Rockchip
CPU-Freq 开发指南

发布版本:1.01

日期:2017.02

前言

概述

本章主要描述 CPUFreq 的相关的重要概念、配置方法和调试接口。

产品版本

与本文档相对应的产品版本如下。

产品名称	内核版本
RK3399	Linux4.4

读者对象

本文档（本指南）主要适用于以下工程师：
技术支持工程师
软件开发工程师

作者信息

章节号	章节名称	作者信息
全文	全文	XF

修订记录

修订记录累积了每次文档更新的说明。最新版本的文档包含以前所有文档版本的更新内容。

修订日期	版本	修订说明
2016.07.01	1.0.0	第一次临时版本发布
2017.02.13	1.0.1	修改了 dts 的路径和节点说明

目录

1 重要概念

CPUFreq 是内核开发者定义的一套支持动态调整 CPU 频率和电压的的框架模型。它能有效的降低 CPU 的功耗，同时兼顾 CPU 的性能。

CPUFreq 通过不同的变频策略，选择一个合适的频率供 CPU 使用，目前的内核版本提供了以下几种策略：

- sched：EAS 使用的调频策略。
- interactive：根据 CPU 负载动态调频调压；
- conservative：保守策略，逐级调整频率和电压；
- ondemand：根据 CPU 负载动态调频调压，比 interactive 策略反应慢；
- userspace：用户自己设置电压和频率，系统不会自动调整；
- powersave：功耗优先，始终将频率设置在最低值；
- performance：性能优先，始终将频率设置为最高值。

Energy Aware Scheduling (EAS)

EAS 是新一代的任务调度策略， 它结合了 CPUFreq 和 CPUIdle 的策略， 在为某个任务选择运行 CPU 时，同时考虑了性能和功耗，保证了系统能耗最低,并且不会对性能造成影响。CPUFreq sched 的调度策略就是专门给 EAS 使用的 CPU 调频策略。

2 配置方法

2.1 DTS 配置

2.1.1 时钟的配置

CPU 的时钟已经在 DTSI 中配置好，每个 CPU 节点下都有个 Clocks 属性，具体的名字由 CRU 模块决定，不同的平台有不同的名字。以 RK3399 为例，在头文件 dt-bindings/clock/rk3399-cru.h 中有定义大核 A72 为 ARMCLKB，小核 A53 为 ARMCLKL。所以 rk3399.dtsi 中可以看到如下配置

```
cpu_l0: cpu@0 {
        device_type = "cpu";
        compatible = "arm,cortex-a53", "arm,armv8";
        reg = <0x0 0x0>;
        enable-method = "psci";
        #cooling-cells = <2>; /* min followed by max */
        dynamic-power-coefficient = <100>;
        clocks = <&cru ARMCLKL>;
        cpu-idle-states = <&CPU_SLEEP &CLUSTER_SLEEP>;
    };
cpu_b0: cpu@100 {
        device_type = "cpu";
        compatible = "arm,cortex-a72", "arm,armv8";
        reg = <0x0 0x100>;
        enable-method = "psci";
        #cooling-cells = <2>; /* min followed by max */
        dynamic-power-coefficient = <436>;
        clocks = <&cru ARMCLKB>;
        cpu-idle-states = <&CPU_SLEEP &CLUSTER_SLEEP>;
    };
```

2.1.2 电压域配置

由于不同的 SDK 或样机，会有不同的电源方案，所以 CPU 的电压域配置一般在板级的 DTSI 或 DTS 中，且需要对每个 CPU 节点进行配置，即每个 CPU 节点增加 CPU-supply 属性。以 RK3399 为例，在 arch/arm64/boot/dts/rockchip/Rk3399-evb-rev3.dtsi 中有如下配置

```
vdd_cpu_b: syr827@40 {
        compatible = "silergy,syr827";
        reg = <0x40>;
        vin-supply = <&vcc5v0_sys>;
        regulator-compatible = "fan53555-reg";
        pinctrl-0 = <&vsel1_gpio>;
        vsel-gpios = <&gpio1 17 GPIO_ACTIVE_HIGH>;
        regulator-name = "vdd_cpu_b";
```

```
			regulator-min-microvolt = <712500>;
			regulator-max-microvolt = <1500000>;
			regulator-ramp-delay = <1000>;
			fcs,suspend-voltage-selector = <1>;
			regulator-always-on;
			regulator-boot-on;
			regulator-initial-state = <3>;
				regulator-state-mem {
				regulator-off-in-suspend;
			};
		};
	vdd_cpu_l: DCDC_REG2 {
				regulator-always-on;
				regulator-boot-on;
				regulator-min-microvolt = <750000>;
				regulator-max-microvolt = <1350000>;
				regulator-ramp-delay = <6001>;
				regulator-name = "vdd_cpu_l";
				regulator-state-mem {
					regulator-off-in-suspend;
				};
			};
```

在 arch/arm64/boot/dts/rockchip/Rk3399-evb.dtsi 中有如下配置

```
	&cpu_l0 {
		cpu-supply = <&vdd_cpu_l>;
	};
	&cpu_l1 {
		cpu-supply = <&vdd_cpu_l>;
	};
	&cpu_l2 {
		cpu-supply = <&vdd_cpu_l>;
	};
	&cpu_l3 {
		cpu-supply = <&vdd_cpu_l>;
	};
	&cpu_b0 {
		cpu-supply = <&vdd_cpu_b>;
	};
	&cpu_b1 {
		cpu-supply = <&vdd_cpu_b>;
	};
```

2.1.3 频率电压表配置

2.1.3.1 默认配置

频率电压表在 DTSI 中会有默认的配置，在每个 CPU 节点下有 operating-Points-V2 属性，并且有个 opp Table 的节点和它配合使用。以 RK3399 为例，在 RK3399-opp.dtsi 中有如下配置

```
cluster0_opp: opp-table0 {
        compatible = "operating-points-v2";
        opp-shared;

        opp@408000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <408000000>;
            opp-microvolt = <800000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
        opp@600000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <600000000>;
            opp-microvolt = <800000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
        opp@816000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <816000000>;
            opp-microvolt = <850000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
            opp-suspend;
        };
        opp@1008000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <1008000000>;
            opp-microvolt = <925000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
        opp@1200000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <1200000000>;
            opp-microvolt = <1000000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
        opp@1416000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <1416000000>;
            opp-microvolt = <1125000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
    };

    cluster1_opp: opp-table1 {
```

```
        compatible = "operating-points-v2";
        opp-shared;

        opp@408000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <408000000>;
            opp-microvolt = <800000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
        opp@600000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <600000000>;
            opp-microvolt = <800000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
        opp@816000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <816000000>;
            opp-microvolt = <825000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
            opp-suspend;
        };
        opp@1008000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <1008000000>;
            opp-microvolt = <875000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
        opp@1200000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <1200000000>;
            opp-microvolt = <950000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
        opp@1416000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <1416000000>;
            opp-microvolt = <1025000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
        opp@1608000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <1608000000>;
            opp-microvolt = <1100000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
        opp@1800000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <1800000000>;
            opp-microvolt = <1200000>;
            clock-latency-ns = <40000>;
        };
    };
&cpu_l0 {
```

```
        operating-points-v2 = <&cluster0_opp>;
        sched-energy-costs = <&RK3399_CPU_COST_0
&RK3399_CLUSTER_COST_0>;
    };

    &cpu_l1 {
        operating-points-v2 = <&cluster0_opp>;
        sched-energy-costs = <&RK3399_CPU_COST_0
&RK3399_CLUSTER_COST_0>;
    };

    &cpu_l2 {
        operating-points-v2 = <&cluster0_opp>;
        sched-energy-costs = <&RK3399_CPU_COST_0
&RK3399_CLUSTER_COST_0>;
    };

    &cpu_l3 {
        operating-points-v2 = <&cluster0_opp>;
        sched-energy-costs = <&RK3399_CPU_COST_0
&RK3399_CLUSTER_COST_0>;
    };

    &cpu_b0 {
        operating-points-v2 = <&cluster1_opp>;
        sched-energy-costs = <&RK3399_CPU_COST_1
&RK3399_CLUSTER_COST_1>;
    };

    &cpu_b1 {
        operating-points-v2 = <&cluster1_opp>;
        sched-energy-costs = <&RK3399_CPU_COST_1
&RK3399_CLUSTER_COST_1>;
    };
```

2.1.3.2 板级配置

不同的产品对频率电压的需求可能不同，可以在板级 DTSI 或者 DTS 中增加新的 OPP TABLE 覆盖 DTSI 中的。

特别注意，对于 DTSI 中已经有的频率，而板级不想使用该频点，板级 DTS 中还是要引用过来，并且加上 status = "disabeld";属性，比如现在板级不想要 1416000000，则应该做如下配置

```
    &cluster0_opp {
        opp@408000000 {
            opp-hz = /bits/ 64 <408000000>;
            opp-microvolt = <800000>;
```

```
        clock-latency-ns = <40000>;
    };
    opp@600000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 <600000000>;
        opp-microvolt = <800000>;
        clock-latency-ns = <40000>;
    };
    opp@816000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 <816000000>;
        opp-microvolt = <850000>;
        clock-latency-ns = <40000>;
        opp-suspend;
    };
    opp@1008000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 <1008000000>;
        opp-microvolt = <925000>;
        clock-latency-ns = <40000>;
    };
    opp@1200000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 <1200000000>;
        opp-microvolt = <1000000>;
        clock-latency-ns = <40000>;
    };
    opp@1416000000 {
        opp-hz = /bits/ 64 <1416000000>;
        opp-microvolt = <1125000>;
        clock-latency-ns = <40000>;
        status = "disabled";
    };
}
```

2.1.4 EAS 配置

2.1.4.1 默认配置

EAS 在选择一个 CPU 时， 需要考虑这个 CPU 每个频率的运算能力和对应的功耗， 以及这个 CPU 所在的 cluster 的功耗， 所以对应每个 opp 项， 需要填写每个频率对应的 CPU 运算能力和功耗情况。 默认配置在 arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3399-sched-energy.dtsi 中，cpu 节点中的 sched-energy-costs 属性指定每个 CPU 对应的单核数据（&CPU_COST_A53）和 CLUSTER 数据（&CLUSTER_COST_A53）。

```
cpu_l0: cpu@0 {
    device_type = "cpu";
    compatible = "arm,cortex-a53", "arm,armv8";
    reg = <0x0 0x0>;
```

```
        enable-method = "psci";
        #cooling-cells = <2>; /* min followed by max */
        dynamic-power-coefficient = <121>;
        clocks = <&cru ARMCLKL>;
        cpu-idle-states = <&cpu_sleep>;
        operating-points-v2 = <&cluster0_opp>;
        sched-energy-costs = <&CPU_COST_A53 &CLUSTER_COST_A53>;
    };
```

2.1.4.2 板级配置

RK3399 evb rev2 的板子对应的配置如下 (arch/arm64/boot/dts/rockchip/rk3399-evb-rev2.dtsi)：

```
    &CPU_COST_A72 {
        busy-cost-data = <
            232   349  /*  408MHz */
            341   547  /*  600MHz */
            464   794  /*  816MHz */
            573   1141/* 1008MHz */
            683   1850/* 1200MHz */
            805   2499/* 1416MHz */
            915   2922/* 1608MHz */
        //  1024  3416    /* 1800MHz */
        >;
        idle-cost-data = <
              15
               0
        >;
    };

    &CPU_COST_A53 {
        busy-cost-data = <
            121    40  /*  408M */
            179    62  /*  600M */
            243    90  /*  816M */
            300    126 /* 1008M */
            357    196 /* 1200M */
            421    246 /* 1416M */
            449    263 /* 1512M */
        >;
        idle-cost-data = <
              6
              0
        >;
    };
```

```
&CLUSTER_COST_A72 {
    busy-cost-data = <
        232   349  /*  408MHz */
        341   547  /*  600MHz */
        464   794  /*  816MHz */
        573   1141/* 1008MHz */
        683   1850/* 1200MHz */
        805   2499/* 1416MHz */
        915   2922/* 1608MHz */
    //  1024  3416    /* 1800MHz */
    >;
    idle-cost-data = <
         65
         65
    >;
};

&CLUSTER_COST_A53 {
    busy-cost-data = <
        121    40  /*  408M */
        179    62  /*  600M */
        243    90  /*  816M */
        300    126 /* 1008M */
        357    196 /* 1200M */
        421    246 /* 1416M */
        449    263 /* 1512M */
    >;
    idle-cost-data = <
        56
        56
    >;
};
```

busy-cost-data 表示 CPU\CLUSTER 在不同频率全速运行时对应的运算能力和功耗数据。这个表格一定要和 OPP 表项按顺序一一对应，如果 OPP Table 里面把某个 OPP 项 Disable 了，那么这个表格里面对应的数据也要注释掉， 否则会影响 EAS 的调度策略。

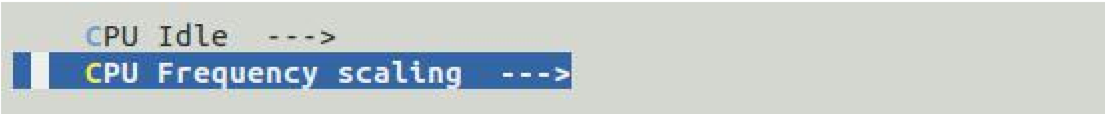
Idle-cost-data 表示 CPU\CLUSTER 在不同的 idle 状态下的功耗数据， EAS 用这个值来考虑唤醒一个 CPU 或 CLUSTER 对功耗影响有多大。

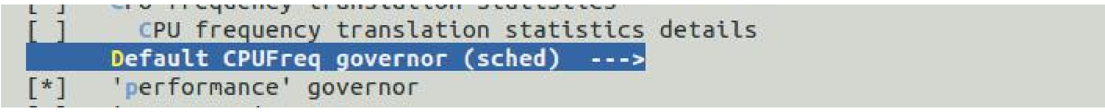
CPU_COST_A72\A53 分别表示 A72\A53 单核的性能和功耗数据。

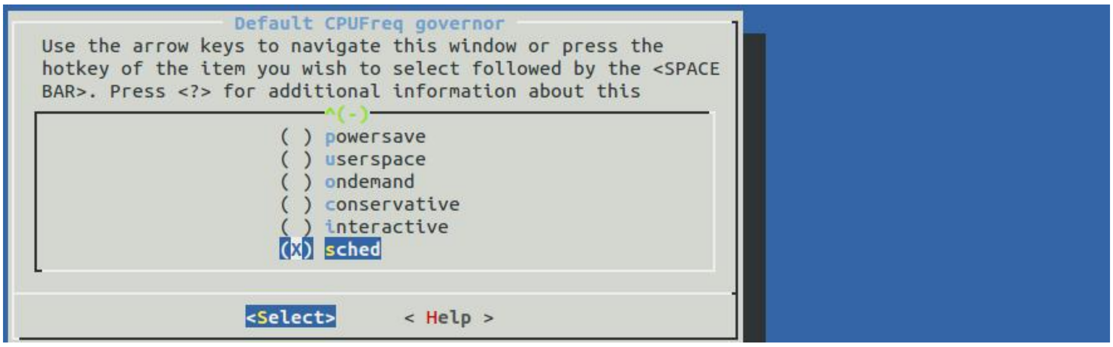
CLUSTER_COST_A72\A53 对应的 CLUSTER 开启和关闭的功耗数据，只有 CLUSTER 里面的 CPU 全部关闭后，才能关闭对应的 CLUSTER。 这个节点里面 busy-cost-data 表格只用到了功耗数据， 性能数据没有用到。

2.2 Menuconfig 配置

make ARCH=arm64 menuconfig







这边可以选择变频策略，如没有特殊需求，请保持默认值 sched。

3 调试接口

3.1 变频策略切换

对于一个只有一个 Cluster 的平台，在串口中输入如下命令(xxx 为策略名称：sched、interactive、conservative、ondemand、userspace、powersave、performance)

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

对于两个 cluster 的平台，在串口中输入如下命令，分别改变不同 cluster 的变频策略：

```
echo xxx > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_governor
echo xxx > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy4/scaling_governor
```

CPU 定频

CPU 定频，需要先将变频策略改为 userspace，再设置频率。

方法一：

对某个 cpu 定频，如 cpu0 定频 216MHz，在串口中输入如下命令：

```
echo userspace > /sys/devices/system/cpu/cpu0/cpufreq/scaling_governor
echo 216000 > /sys/devices/system/cpu/cpu0/cpufreq/scaling_setspeed
```

设置完后，查看当前频率：

```
cat /sys/devices/system/cpu/cpu0/cpufreq/scaling_cur_freq
```

方法二：

目前我们的芯片，有的是一个 cluster 如 RK3288，有的是两个 cluster 如 RK3399，一个 cluster 下的所有 cpu 共用一个时钟，所以设定某个 cpu 的频率时，其实会对相同 cluster 下的所有 cpu 都定频。所以我们也可以通过第二种办法对整个 cluster 的 cpu 定频。

```
echo userspace > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_governor
echo userspace > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy4/scaling_governor
echo 216000 > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_setspeed
echo 216000 > /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy4/scaling_setspeed
```

设置完后，查看当前频率：

```
cat /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/scaling_cur_freq
cat /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy4/scaling_cur_freq
```

一个 policy 对应一个 cluster，每个 cluster 下对应哪些 CPU 可以通过以下命令获取

```
cat /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy0/related_cpus
cat /sys/devices/system/cpu/cpufreq/policy4/related_cpus
```