎样获取当前使用的电压频率表

方法一：使用 sunxi 自定义节点 cpufreq\_table。

注意，这个节点并不是每个平台都支持，是需要 kernel 编译 drivers/soc/sunxi/vf-table.c 才有。

```

/# mount -t debugfs none /sys/kernel/debug/
/# cat /sys/kernel/debug/cpufreq_table
freq(kHz)  vol(mv)
-----
408000    900
600000    900
816000    900
1008000   980
1200000   1020
1320000   1060
1416000   1180

```

方法二：使用内核原生的 opp 节点。

```

/# mount -t debugfs none /sys/kernel/debug/

/* 对于Linux4.9 */
/* 获取所有频点的频率，单位是Hz */
/# cat /sys/kernel/debug/opp/cpu0/opp*/rate_hz
1008000000
1200000000
1320000000
1416000000
1464000000
1512000000
1608000000
408000000
600000000
816000000

/* 获取所有频点的电压，单位是mV */
/# cat /sys/kernel/debug/opp/cpu0/opp*/u_volt_target
1020000
1100000
1160000

```

```
0
1180000
0
0
900000
900000
940000

/* 对于Linux5.4 */
/* 获取所有频点的频率，单位是Hz */
/# cat /sys/kernel/debug/opp/cpu0/opp*/rate_hz
1008000000
1200000000
1320000000
1464000000
408000000
600000000
816000000

/* 获取所有频点的电压，单位是mV */
/# cat /sys/kernel/debug/opp/cpu0/opp*/supply-0/u_volt_target
1020000
1100000
1160000
1180000
900000
900000
940000
```

### 3.2.3 怎样修改电压频率表

原则上不允许私自修改电压频率表，如下方法仅供调试使用。

方法一：直接修改 dts 文件中的 v-f 表，再重新编译固件。具体参考 Device Tree 配置说明。

方法二：在 uboot 修改 v-f 表，这样不需要重新编译固件。但是安全固件是不支持修改保存，所以机器重启后修改失效。

以某个平台为例，说明如何通过 uboot 修改 v-f 表。其他平台的节点路径和命名可能不同，具体参考 Device Tree 配置说明。

进入 uboot 命令行：

```
/* 获取v-f表 */
=> fdt list /opp_l_table
opp_l_table {
    compatible = "allwinner,sun50i-operating-points";
    nvmem-cells = <0x000000ff 0x00000100>;
    nvmem-cell-names = "speed", "bin";
    opp-shared;
    linux,phandle = <0x000000fc>;
    phandle = <0x000000fc>;
    opp@408000000 {
    };
    opp@600000000 {
```

```
};
opp@816000000 {
};
opp@1008000000 {
};
opp@1200000000 {
};
opp@1320000000 {
};
opp@1416000000 {
};
opp@1464000000 {
};
opp@1512000000 {
};
opp@1608000000 {
};
};

/* 删除不想要的频点，如408MHz的频点 */
=> fdt rm /opp_l_table/opp@408000000

/* 保存修改，注意安全固件是不支持修改保存 */
=> fdt save

/* 从uboot启动到内核后，确认频点修改是否正确 */
/# cat /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_available_frequencies
600000 816000 1008000 1200000 1320000 1464000
```

### 3.2.4 怎样验证 cpufreq 电压频率

先获取当前使用的电压频率表，再调节至某个频点，读出 CPU 时钟寄存器确认 CPU 频率正确，使用万用表实测 CPU 电压正确，验证时注意覆盖每个频点。

```
/# echo userspace > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_governor
/# cat /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_available_frequencies
408000 600000 816000 1008000 1200000 1320000 1416000
/# echo 1200000 > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_setspeed
/# cat /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_cur_freq
1200000
```




## 著作权声明

版权所有 ©2023 珠海全志科技股份有限公司。保留一切权利。

本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。