南 京 理 工 大 学

软件课程设计三

姓　　名: 蒋旭钊　　**学　号:** 918106840727

学院(系): 计算机科学与工程学院

专　　业: 计算机科学与技术

课　　程: 软件课程设计III

2021年　12月

1. 内核模块

在内核模块上，我在JXZInnerModule目录下编写了Process.c文件，实现了打印当前系统的所有进程的程序，并最终编译成Process.ko模块注入了系统中，最后将固件打包配置到带有Padavan的YK-L1路由器上验证成功。

这里有一个技巧，我在/root/test/padavan-ng/trunk/linux-3.4.x/drivers目录下建立自己的JXZInnerModule目录。打开trunk目录下的build_firmware.sh的源码我们可以看到，这里主要根据.config里面已有的各种CONFIG配置进行和YK-L1硬件挂钩的二进制流烧制，最后可以注意到有make命令，这是根据trunk文件夹里面的Makefile文件相关的，主要进行二进制流烧制前各类modules的编译工作，其中比较重要的代码有：

```
ARCH_CONFIG     = $(ROOTDIR)/vendors/config/mips/config.arch
```

它在config.arch里面指定了最终编译的文件是和MIPS系统有关的。

```
.PHONY: modules
```

它定义了Makefile要编译的各类模块，其中会根据各个模块中的.config文件进行配置，.config文件又和各个文件夹中的Kconfig文件有关，上面的drivers驱动模块目录下也包含着这一系列文件。而Kconfig文件可以让我们在linux-3.4.x目录下使用menuconfig指令调出模块选择的操作，最终可以实现模块的移植。

所以最终我们只需要在JXZInnerModule下编写Process.c的Makefile和Kconfig文件，然后在drivers目录下修改Makefile和Kconfig文件加上我们刚刚的JXZInnerModule目录和其下的Kconfig文件，就能最终打包编译成集成了我们的模块的固件。

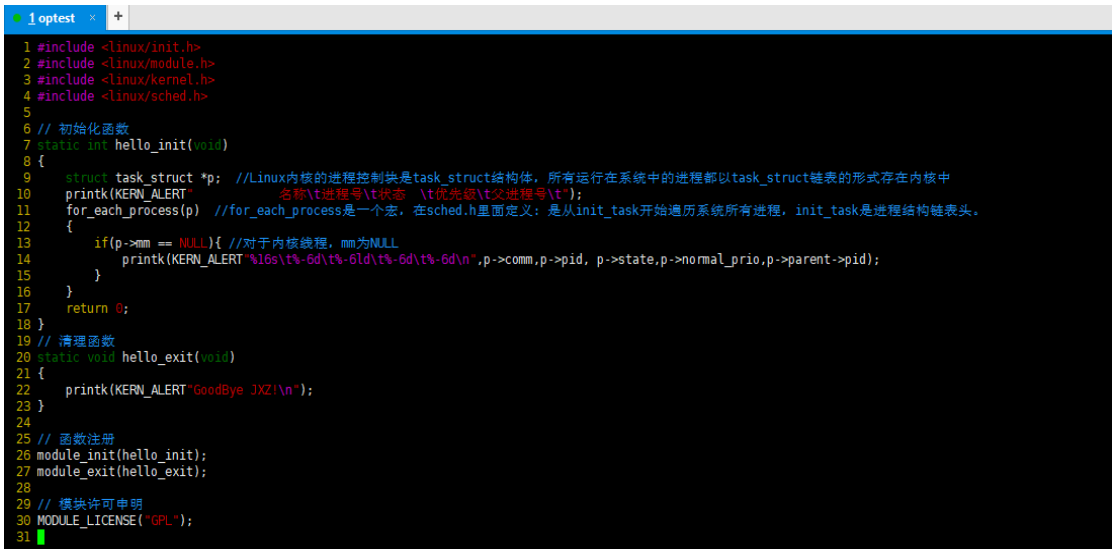


图1. Process.c文件

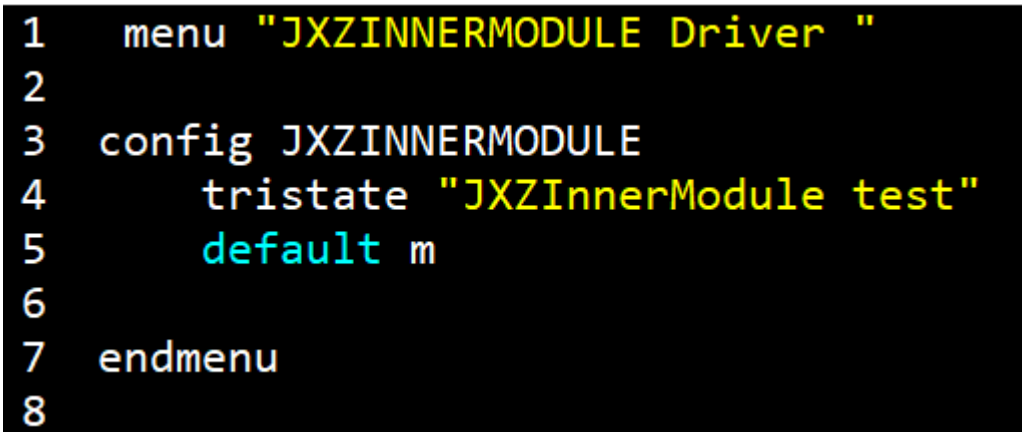


图2. JXZInnerModule下的Kconfig文件

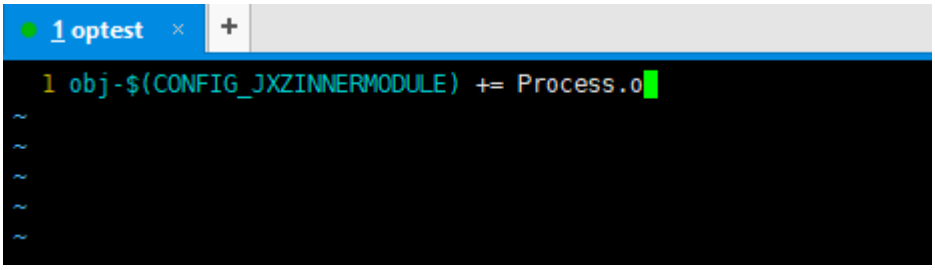


图3. JXZInnerModule下的Makefile文件

图4. drivers下的Kconfig文件

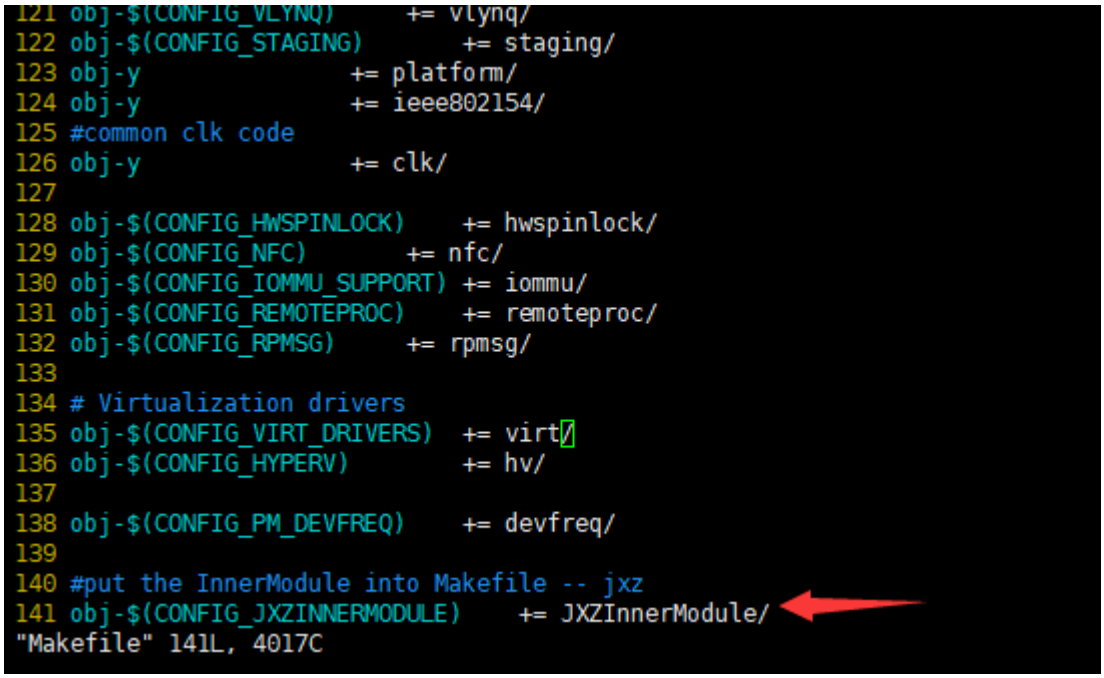


图5. drivers下的Makefile文件

通过在linux-3.4.x下执行make menuconfig命令，选取我们的JXZInnerModule test模块：

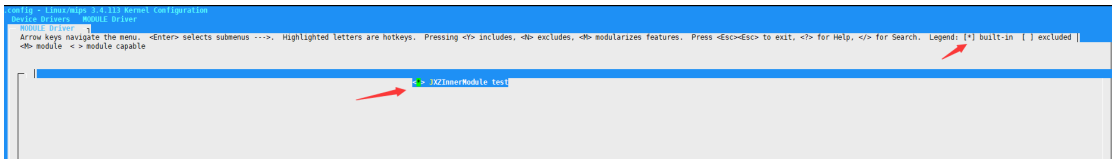


图6. Linux-3.4.x下的menuconfig界面

最终我们用路由器进行烧制，得到的结果如下，这里有一个区别，如果我们在编写Process.ko的Kconfig文件时，如果我们代码写“default m”代表最终模块是需要我们自己插入的。在Administration的Console下面我们通过find命令找到Process.ko模块，然后insmod进系统，通过lsmod发现已经插入以后，就可以在System Log中看到所有进程信息。最后用rmmod命令可以卸载模块，也可以看到打印信息。

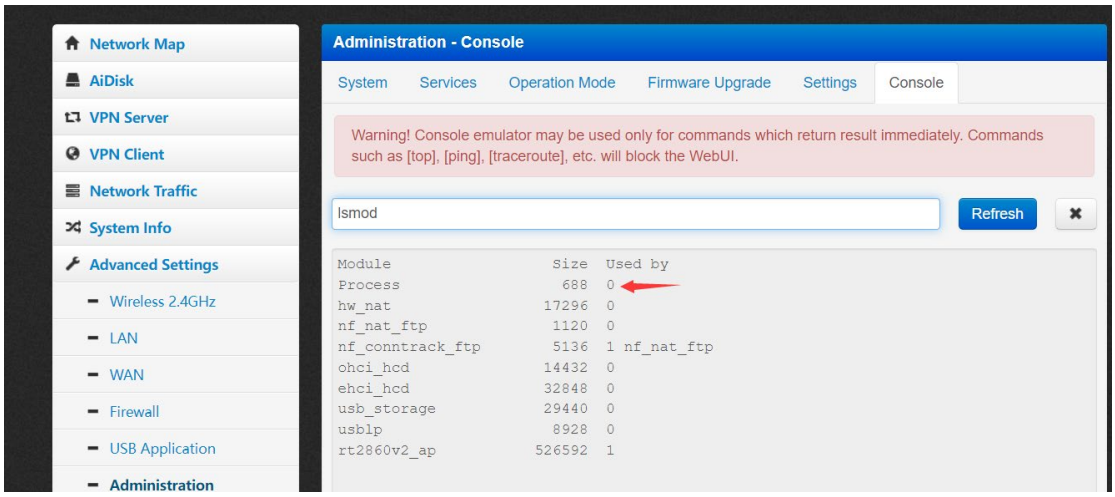


图7. Padavan下lsmod(default m)

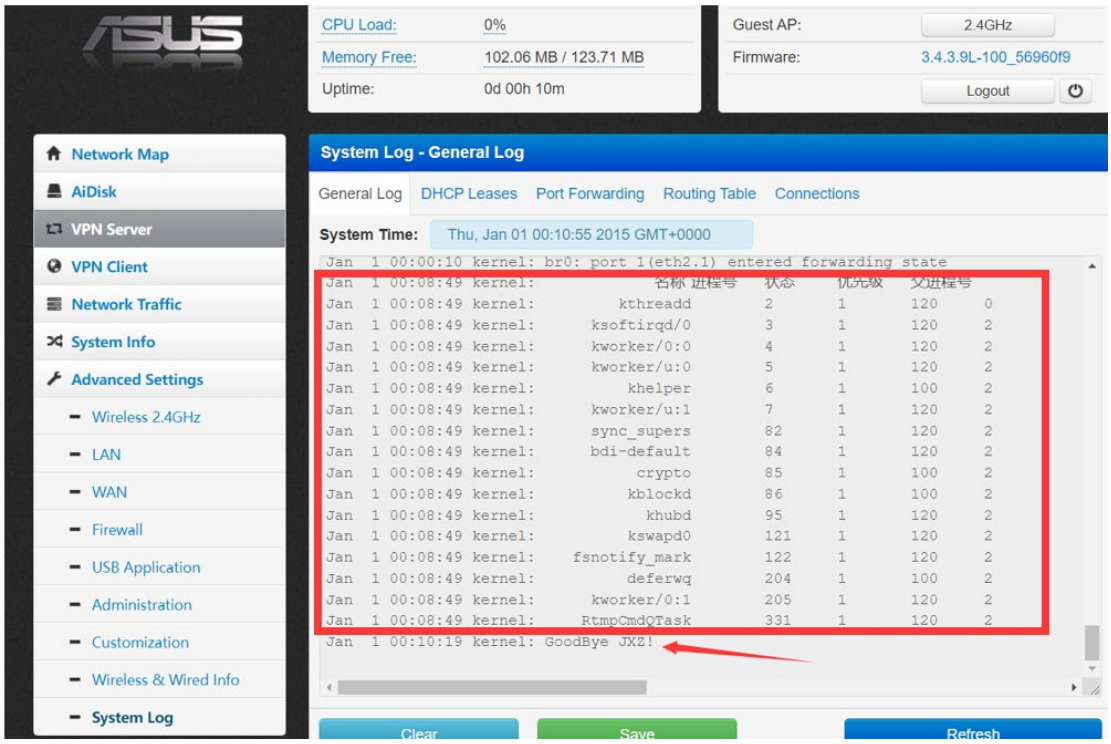


图8. Padavan下的System Log(default m)

如果我们在Kconfig中“default y”则表示模块已经built-in了，可以随系统一起启动。

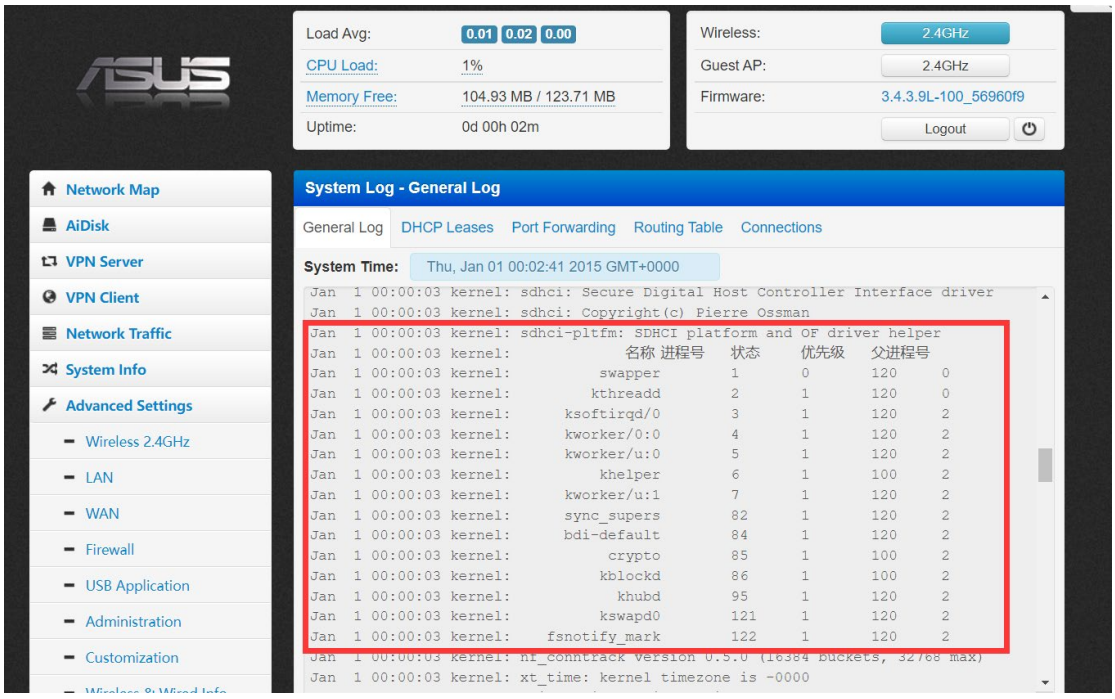


图9. Padavan下的System Log(default y)

2. 应用模块

应用模块中我先在/root/test/padavan-ng/trunk/user下新建了JXZAppModule文件夹，然后编写了PrintProcess.c文件，在其中通过pthread_create创造了两个线程并打印输出信息，最后编译成PrintProcess.exe。在user目录下修改Makefile文件包含此目录，最后即可通过Build_firmware.sh将应用程序打包。

1 optest

```c
#include <stdio.h>
#include <pthread.h>

//Linux多线程编程之创建两个子线程,分别执行子线程函数(注意编译方式)

/*
int pthread_join(pthread_t thread, void **retval);
int pthread_create(pthread_t *thread, const pthread_attr_t *attr, void *(*start_routine)(void
void pthread_exit(void *retval);
pthread_t pthread_self(void);
*/


//线程1执行函数
void *pthread_1(void *arg)
{
    printf("pthread 1 run...\n");
    int i =2;
    while(i--){
        printf("thread1 i =%d\n",i);
        sleep(1);
    }
    pthread_exit(NULL);
    return NULL;
}

//线程2执行函数
void  *pthread_2(void *arg)
{
    printf("pthread 2 run..\n");

    sleep(3);
    printf("pthread 2 exit\n");

    pthread_exit(NULL);
    return NULL;
}

int main(void)
{
    //打印线程id号
    printf("main thread tid = 0x%x\n",pthread_self());

    //创建子线程1
    pthread_t tid1;//定义子线程标识符
    pthread_create(&tid1,NULL,pthread_1,NULL);//pthread_1即线程执行函数

    //创建子线程2
    pthread_t tid2;//定义子线程标识符
    pthread_create(&tid2,NULL,pthread_2,NULL);//pthread_2即线程执行函数

    //阻塞等待子线程结束，回收子线程结束8kb物理内存
```

图10. PrintProcess.c文件

```
1 EXE = PrintProcess
2 OBJ = PrintProcess.o
3 CFLAGS += -I.
4 all: $(EXE)
5 $(EXE): $(OBJ)
6     $(CC) -o PrintProcess PrintProcess.c -lpthread
7
8 romfs:
9     $(ROMFSINST) PrintProcess /bin/$(EXE)
10
~
```

图11. JXZAppModule下的Makefile

```
1 optest
154 endif
155 dir_y                        += util-linux
156 dir_y                        += optware
157 dir_$(FS_EXT_ENABLED)                 += e2fsprogs
158 dir_$(FS_HFS_ENABLED)                 += hfsprogs
159 dir_$(FS_FAT_ENABLED)                 += dosfstools
160 dir_$(FS_NTFS_ENABLED)                += ntfs-3g
161 dir_$(CONFIG_FIRMWARE_INCLUDE_PARTED)       += parted
162 dir_$(CONFIG_FIRMWARE_INCLUDE_FTPD)     += vsftpd
163 dir_$(CONFIG_FIRMWARE_INCLUDE_MINIDLNA)     += minidlna
164 dir_$(CONFIG_FIRMWARE_INCLUDE_FIREFLY)      += firefly
165 dir_$(CONFIG_FIRMWARE_INCLUDE_TRANSMISSION) += transmission
166 dir_$(CONFIG_FIRMWARE_INCLUDE_ARIA)     += aria2
167 endif
168
169 ifdef CONFIG_MTD_UBI
170 ifneq ($(STORAGE_ENABLED),y)
171 dir_y                        += util-linux
172 dir_y                        += optware
173 endif
174 dir_y                        += mtd-utils
175 endif
176
177 dir_y += JXZAppModule
178
```

图12. user下的Makefile

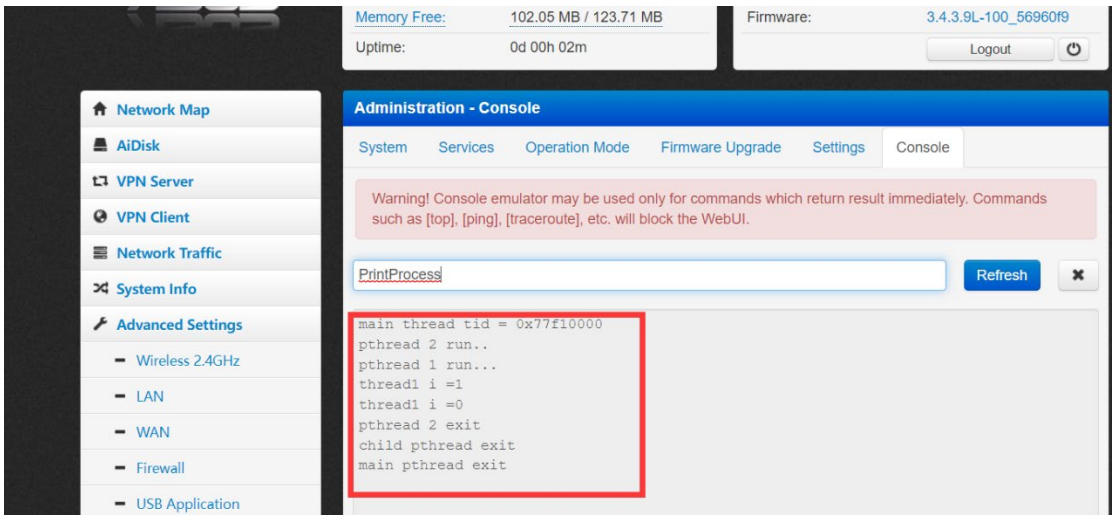


图13. 应用模块的运行结果

3. 理解与流程图

Core.c文件中主要涉及了进程调度的相关知识，但是Linux的编程代码与迭代博大精深，想在短时间内完全琢磨透是很难的，因此需要我们去把握重点。如果要把握重点的话，需要从其中使用的主要数据结构以及主要调度流程说起，希望最后能够梳理一个清晰的脉络出来。

核心数据结构：

- 每个CPU对应包含一个运行队列结构(struct rq)，而每个运行队列又包含有其自己的实时进程运行队列(struct rt_rq)、普通进程运行队列(struct cfs_rq)、和dl队列(struct dl_rq)。

- 组调度(struct task_group)：在多核多CPU的情况下，同一进程组的进程有可能在不同CPU上同时运行，所以每个进程组都必须对每个CPU分配它的调度实体(struct sched_entity 和 struct sched_rt_entity)和运行队列(struct cfs_rq 和 struct rt_rq)。

- 调度实体(struct sched_entity)：其中，load：权重，通过优先级转换而成，是vruntime计算的关键。vruntime：虚拟运行时间，调度的关键，其计算公式：一次调度间隔的虚拟运行时间 = 实际运行时间 * (NICE_0_LOAD / 权重)。vruntime最小，最小的将被调度。cfs_rq：此调度实体所处于的CFS运行队列。调度实体(struct sched_entity)，其被包含在 struct task_struct 结构中的se中。

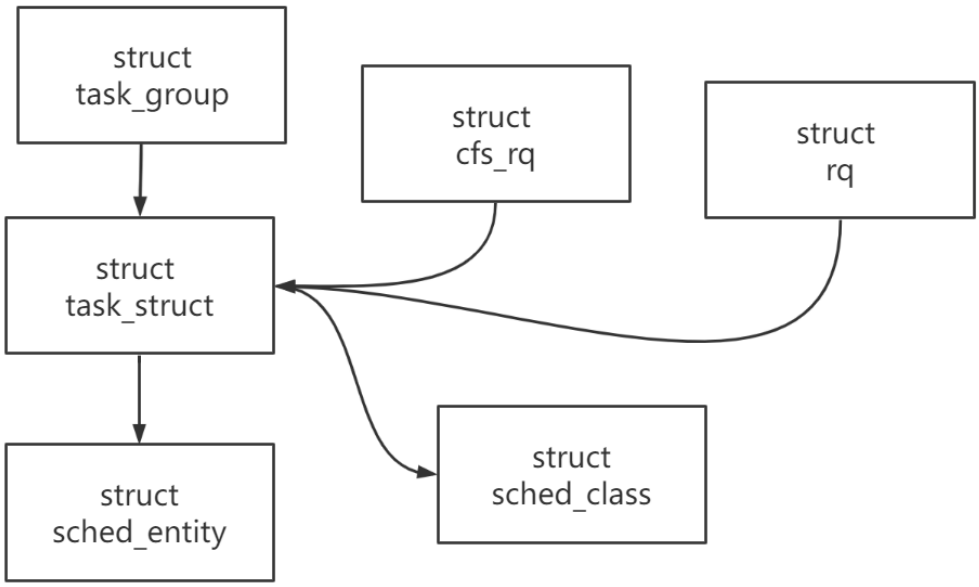
- struct task_struct： 进程优先级，int prio, static_prio, normal_prio,实时进程优先级,unsigned int rt_priority;调度类，调度处理函数类,const struct sched_class *sched_class; 调度实体(红黑树的一个结点),struct sched_entity se;调度实体(实时调度使用),struct sched_rt_entity rt;

- struct sched_class（调度类）:调度类优先级顺序： stop_sched_class

-> dl_sched_class -> rt_sched_class -> fair_sched_class ->

idle_sched_class,里面包含的是调度处理函数，enqueue_task，将进程加入到运行队列中；dequeue_task，从运行队列中删除进程。

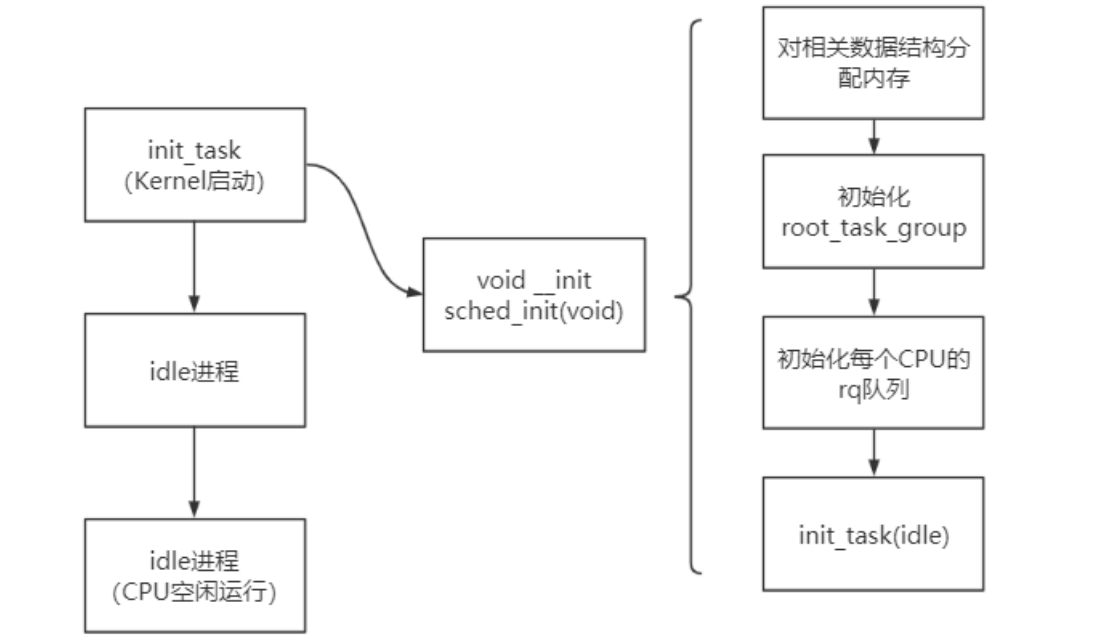
- CFS运行队列(struct cfs_rq)：只要确定其代表着一个CFS运行队列，并且包含有一个红黑树进行选择调度进程即可。
- CPU运行队列(struct rq)：其用于描述在此CPU上所运行的所有进程，其包括一个实时进程队列和一个根CFS运行队列，在调度时，调度器首先会先去实时进程队列找是否有实时进程需要运行，如果没有才会去CFS运行队列找是否有进行需要运行。



调度器启动与初始化：

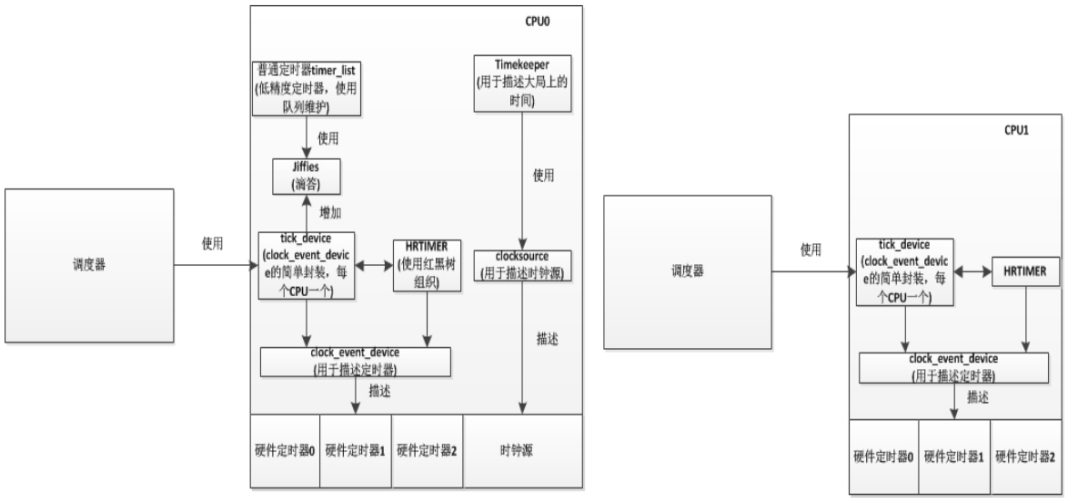
在start_kerenl函数中，进行了系统启动过程中几乎所有重要的初始化(有一部分在boot中初始化，有一部分在start_kernel之前的汇编代码进行初始化)，包括内存、页表、必要数据结构、信号、调度器、硬件设备等，这些初始化是由init_task这个进程负责的。 在start_kernel中对调度器进行初始化的函数就是void __init sched_init(void)，其主要工作为：对相关数据结构分

配内存alloc_size，初始化root_task_group，初始化每个CPU的rq队列(包括其中的cfs队列和实时进程队列)，将init_task进程转变为idle进程。



调度器运行：

调度器会涉及到内核中定时器的实现，因此需要了解如何通过定时器实现了调度器的间隔调度的。在系统中，每一次时钟滴答都会使调度器判断一次是否需要进行调度。



Linux 使用的是带时间片的动态优先级抢占式调度模式，被称之为公平调度 CFS 的算法。利用 nice 值+实时优先级+时间片共同维护线程的优先级，而这个优先级队列，也就是

就绪态队列，Linux 是用红黑树来维护的。