Rockchip DSMC 开发文档

文件标识：RK-KF-YF-C05

发布版本：V1.0.0

日期：2024-06-14

文件密级：□绝密 □秘密 □内部资料 ■公开

免责声明

本文档按"现状"提供，瑞芯微电子股份有限公司（"本公司"，下同）不对本文档的任何陈述、信息和内容的准确性、可靠性、完整性、适销性、特定目的性和非侵权性提供任何明示或暗示的声明或保证。本文档仅作为使用指导的参考。

由于产品版本升级或其他原因，本文档将可能在未经任何通知的情况下，不定期进行更新或修改。

商标声明

"Rockchip"、"瑞芯微"、"瑞芯"均为本公司的注册商标，归本公司所有。

本文档可能提及的其他所有注册商标或商标，由其各自拥有者所有。

瑞芯微电子股份有限公司

Rockchip Electronics Co., Ltd.

地址： 福建省福州市铜盘路软件园A区18号

网址： www.rock-chips.com

客户服务电话： +86-4007-700-590

客户服务传真： +86-591-83951833

客户服务邮箱： fae@rock-chips.com

前言

概述

本文为ROCKHIP DSMC模块的kernel开发提供说明和使用方法。

产品版本

芯片名称	内核版本
RK3576	kernel 6.10

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

版本号	作者	修改日期	修改说明
V1.0.0	何智欢	2024-06-14	初始版本

目录

Rockchip DSMC 开发文档

1. 名称解释
2. 概述
3. DSMC驱动
   - 3.1 驱动文件
   - 3.2 DTS节点配置
   - 3.3 内核配置
4. 内核态对DSMC从设备内存的访问
   - 4.1 调用驱动接口
   - 4.2 直接访问
5. 用户态对DSMC的访问
   - 5.1 通过特定节点访问
   - 5.2 直接访问
6. DSMC slave内存空间分配
   - 6.1 PSRAM
   - 6.2 Local bus
7. DSMC Local bus host与slave的数据交互
   - 7.1 FIFO
   - 7.2 Register

1. 名称解释

- DSMC：Double Data Rate Serial Memory Controller，双倍速率串行存储器控制器
- PSRAM：Pseudo static random access memory，伪静态随机存储器
- DPRAM：Dual Port Random Access Memory，双向随机存取存储器

2. 概述

Double Data Rate Serial Memory Controller（DSMC），双倍速率串行存储器控制器，通过命令、地址、数据线分时复用，数据上下沿传输，具有少引脚数、高带宽的特点。数据线位宽支持x8、x16，最多支持 4 个chip select。传输协议支持Hyperbus PSRAM、Xccela PSRAM和 Local bus。若使用Local bus协议，从设备需使用RK开发的slave模型，或者传输协议相同。若使用HYPERBUS PSRAM、XCCELA PSRAM协议，从设备支持winbond、AP memory、Cypress、ISSI等厂家生产的PSRAM颗粒。

3. DSMC驱动

3.1 驱动文件

DSMC驱动文件位置：

```
drivers/memory/rockchip/dsmc-host.c          /* 主要驱动程序 */
drivers/memory/rockchip/dsmc-controller.c    /* DSMC控制器行为配置 */
drivers/memory/rockchip/dsmc-lb-device.c     /* DSMC Local bus设备 */
```

3.2 DTS节点配置

```
    dsmc: dsmc@2a280000 {
        ...
        clock-frequency = <100000000>;          /* DSMC接口频率设置 */
        ...
        /* 从设备属性 */
        slave {
            rockchip,dqs-dll = <0x20 0x20       /* 从设备cs0的DQS0、DQS1 DLL延迟参数
*/
                    0x20 0x20                   /* 从设备cs1的DQS0、DQS1 DLL延迟参数
*/
                    0x20 0x20                   /* 从设备cs2的DQS0、DQS1 DLL延迟参数
*/
```

```
                    0x20 0x20>;                    /* 从设备cs3的DQS0、DQS1 DLL延迟参数
*/
            /*
             * rockchip,ranges：DSMC访问从设备内存的基地址，大小；
             * 若不同CS的内存空间大小不同，那么需要配置最大的。
             * rockchip,ranges = <0x0 0x10000000 0x0 0x2000000> 含义：若外设是
PSRAM，
             * 那么每个CS都分配0x2000000大小的内存空间；
             * 若外设是Local Bus，那么每个region都分配0x2000000大小的内存空间。
             */
            rockchip,ranges = <0x0 0x10000000 0x0 0x2000000>;
            rockchip,slave-dev = <&dsmc_slave>;
        };
    };

    dsmc_slave: dsmc_slave {
        compatible = "rockchip,dsmc-slave";
        rockchip,clk-mode = <0>;            /* clk 模式，仅限Local bus */
        status = "disabled";
        /* 从设备是PSRAM（Hyperbus Psram或Xccela Psram）时，开启对应从设备cs的节点 */
        psram {
            psram0 {
                status = "disabled";    /* 若从设备cs0为PSRAM，则改为“okay” */
            };
            psram1 {
                status = "disabled";    /* 若从设备cs1为PSRAM，则改为“okay” */
            };
            psram2 {
                status = "disabled";    /* 若从设备cs2为PSRAM，则改为“okay” */
            };
            psram3 {
                status = "disabled";    /* 若从设备cs3为PSRAM，则改为“okay” */
            };
        };

        /* 从设备是Local bus设备时，开启、配置对应节点 */
        lb-slave {
            dsmc_lb_slave0: lb-slave0 {
                status = "disabled";    /* 若从设备cs0为Local bus设备，则改为“okay”
*/
                dsmc_p0_region: region {
                    dsmc_p0_region0: region0 {  /* 此从设备region0的属性 */
                        rockchip,attribute = "Merged FIFO";/* region0 为从设备可
merge FIFO */
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;   /* CA传输格式，0：为32bit，
1：为16bit */
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;   /* 从设备cs0被从设备cs1、2、
3控制 */
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;    /* 从设备cs0控制从设备cs1、2、3
*/
                        status = "disabled";
                    };
                    dsmc_p0_region1: region1 {  /* 此从设备region1的属性 */
                        rockchip,attribute = "No-Merge FIFO";/* region1 为从设备不
可merge FIFO */
```

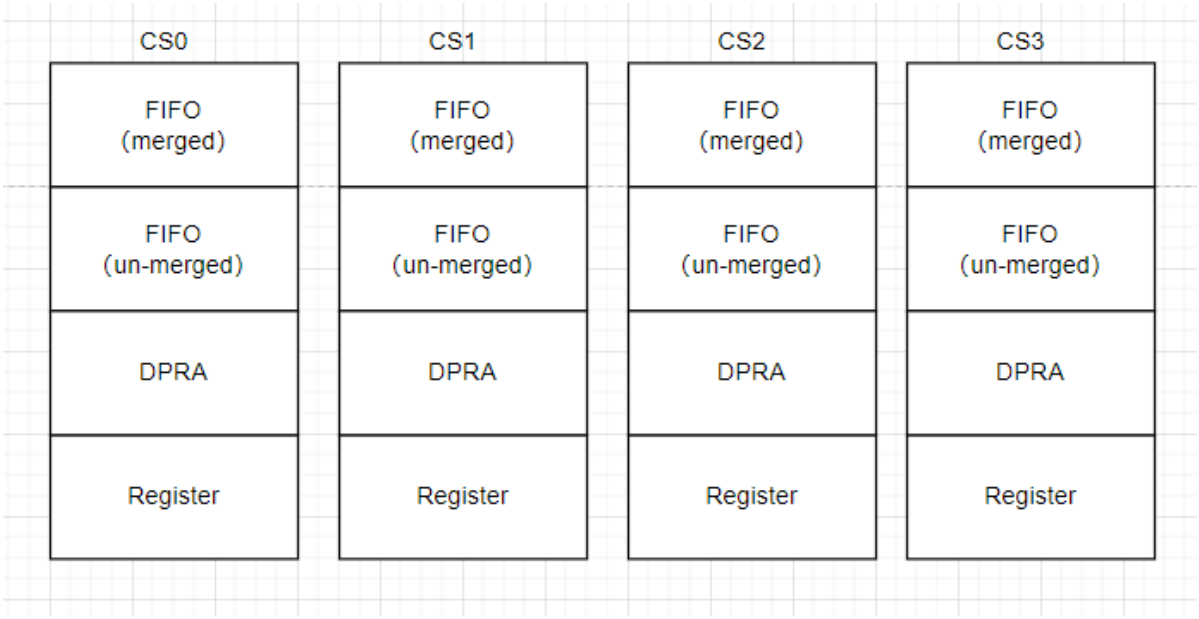
```
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                    dsmc_p0_region2: region2 {  /* 此从设备region2的属性 */
                        rockchip,attribute = "DPRA";    /* region2 为从设备DPRAM */
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                    dsmc_p0_region3: region3 {  /* 此从设备region3的属性 */
                        rockchip,attribute = "Register";    /* region3 为从设备寄存
器 */
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                };
            };
            dsmc_lb_slave1: lb-slave1 {
                status = "disabled";    /* 若从设备cs1为Local bus设备，则改为“okay”
*/
                dsmc_p1_region: region {
                    dsmc_p1_region0: region0 {
                        rockchip,attribute = "Merged FIFO";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                    dsmc_p1_region1: region1 {
                        rockchip,attribute = "No-Merge FIFO";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                    dsmc_p1_region2: region2 {
                        rockchip,attribute = "DPRA";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                    dsmc_p1_region3: region3 {
                        rockchip,attribute = "Register";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
```

```
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                };
            };
            dsmc_lb_slave2: lb-slave2 {
                status = "disabled";    /* 若从设备cs2为Local bus设备，则改为“okay”
*/
                dsmc_p2_region: region {
                    dsmc_p2_region0: region0 {
                        rockchip,attribute = "Merged FIFO";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                    dsmc_p2_region1: region1 {
                        rockchip,attribute = "No-Merge FIFO";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                    dsmc_p2_region2: region2 {
                        rockchip,attribute = "DPRA";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                    dsmc_p2_region3: region3 {
                        rockchip,attribute = "Register";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                };
            };
            dsmc_lb_slave3: lb-slave3 {
                status = "disabled";    /* 若从设备cs3为Local bus设备，则改为“okay”
*/
                dsmc_p3_region: region {
                    dsmc_p3_region0: region0 {
                        rockchip,attribute = "Merged FIFO";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
```

```
                    };
                    dsmc_p3_region1: region1 {
                        rockchip,attribute = "No-Merge FIFO";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                    dsmc_p3_region2: region2 {
                        rockchip,attribute = "DPRA";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                    dsmc_p3_region3: region3 {
                        rockchip,attribute = "Register";
                        rockchip,ca-addr-width = <0>;
                        rockchip,dummy-clk-num = <1>;
                        rockchip,cs0-be-ctrled = <0>;
                        rockchip,cs0-ctrl = <0>;
                        status = "disabled";
                    };
                };
            };
        };
    };
```

用户需根据实际从设备的类型，开启对应的节点。如PSRAM设备，需根据PCB外接CS的序号，开启对应psramx节点。具体是Hyperbus还是Xccela Psram，由驱动自动识别。当从设备是RK设计 DSMC slave 时，根据PCB外接CS的序号，开启对应 lb_slavex 节点。另外还需根据从设备的属性修改对应region的配置。其中 clk-mode 控制支持的三种clk行为：clk-mode = 0 即 CS 拉高期间无时钟，拉低期间有时钟；clk-mode = 1 即无论 CS 怎么变化，时钟一直有， slave 可将其作为参考时钟， 但是此模式下无法跑高频且各类 AC timing 可调参数不可用；clk-mode = 2 即 CS拉高和拉低期间都有时钟，但是CS跳变沿前后会关闭几个时钟。

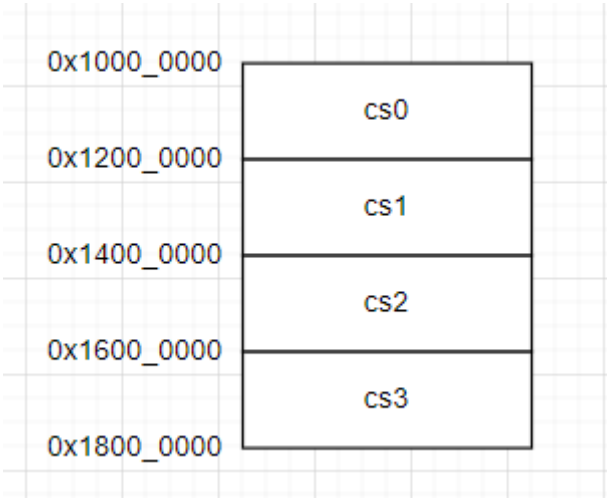
作为 Local bus 设备时，设备空间示意图如下：



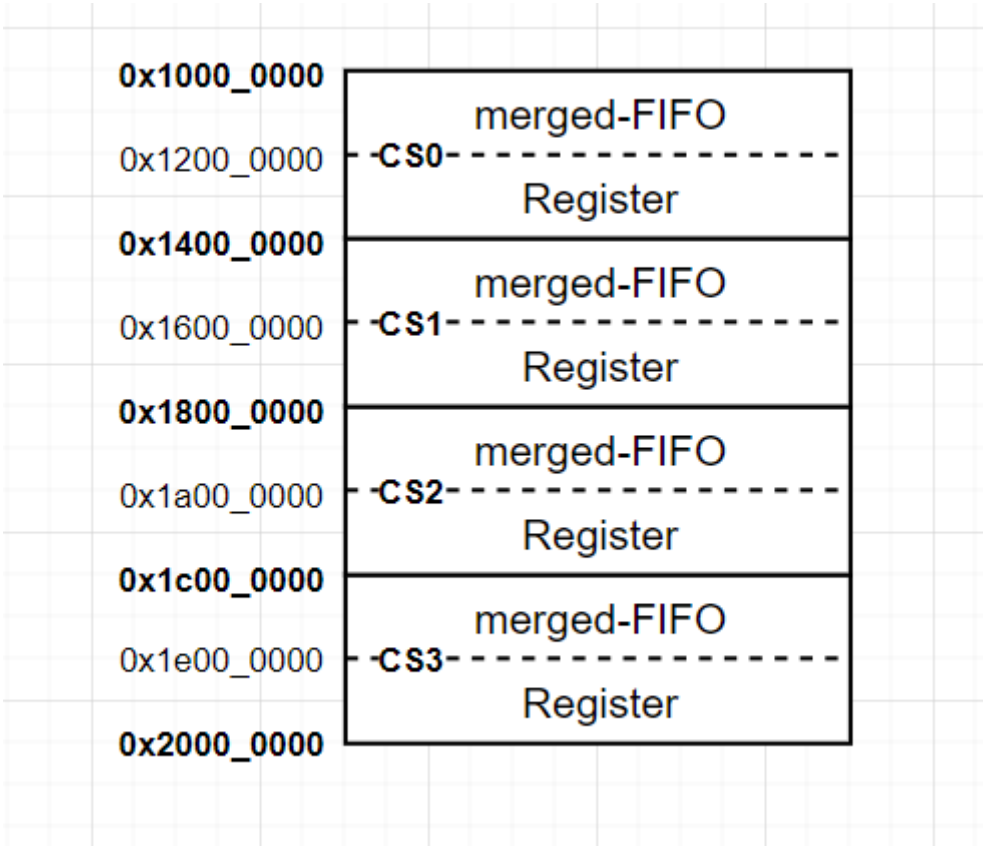
每个从设备片选CS的访问空间都可以分成1、2、4个region（均分），只需要在DTS开启对应属性region的status。

对于`rockchip,ranges = <0x0 0x10000000 0x0 0x2000000>;`属性，配置的是从设备内存空间的起始地址和大小，不同外设类型有不同含义。

若外设是PSRAM，`rockchip,ranges`配置的是最大CS空间的大小。每个CS的内存空间划分如下：



若外设是 Local Bus，`rockchip,ranges`配置的是最大region空间的大小。在只开启Register和merged-FIFO 2个region的情况下，每个CS的region空间划分如下：



3.3 内核配置

```
Symbol: ROCKCHIP_DSMC [=y]
                              |
  | Type  : bool
                              |
  |   Prompt: Rockchip DSMC(Double Data Rate Serial Memory Controller) driver
                            |
  |   Depends on: MEMORY [=y]
                            |
  |   Location:
                            |
  |   -> Device Drivers
                            |
  |    -> Memory Controller drivers (MEMORY [=y])
                            |
  |     -> Rockchip DSMC(Double Data Rate Serial Memory Controller) driver
(ROCKCHIP_DSMC [=y])|
```

4. 内核态对DSMC从设备内存的访问

4.1 调用驱动接口

在DSMC驱动里`drivers/memory/rockchip/dsmc-host.c`实现了如下几种访问接口：

```
struct rockchip_dsmc_device *rockchip_dsmc_find_dev(void);

static struct dsmc_ops rockchip_dsmc_ops = {
    .read = dsmc_read,
    .write = dsmc_write,
    .copy_from = dsmc_copy_from,
    .copy_from_state = dsmc_copy_from_state,
    .copy_to = dsmc_copy_to,
    .copy_to_state = dsmc_copy_to_state,
};
```

通过调用函数rockchip_dsmc_find_device_by_compat()查找dsmc设备，并获取这个设备的私有参数。并通过dsmc_dev.ops 实现CPU，DMA 对DSMC从设备的访问。其中 ops->read、ops->write为CPU读写DSMC从设备的内存空间。ops->copy_from用于DMA读取从设备内存，并写入host端内存。ops->copy_to 用于DMA从host端内存写入从设备内存。

```
static void test(void)
{
    u32 cs;
    struct rockchip_dsmc_device *dsmc_dev;

    dsmc_dev = rockchip_dsmc_find_device_by_compat(rockchip_dsmc_get_compat(0));
    if (dsmc_dev == NULL){
        printk("error: can not find dsmc device\n");
        return 0;
    }
    for (cs = 0; cs < DSMC_MAX_SLAVE_NUM; cs++) {
        if (dsmc_dev->dsmc.cfg.cs_cfg[i].device_type == DSMC_UNKNOWN_DEVICE)
            continue;
        dsmc_dev->ops->write(dsmc_dev, cs, 0, test_addr, test_data);
        /* TODO */
    }
}
```

4.2 直接访问

CPU或master可直接访问DSMC slave memory空间（支持Byte，half-word，word的随机地址访问；支持cacheable、uncacheable、write combine映射方式）。

5. 用户态对DSMC的访问

5.1 通过特定节点访问

在Local bus使能的情况下，DSMC驱动会在`/dev/dsmc/`创建4个从设备片选CS，每个CS下会创建4个memory region，各属性分别对应DTS的描述。若需要访问 merged-FIFO，对应为region0，需操作对应片选CS下的对应region节点。具体如下：

1. 使用 open() 接口 打开对应region设备节点，获取文件描述符；
2. 使用 mmap() 系统调用将上述region设备内存映射到进程地址空间，获取映射地址；
3. 读写设备内存；
4. 使用 munmap() 解除内存映射；
5. 使用 close() 关闭文件描述符。

代码示例如下：

```
    device_name = "/dev/dsmc/cs0/region0"
    wantbytes = 0x200000;
    memfd = open(device_name, O_RDWR | O_SYNC);
    if (memfd == -1) {
        fprintf(stderr, "failed to open %s for physical memory: %s\n",
            device_name, strerror(errno));
        exit(EXIT_FAILURE);
    }
    /* 使用 O_SYNC 标志打开文件和 MAP_LOCKED 标志进行 mmap 操作的memory空间是 uncached
的 */
    buf = (void volatile *) mmap(0, wantbytes, PROT_READ | PROT_WRITE,
                                    MAP_SHARED | MAP_LOCKED, memfd,
                                    0x0);
    if (buf == MAP_FAILED) {
            fprintf(stderr, "failed to mmap %s for physical memory: %s\n",
                    device_name, strerror(errno));
            exit(EXIT_FAILURE);
    }
    bufsize = wantbytes;
    halflen = bufsize / 2;
    count = halflen / sizeof(u32);
    bufa = (u32v *) buf;
    bufb = (u32v *) ((size_t) buf + halflen);

    test_dsmc(bufa, bufb, count);/* 读写DSMC slave内存 */

    if (munmap((void*)buf, wantbytes) == -1) {
        perror("munmap");
        close(memfd);
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

    close(memfd);
```

5.2 直接访问

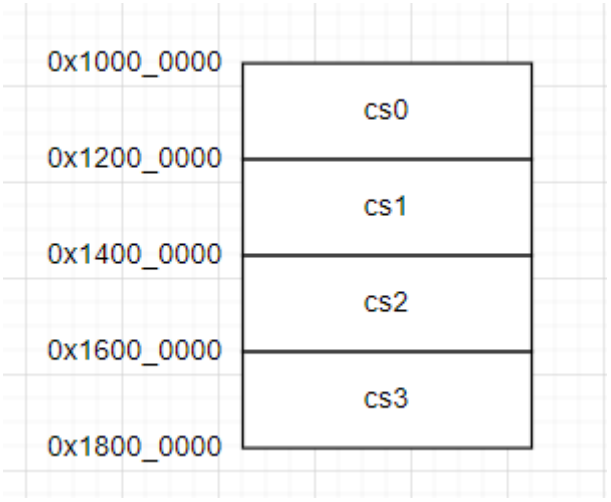
CPU可以通过 dev/mem 映射的DSMC slave memory空间直接进行访问，如RK3576上使用 io 命令进行 DSMC slave memory 的 region0 访问：io -4 0x10000000。

6. DSMC slave内存空间分配

DSMC slave的空间分配由`rockchip,ranges`属性控制，配置的是从设备内存空间的起始地址和大小。

6.1 PSRAM

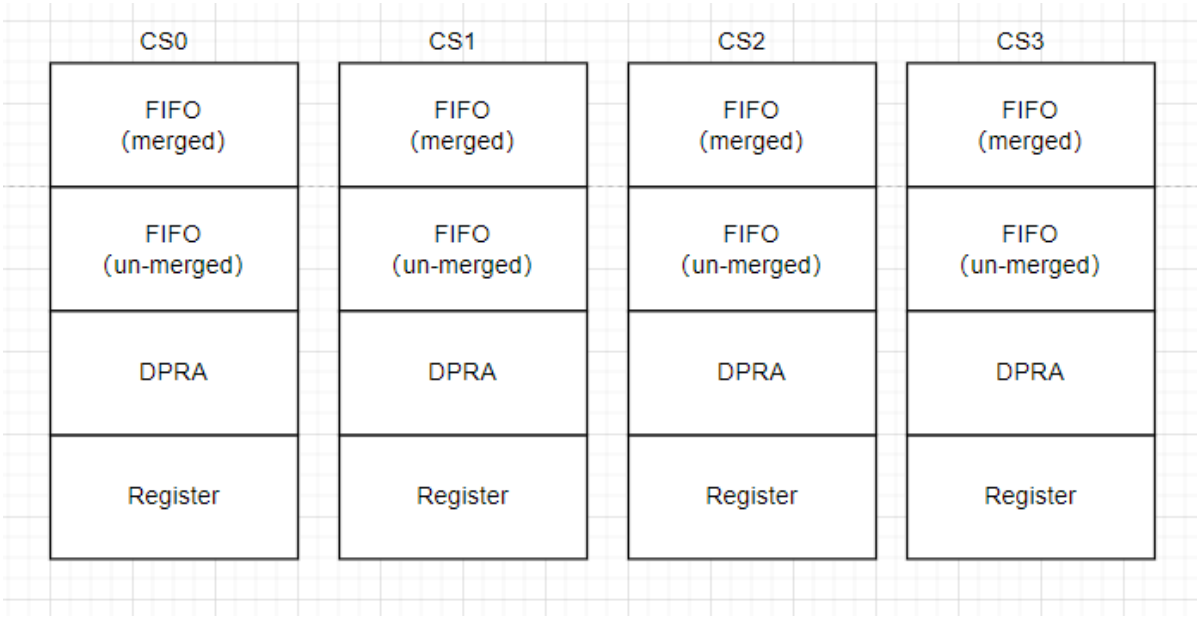
例如配置`rockchip,ranges = <0x0 0x10000000 0x0 0x2000000>;`，若外设是PSRAM，`rockchip,ranges`配置的是最大CS空间的大小。对DSMC控制器来说，每个片选CS的容量是相同的。若实际不同片选CS贴不同容量PSRAM，用户访问时应当注意边界。每个CS的内存空间划分如下：



Note：DSMC理论上支持不同片选CS是不同厂家PSRAM，支持容量不同，但不同片选CS的位宽（x8 or x16）必须相同。

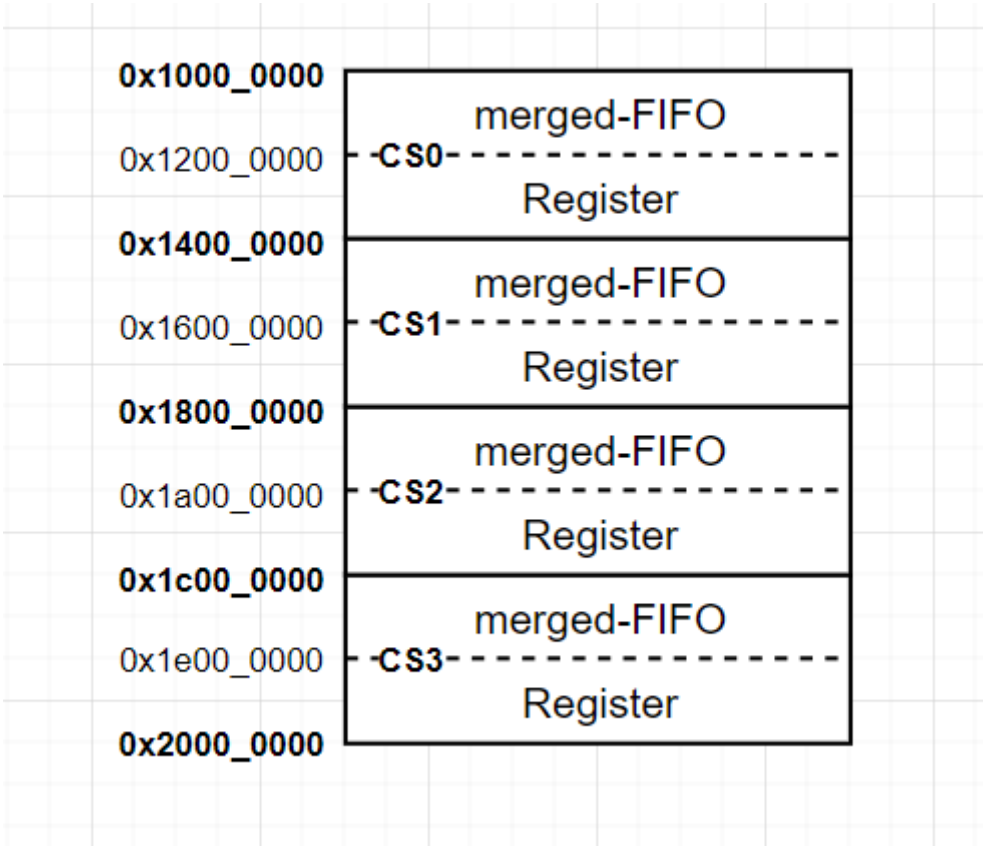
6.2 Local bus

若外设是 Local Bus，对于DSMC控制器来说，每个片选CS的容量也是相同的。每个片选CS都可以均分成1、2、4个region，每个region的属性可以是DPRAM、Register、merged FIFO和un-merged FIFO。若实际每个CS的region容量不同，用户访问时应当注意边界。



对于Local Bus `rockchip,ranges` 配置的是最大region空间的大小。

若一个片选CS开启2个region，每个region大小由DTS（DSMC节点slave设备的`rockchip,ranges = 0x0 0x10000000 0x0 0x2000000`）决定。各个CS的各region的内存空间分配如下：



7. DSMC Local bus host与slave的数据交互

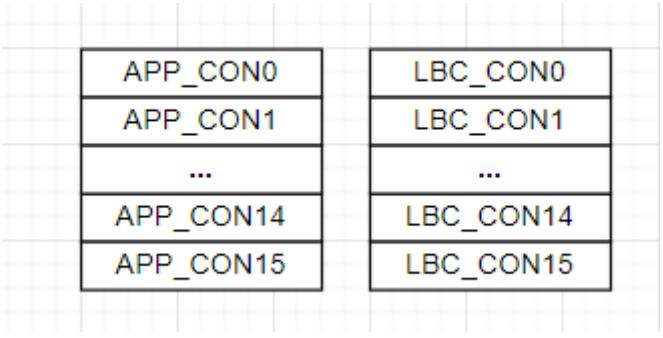
7.1 FIFO

当DSMC使用Local bus 协议，且外接RK slave时，slave端有一段FIFO，当访问的region属性是merged-FIFO或者un-merged-FIFO时，host端传输的数据经过FIFO后，slave端会再次写入slave端的内存，如DDR，SRAM等。这段FIFO不可见，对于DSMC host端来说，slave端的DDR，SRAM内存空间即是slave端的内存空间。通过DSMC写入的数据，最终都将被写入slave端的内存，在使用时应注意slave端内存空间的管理和数据一致性。

7.2 Register

当DSMC使用Local bus 协议，且外接RK slave时，有一段SLAVE_CSR Register，当访问的region属性是Register时，即是访问这段SLAVE_CSR Register。这段是可以用于host与slave的信息快速传递。

可用于信息交互的寄存器：



其中 APP_CONx 寄存器，slave有读写权限，host端只有读权限；LBC_CONx寄存器 slave只有读权限，host端有读写权限。

- 当host写入LBC_CONx寄存器，会触发host2slave中断给slave端CPU，用于处理host端传入的数据。
- 当slave写入APP_CONx寄存器后，通过IO引脚 INT 触发slave2host中断，传入host 端，host端CPU也可以响应中断，获取slave传递过来的数据。DSMC 接收 INT 信号后，也可以发起DMA 硬件请求，DMA开始搬移数据（DMA需提前配置好）。

典型场景1

host端将信息写入LBC_CONx寄存器，将触发host2slave中断，slave端从LBC_CONx寄存器读取信息；slave端将信息写入 APP_CONx 寄存器，将触发slave2host中断，host端从APP_CONx寄存器读取信息。

典型场景2：

host端DSMC、DMA配置好后，host端通过写LBC_CONx寄存器通知slave端，然后slave端通过写APP_CONx，从INT引脚返回host一个有效信号，DSMC host接收后，发起DMA 硬件请求，开启DMA搬移。

Note：APP_CON15、LBC_CON15 已被使用。DSMC 使用DMA硬件请求的驱动已实现，当host端DMA配置完成，host端将LBC_CON15 原值+1 写入LBC_CON15 寄存器，slave接收到数据后，将APP_CON15 写1 触发slave2host中断，DSMC host接收后自动发起一定数量的DMA 硬件请求，触发DMA搬移。