

# Rockchip

## RK816 开发指南

发布版本:1.0

日期:2017.05

# 前言

## 概述

本文档主要介绍 Rockchip 的 RK816 的各个子模块。介绍相关概念、功能、dts 配置和一些常见问题的分析定位。

## 产品版本

芯片名称	内核版本
RK816	3.10

## 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

## 修订记录

日期	版本	作者	修改说明
2017.05.20	V1.0	CJH	初稿

# 目录

前言 .....	I
目录 .....	II
1 基础 .....	1-1
1.1 概述 .....	1-1
1.2 功能 .....	1-1
1.3 芯片引脚功能 .....	1-2
1.4 重要概念 .....	1-4
1.5 上电条件和时序 .....	1-5
2 配置 .....	2-1
2.1 内核驱动和 menuconfig .....	2-1
2.2 DTS 配置 .....	2-1
2.3 函数接口 .....	2-4
2.4 Debug 方式 .....	2-5

# 1 基础

## 1.1 概述

RK816 是一款高性能 PMIC，集成了 4 个大电流 DCDC、6 个 LDO、RTC、fuel gauge、charge、gpio 及可调上电时序等功能。

系统中各路电源总体分为两种：DCDC、LDO。两种电源的总体特性如下，详细资料请自行搜索。

1. DCDC：输入输出压差大时，效率高，但是存在纹波比较大的问题，成本高，所以大压差，大电流时使用。一般有两种工作模式：PWM：纹波瞬态响应好，效率低；PFM：效率高，但是负载能力差。
2. LDO：输入输出压差大时，效率低，成本低，为了提高 LDO 的转换效率，系统上会进行相关优化如：LDO 输出电压为 1.1V，为了提高效率，其输入电压可以从 VCCIO\_3.3V 的 DCDC 给出。所以电路上如果允许尽量将 LDO 接到 DCDC 输出回路，但是要注意上电时序。

## 1.2 功能

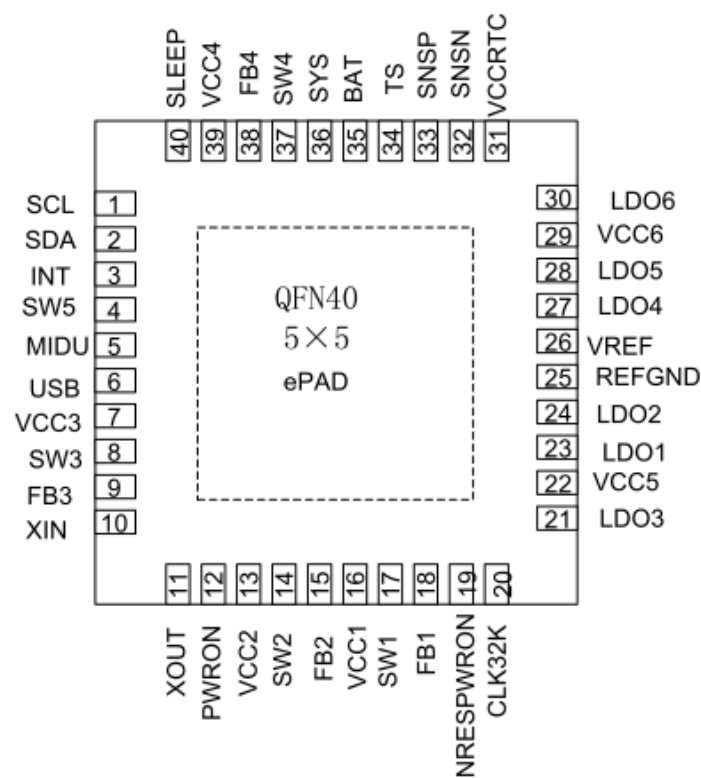
RK816 的功能可以分为 6 个部分：

1. regulator 功能：控制各路 DCDC、LDO 电源状态等；
2. rtc 功能：为处理器提供时钟计时、定时等功能；
3. gpio 功能：和 TS 功能复用，需要的时候切换成 gpio 模式（开漏输出，外接上拉电阻），可以 input/output，为 AP 节省 1 个 GPIO；
4. pwrkey 功能：检测 power 按键的按下/释放，可以为 AP 节省一个 GPIO；
5. fuel gauge 功能：即电量计功能。提供了精确的库仑计用于检测电池电量；
6. charge 功能：智能路径管理，提供多个档位的充电电流和电压设置。

说明：

关于第 5、6 点的功能，请参考另外一份开发文档：《Rockchip RK818\_6 电量计开发指南》。

1.3 芯片引脚功能



下面描述中，SLEEP 和 INT 引脚需要重点关注。

PIN NO	PIN NAME	PIN DESCRIPTION
1	SCL	I2C clock input
2	SDA	I2C data input and output
3	INT	Interrupt request pin.
4	SW5	Charger switching node / boost switching node
5	MIDU	Middle point of USB power supply / boost output
6	USB	USB power supply
7	VCC3	Power supply of buck3
8	SW3	Switching node of buck3

9	VFB3	Output feedback voltage of buck3
10	XIN	32.768KHz crystal oscillator input
11	XOUT	32.768KHz crystal oscillator output
12	PWRON	Power on or power off enable pin, active low, internal 20k pull high to power supply
13	VCC2	Power supply of buck2
14	SW2	Switching node of buck2
15	VFB2	Output feedback voltage of buck2
16	VCC1	Power supply of buck1
17	SW1	Switching node of buck1
18	VFB1	Output feedback voltage of buck1
19	NRESPWON	Reset pin after power on, active low.
20	CLK32K	32.768KHz clock output, open drain
21	LDO3	LDO3 output
22	VCC5	Power supply of LDO1/2/3
23	LDO1	LDO1 output
24	LDO2	LDO2 output
25	REFGND	Reference ground
26	VREF	Internal reference voltage
27	LDO4	LDO4 output
28	LDO5	LDO5 output
29	VCC6	Power supply of LDO4/5/6
30	LDO6	LDO6 output
31	VCCRTC	Power supply of RTC, decouple it to GND with a 1uF cap
32	SNSN	Battery charging or discharging current sense negative terminal
33	SNSP	Battery charging or discharging current sense postive terminal
34	TS(GPIO1)	Thermistor input. Connect a thermistor from this pin to ground. The thermistor is usually inside the battery pack. (multi-function for GPIO1)
35	BAT	Battery positive terminal
36	SYS	System terminal
37	SW4	Switching node of buck4
38	VFB4	Output feedback voltage of buck4
39	VCC4	Power supply of buck4
40	SLEEP	Sleep mode control input

## 1.4 重要概念

- I2C 地址

7 位从机地址：0x1a

- PMIC 的工作模式

PMIC 有 3 种工作模式：normal、sleep、shutdown。正常运行时，pmic\_sleep 为低电平，PMIC 处于 normal 模式；系统待机时 AP 会先通过 I2C 指令把 PMIC 配置成 sleep 模式，然后拉高 pmic\_sleep 让 PMIC 进入 sleep 模式；系统关机时 AP 会通过 I2C 指令把 PMIC 配置 shutdown 模式，关闭所有的 regulator 输出。

- (1) PMIC normal 模式

系统正常运行时 PMIC 处于 normal 模式，此时 pmic\_sleep 为低电平。

- (2) PMIC sleep 模式

A. sleep 模式：系统休眠时电流很小，PMIC 会配置为 sleep 模式以减低自身的功耗，一般的做法是降低某些路的输出电压，或者直接关闭输出。这个可以根据具体产品需求进行配置。

B. 如何进入 sleep 模式：一般 pmic\_sleep 会接到主控的某个 GPIO 上，在 AP 进入休眠时会先把 pmic\_sleep 设置成 sleep 模式，然后 AP 拉高 pmic\_sleep 让 pmic 进入休眠状态，当 SOC 唤醒时 pmic\_sleep 恢复为低电平，pmic 退出休眠模式。

- (3) PMIC shutdown 模式

当系统进入关机流程的时候，PMIC 需要完成整个系统的电源下电。此时 AP 直接通过 I2C 指令对 DEV\_CTRL\_REG 寄存器的 DEV\_OFF 位写 1，进入 shutdown 模式。

- pmic\_sleep 引脚

常态为低电平，PMIC 处于 normal 模式。当引脚拉高的时候会切换到 sleep 的模式。

- pmic\_int 引脚

常态为高电平，当有中断产生的时候变为低电平。如果中断没有被处理，则会一直维持低电平。

- TS/GPIO 引脚

这个引脚可以当普通的 gpio 使用（开漏输出，接上拉电阻）或者接热敏电阻。

- pmic\_pwron 引脚

pwrkey 的功能需要硬件上将 power 按键接到这个引脚，驱动通过这个引脚来判断按下/释放。

- 各路 DCDC 的工作模式

DCDC 有 PWM、PFM 模式，但是 PMIC 有一种模式会动态调整 PWM、PFM，这就是我们通常所说的 AUTO 模式，对于 PMIC 来说，支持 FORCE PWM、AUTO PWM/PFM 两种模式，AUTO 模式效率高但是纹波瞬态响应会差。出于系统稳定性考虑，运行时都是设置为 FORCE PWM 模式，系统进入休眠时会选择切换到 AUTO PWM/PFM。

- DCDC3 电压调节

DCDC3 这路电源比较特殊，不能通过寄存器修改电压，只能通过外部电路的分压电阻进行调节，所以如果需要修改电压请修改外围硬件。在 RK 的方案上一般作为 vcc\_ddr 使用。

- DCDC 和 LDO 的运行电压调节范围

有些存在电压不连续的情况，具体请参考 datasheet。

- Boost 和 OTG

在只有电池供电的情况下，RK816 的双向开关充电器可以用作大电流的 BOOST，它可以给 OTG 供电，OTG 输出限流开关与 USB 输入限流开关共用，即便 OTG 输出发生短路的情况，也可以保护 BOOST 不会烧坏。

由于 USB 供电电源和 OTG 输出是同一管脚，所以二者功能是互斥的。当 USB 供电电源对后级系统进行供电并对电池进行充电时，OTG 功能不能打开。只有当没有接入 USB 供电电源的时候，才可以打开 OTG 开关对外供电。

1.5 上电条件和时序

- (1) 上电条件
- 满足下面任意一个条件即可以实现 PMIC 上电：
1. PWRON 信号为低电平持续一段时间

2. RTC 闹钟中断触发

3. USB 接入（**特别注意！RK816 的设计上决定了，只要有 USB 电源接着，就会自动上电开机**）
- (2) 上电时序
- 每款 SOC 平台对各路电源上电时序要求可能不一样，目前上电时序有如下情况：

AP			RK3026/RK3066		Other AP	
BOOT(OTP)			0 (RK816)		1 (RK816-1)	
	Output voltage range	Rate Current	Default voltage	Power up sequence	Default voltage	Power up sequence
BUCK1	0.7125V-2.3V (0.7125~1.45V, step 12.5mV)	2A	1.1V	2	OTP	OTP
BUCK2	0.7125V-2.3V (0.7125~1.45V, step 12.5mV)	2A	1.1V	1	OTP	OTP
BUCK3	setting by external resistors	1A	x	3	x	OTP
BUCK4	0.8V-3.5V(step 0.1V)	1A	3.3V	1	OTP	OTP
BOOST	4.7-5.4V(step 0.1V)	2A	5V	x	5V	x
LDO1	0.8V-3.4V(step 0.1V)	300mA	1.0V	x	OTP	OTP
LDO2	0.8V-3.4V(step 0.1V)	300mA	1.8V	1	OTP	OTP
LDO3	0.8V-3.4V(step 0.1V)	100mA	1.1V	1	OTP	OTP
LDO4	0.8V-3.4V(step 0.1V)	300mA	1.0V	x	OTP	OTP
LDO5	0.8V-3.4V(step 0.1V)	300mA	3.0V	4	OTP	OTP
LDO6	0.8V-3.4V(step 0.1V)	300mA	3.0V	4	OTP	OTP

In the **BOOT0 mode**, 8 power channels are powered up, which are shown as above. Again, the default output voltage of the BUCK3 can also be set by the external resistors.

In the **BOOT1 mode**, 10 power channels are powered up, among which, the power up sequence and the default voltage of the BUCK1-4, LDO1-6 can be configured through OTP. Again, the default output voltage of the BUCK3 can also be set by the external resistors.



# 2 配置

## 2.1 内核驱动和 menuconfig

RK816 涉及到的驱动文件有如下几个：

```
drivers/mfd/rk816.c
drivers/input/misc/rk816-pwrkey.c
drivers rtc/rtc-rk816.c
drivers/gpio/gpio-rk816.c
drivers/regulator/rk816-regulator.c
drivers/power/rk816_battery.c (包含了 charge 和 fuel gauge 功能)
```

rockchip 默认的 config 都已经把上述 6 个模块配置选中，不需要再勾选 menuconfig。如果需要修改，请在 menuconfig 里分别找到如下的宏并配置：

```
CONFIG_MFD_RK816
CONFIG_GPIO_RK816
CONFIG_RTC_RK816
CONFIG_REGULATOR_RK816
CONFIG_INPUT_RK816_PWRKEY
CONFIG_BATTERY_RK816
```

## 2.2 DTS 配置

DTS 的配置包括：i2c 挂载部分、总体部分、regulator 部分、rtc 部分、battery 部分。

```
&i2c1 {
    rk816: rk816@1a {
        reg = <0x1a>;
        status = "okay";
    };
};
```

```
#include "../../../arm/boot/dts/rk816.dtsi"
&rk816 {
    gpios = <&gpio2 GPIO_A6 GPIO_ACTIVE_HIGH>,
           <&gpio2 GPIO_D2 GPIO_ACTIVE_LOW>;
    rk816,system-power-controller;
    io-channels = <&adc 0>;
    gpio-controller;
    #gpio-cells = <2>;

    rtc {
```

```

        status = "disabled";
    };

    regulators {
        rk816_dcdc1_reg: regulator@0 {
            regulator-name = "vdd_logic";
            regulator-min-microvolt = <700000>;
            regulator-max-microvolt = <1500000>;
            regulator-initial-mode = <0x1>;
            regulator-initial-state = <3>;
            regulator-boot-on;
            regulator-always-on;
            regulator-state-mem {
                regulator-state-mode = <0x2>;
                regulator-state-enabled;
                regulator-state-uv = <1000000>;
            };
        };

        rk816_dcdc2_reg: regulator@1 {
            .....
        };

        rk816_dcdc3_reg: regulator@2 {
            .....
        };

        .....
    };

    battery {
        compatible = "rk816-battery";
        ocv_table = < 3400 3599 3671 3701 3728 3746 3762
                    3772 3781 3792 3816 3836 3866 3910
                    3942 3971 4002 4050 4088 4132 4183 >;
        design_capacity = <4000>;
        design_qmax = <4100>;
        bat_res = <100>;
        max_input_current = <2000>;
        max_chrg_current = <1800>;
        max_chrg_voltage = <4200>;
        sleep_enter_current = <300>;
        sleep_exit_current = <300>;
        sleep_filter_current = <100>;
    };

```

```

        power_off_thresd = <3400>;
        zero_algorithm_vol = <3850>;
        max_soc_offset = <60>;
        monitor_sec = <5>;
        virtual_power = <0>;
        power_dc2otg = <1>;
        dc_det_adc = <1>;
    };
};

```

### 1. I2C 挂载部分

需要将 rk816 作为 slave 挂接在对应的 i2c 节点下面并使能。

### 2. 总体部分

#### (1) 不可修改部分

- rk816,system-power-controller: 声明 rk816 具备管理系统下电的功能;
- gpio-controller: 声明 rk816 具有 gpio 的功能;
- #gpio-cells: 使用者引用 rk816 的 gpio 时需要指定的参数个数;

\*说明: 如果某个节点需要引用 rk816 的 gpio 来使用, 那么引用的格式如下:

gpios = <&rk816 0 GPIO\_ACTIVE\_LOW>;

第一个参数: &rk816 固定, 不可改动;

第二个参数: 引用 rk816 的哪个 gpio, 因为只有 1 个, 所以固定为 0, 不可改动;

第三个参数: gpio 的极性。

#### (2) 可修改部分

- gpios: 指定 pmic\_int (第一个) 和 pmic\_sleep (第二个) 引脚;
- io-channels = <&adc 0>: 如果 dc\_det 引脚是通过 saradc 检测的, 那么需要增加属性:

加属性:

第一个属性: &adc, 指向 saradc 节点, 一般不用改变;

第二个属性: 使用的 saradc 通道, 我们的发布的硬件参考一般是使用通道 0。

### 3. regulator 部分

- regulator-name: 电源的名字, 建议和硬件图上保持一致, 使用 regulator\_get 接口时需要匹配这个名字;
- regulator-min-microvolt: 运行时可以调节的最小电压;
- regulator-max-microvolt: 运行时可以调节的最大电压;
- regulator-initial-mode: 运行时 DCDC 的工作模式, 一般配置为 1。为 1 时: force pwm, 为 2 时: auto pwm/pfm;
- regulator-boot-on: 当存在这个属性时, 则在注册 regulator 的时候就会使能这路电源;
- regulator-always-on: 当存在这个属性时, 表示运行时不允许关闭这路电源且会在注册的时候使能这路电源;

- regulator-initial-state: suspend 时的模式，必须配置成 3；
- regulator-state-mode: 休眠时 DCDC 的工作模式，一般配置为 2。为 1 时: force pwm, 为 2 时: auto pwm/pfm;
- regulator-state-enabled: 休眠时保持上电状态，如果想要关闭该路电源，则改成"regulator-state-disabled";
- regulator-state-uv: 休眠不断电情况下的待机电压。

\*说明:

(1) 如果 regulator-min-microvolt 和 regulator-max-microvolt 的电压相等，则在注册这个 regulator 的时候系统框架默认会把这个电压设置下去并使能这路电源，不需要使用者干预。

(2) 如果 regulator-boot-on 或者 regulator-always-on 存在，则系统框架在注册这路 regulator 的时候默认会进行 enable，此时的这路 regulator 的电压有 2 种情况:

A. 如果 regulator-min-microvolt 和 regulator-max-microvolt 的电压相等，则系统框架会把这路电压设置为当前这个电压值;

B. 如果 regulator-min-microvolt 和 regulator-max-microvolt 的电压不相等，则此时的电压是 pmic 的本身的默认上电电压。

### 3. rtc 部分

如果不想使能 rtc 的功能（如 box 产品上），则需要像上面那样增加节点，显式指明为 status = "disabled"。如果需要使能的的话则可以把整个 rtc 节点去掉或者设置状态为 status = "okay"，这样就可以使能 rtc。

### 4. battery 部分

比较复杂，请参考另外一份开发文档《Rockchip RK818\_6 电量计开发指南》。

## 2.3 函数接口

如下的几个接口一般可以满足使用。包括：电源开关、电压设置和获取等：

1. struct regulator \*regulator\_get(struct device \*dev, const char \*id)  
获取 regulator。dev 默认填写 NULL 即可，id 则是 dts 里的 regulator-name 属性。
2. void regulator\_put(struct regulator \*regulator)  
释放 regulator。
3. int regulator\_enable(struct regulator \*regulator)  
打开 regulator。
4. int regulator\_disable(struct regulator \*regulator)  
运行时关闭 regulator。
5. int regulator\_get\_voltage(struct regulator \*regulator)  
运行时获取 regulator 当前电压。

6. `int regulator_set_voltage(struct regulator *regulator, int min_uV, int max_uV)`  
运行时设置 `regulator` 电压。其中传入的参数时保证 `min_uV = max_uV`，由调用者保证。

如果不熟悉上述接口的使用方式，可以参考 `kernel` 中其它驱动。

例子：

```
struct regulator *rdev_logic;

rdev_logic = regulator_get(NULL, "vdd_logic");           // 获取 vdd_logic
regulator_enable(rdev_logic);                             // 使能 vdd_logic
regulator_set_voltage(rdev_logic, 1100000, 1100000);      // 设置电压 1.1v
regulator_disable(rdev_logic);                           // 关闭 vdd_logic
regulator_put(rdev_logic);                               // 释放 vdd_logic
```

## 2.4 Debug 方式

### 1. 寄存器查看

目前常用的方式就是直接查看 `rk816` 的寄存器确认状态。具体的方式是通过如下节点：

`/sys/rk816/rk816_test`

具体的使用格式：

读寄存器：`echo r [addr] > /sys/rk816/rk816_test`

写寄存器：`echo w [addr] [value] > /sys/rk816/rk816_test`

例子：

`echo r 0x2f > /sys/rk816/rk816_test` // 读取 0x2f 寄存器的值，为 0x9b

```
1|shell@rk3228h:/ # echo r 0x2f > /sys/rk816/rk816_test
[ 283.091704] [2: sh: 618] -----zhangqing: get cmd = r
[ 283.091766] [2: sh: 618] CMD : r 2f
[ 283.091914] [2: sh: 618]
[ 283.091914] [2: sh: 618] 2f 9b
```

`echo w 0x2f 0x9c > /sys/rk816/rk816_test` // 设置 0x2f 寄存器的值为 0x9c

一般写操作执行完之后最好再读一遍确认是否写成功。

```
shell@rk3228h:/ # echo w 0x2f 0x9c > /sys/rk816/rk816_test
[ 371.974131] [3: sh: 618] -----zhangqing: get cmd = w
[ 371.974192] [3: sh: 618] get value = 9c
[ 371.974412] [3: sh: 618] 9c 9c
```

### 2. 查看上一次的关机源和本次开机源

`ON_SOURCE_REG` 和 `OFF_SOURCE_REG` 寄存器记录了开机和关机的原因，开机会有打印信息：

```
[ 1.699992] rk8xx_izc_probe: rmc=752  
[ 1.700192] pmic is rk816, chip version is 8163  
[ 1.707788] rk_battery_charger_detect_ch: battery charger detect  
[ 1.714524] pmic on/off source: on=0x40, off=0x1  
[ 1.727622] rk8xx_izc_probe: rk8xx_pmic_sleep=0  
[ 1.735792] rk816_regulator_probe: compatible rk816
```