操作系统 实验2

> 21301114 俞贤皓
>
> 环境：Arch Linux 6.5.3-arch1-1

1. 实验步骤

1.1 编译生成内核镜像

- 编译并生成binary文件
  - ```
    root@88a1fcca9270 /m/e/os# cargo build --release
       Compiling os v0.1.0 (/mnt/expt2/os)
        Finished release [optimized] target(s) in 0.54s
    root@88a1fcca9270 /m/e/os# rust-objcopy --binary-architecture=riscv64 target/riscv64gc-unknown-none-elf/release/os --strip-all -O binary target/riscv64gc-unknown-none-elf/release/os.bin
    ```
- 载入 `rustsbi.bin` 文件
  - ```
    root@88a1fcca9270 /m/e/os# ls
    Cargo.lock  Cargo.toml  rustsbi.bin  src  target
    ```
- 第一次运行此文件
  - ```
    root@88a1fcca9270 /m/e/os# qemu-system-riscv64 -machine virt -nographic -bios ../bootloader/rustsbi.bin -device loader,file=target/riscv64gc-unknown-none-elf/release/os.bin,addr=0x80200000
    [rustsbi] RustSBI version 0.2.0-alpha.6
    .______       __    __      _______.___________.  _______..______   __
    |   _  \     |  |  |  |    /       |           | /       ||   _  \ |  |
    |  |_)  |    |  |  |  |   |   (----`---|  |----`|   (----`|  |_)  ||  |
    |      /     |  |  |  |    \   \       |  |      \   \    |   _  < |  |
    |  |\  \----.|  `--'  |.----)   |      |  |  .----)   |   |  |_)  ||  |
    | _| `._____| ______/ |_______/       |__|  |_______/    |______/ |__|

    [rustsbi] Implementation: RustSBI-QEMU Version 0.0.2
    [rustsbi-dtb] Hart count: cluster0 with 1 cores
    [rustsbi] misa: RV64ACDFIMSU
    [rustsbi] mideleg: ssoft, stimer, sext (0x222)
    [rustsbi] medeleg: ima, ia, bkpt, la, sa, uecall, ipage, lpage, spage (0xb1ab)
    [rustsbi] pmp0: 0x10000000 ..= 0x10001fff (rwx)
    [rustsbi] pmp1: 0x80000000 ..= 0x8fffffff (rwx)
    [rustsbi] pmp2: 0x0 ..= 0xffffffffffffff (---)
    qemu-system-riscv64: clint: invalid write: 00000004
    [rustsbi] enter supervisor 0x80200000
    ```
- `docker` 容器卡死
  - 执行 `sudo docker restart os` 命令
- 分析可执行程序，发现入口确实不为 `0x80200000`
  - ```
    Entry: 0x114BC
    ```

1.2 指定内存布局

- ```
  root@88a1fcca9270 /m/expt2# vim os/.cargo/config
  root@88a1fcca9270 /m/expt2# vim os/src/linker.ld
  ```
  ```

1.3 配置栈空间布局

- ```
  root@88a1fcca9270 /m/expt2# vim os/src/entry.asm
  root@88a1fcca9270 /m/expt2# vim os/src/main.rs
  ```

1.4 清空bss段

- ```
  /* stack memory settings */
  use core::arch::global_asm;

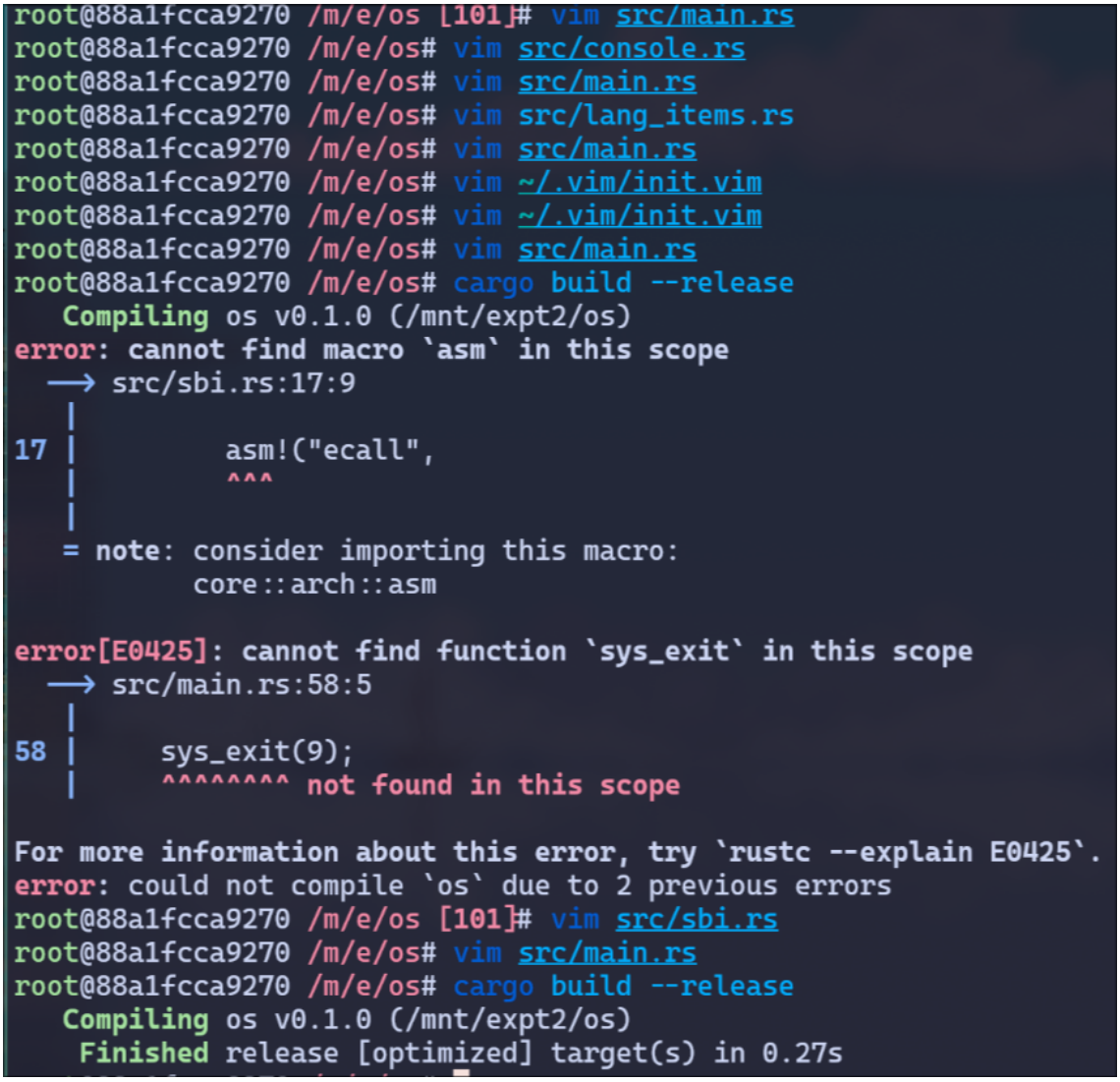
  global_asm!(include_str!("entry.asm"));

  #[no_mangle]
  pub fn rust_main() -> ! {
      loop{};
  }

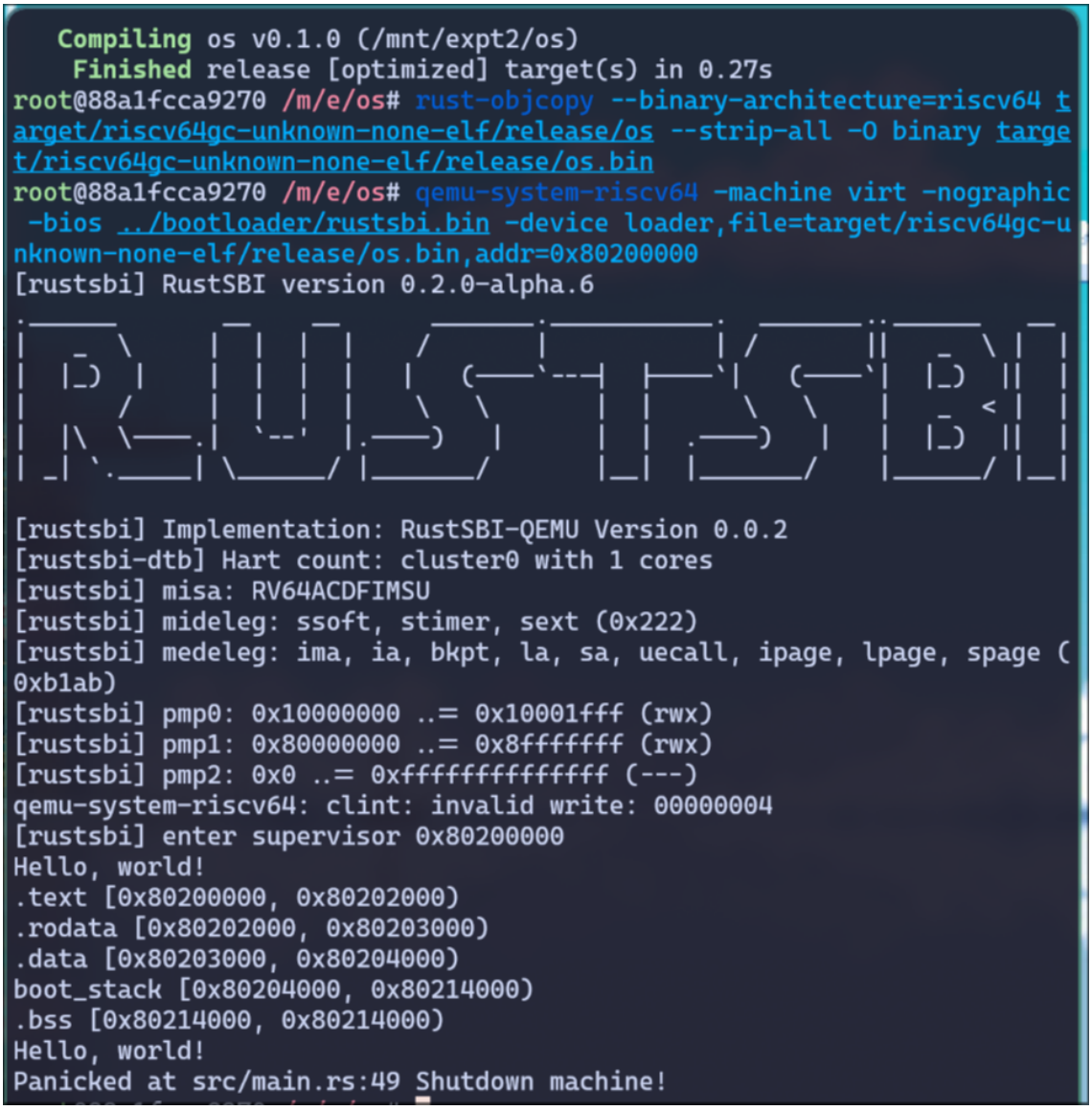
  /* clear bss segment */
  fn clear_bss() {
      extern "C" {
          fn sbss();
          fn ebss();
      }
      (sbss as usize..ebss as usize).for_each(|a| unsafe { (a as *mut u8).write_volatile(0) });
  }

  ```

1.5 实现裸机打印输出信息

- 

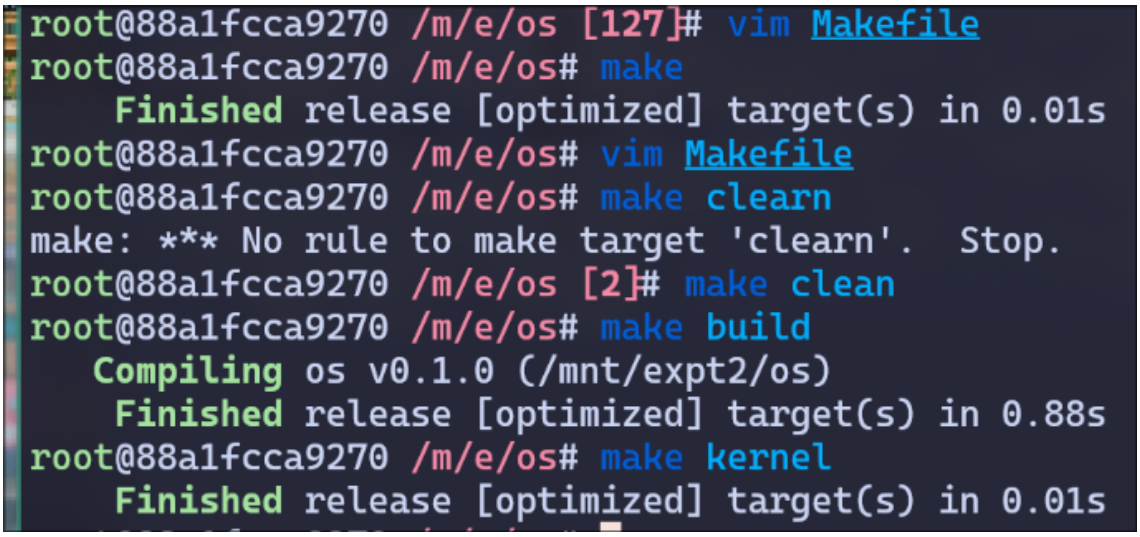
1.6 重新编译并运行

- 

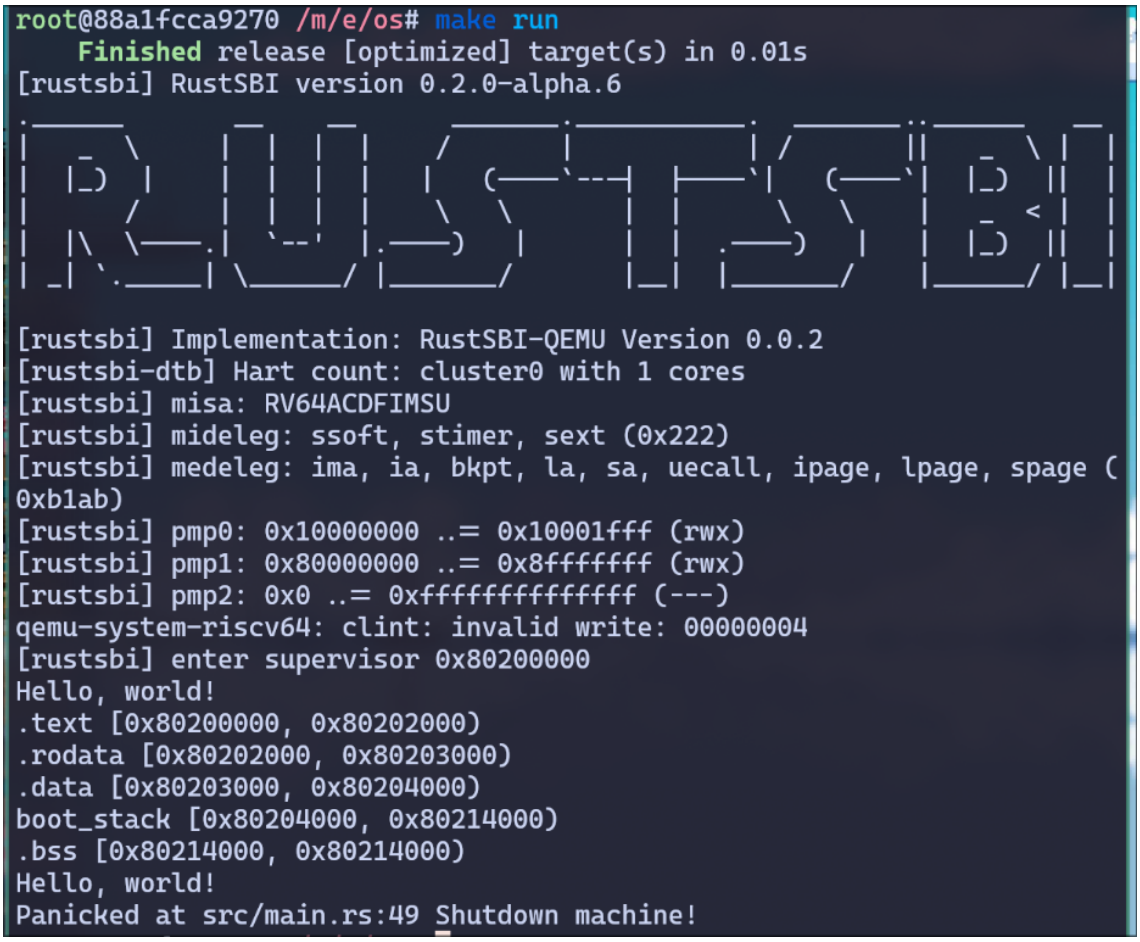
```
   Compiling os v0.1.0 (/mnt/expt2/os)
    Finished release [optimized] target(s) in 0.27s
root@88a1fcca9270 /m/e/os# rust-objcopy --binary-architecture=riscv64 target/riscv64gc-unknown-none-elf/release/os --strip-all -O binary target/riscv64gc-unknown-none-elf/release/os.bin
root@88a1fcca9270 /m/e/os# qemu-system-riscv64 -machine virt -nographic -bios ../bootloader/rustsbi.bin -device loader,file=target/riscv64gc-unknown-none-elf/release/os.bin,addr=0x80200000
[rustsbi] RustSBI version 0.2.0-alpha.6
.______       __    __      _______.___________.  _______..______   __
|   _  \     |  |  |  |    /       |           | /       ||   _  \ |  |
|  |_)  |    |  |  |  |   |   (----`---|  |----`|   (----`|  |_)  ||  |
|      /     |  |  |  |    \   \       |  |      \   \    |   _  < |  |
|  |\  \----.|  `--'  |.----)   |      |  |  .----)   |   |  |_)  ||  |
| _| `._____| \______/ |_______/       |__|  |_______/    |______/ |__|

[rustsbi] Implementation: RustSBI-QEMU Version 0.0.2
[rustsbi-dtb] Hart count: cluster0 with 1 cores
[rustsbi] misa: RV64ACDFIMSU
[rustsbi] mideleg: ssoft, stimer, sext (0x222)
[rustsbi] medeleg: ima, ia, bkpt, la, sa, uecall, ipage, lpage, spage (0xb1ab)
[rustsbi] pmp0: 0x10000000 ..= 0x10001fff (rwx)
[rustsbi] pmp1: 0x80000000 ..= 0x8fffffff (rwx)
[rustsbi] pmp2: 0x0 ..= 0xffffffffffffff (---)
qemu-system-riscv64: clint: invalid write: 00000004
[rustsbi] enter supervisor 0x80200000
Hello, world!
.text [0x80200000, 0x80202000)
.rodata [0x80202000, 0x80203000)
.data [0x80203000, 0x80204000)
boot_stack [0x80204000, 0x80214000)
.bss [0x80214000, 0x80214000)
Hello, world!
Panicked at src/main.rs:49 Shutdown machine!
```

1.7 Makefile

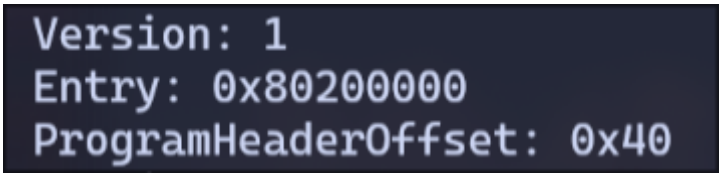
- 

```
root@88a1fcca9270 /m/e/os [127]# vim Makefile
root@88a1fcca9270 /m/e/os# make
    Finished release [optimized] target(s) in 0.01s
root@88a1fcca9270 /m/e/os# vim Makefile
root@88a1fcca9270 /m/e/os# make clearn
make: *** No rule to make target 'clearn'.  Stop.
root@88a1fcca9270 /m/e/os [2]# make clean
root@88a1fcca9270 /m/e/os# make build
   Compiling os v0.1.0 (/mnt/expt2/os)
    Finished release [optimized] target(s) in 0.88s
root@88a1fcca9270 /m/e/os# make kernel
    Finished release [optimized] target(s) in 0.01s
```

- 

2. 思考问题

2.1

- 问题：分析 `linker.ld` 和 `entry.asm` 所完成的功能
- 回答
  - `linker.ld`
    - 如文档所述，`linker.ld` 在这次实验中的功能是 **指定内存布局**
    - 第一行 `OUTPUT_ARCH(riscv)` 指定了程序的架构
    - 第二行 `ENTRY(_start)` 指定了程序的入口
    - 第三行指定了程序的入口地址为 `0x80200000`
    - 之后部分定义了程序各个段的布局（按顺序，分别定义了 `text代码段`、`rodata只读数据段`、`data数据段`、`bss未初始化的数据段`），其中 `ALIGN(4K)` 表示新的段距离上一个段的开头偏移了4K字节
    - 通过 `rust-readobj` 分析，可以发现程序入口确实变为了 `0x80200000`
      - 

  - `entry.asm`
    - 如文档所述，`entry.asm` 在这次实验中的功能是 **配置栈空间布局**
    - `.section .text.entry` 定义了一个代码段，表示程序入口

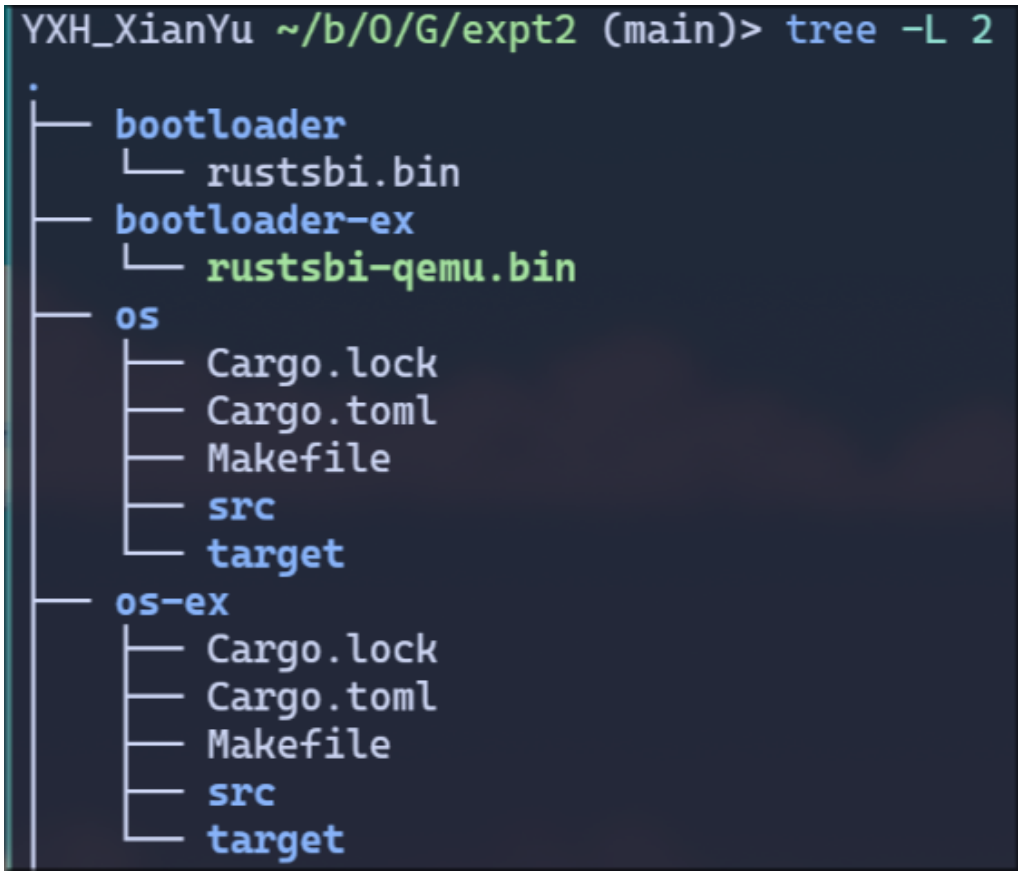
        - `.globl _start` 定义了一个全局的标记 `_start` 和 `linker.ld` 的 `ENTRY(_start)` 相对应，表示程序入口。而 `call rust_main` 表示在 `_start` 这个函数中调用 `rust_main`，这应该和 `main.rs` 里的 `rust_main` 相对应。
        - `.section .bss.stack` 定义了一个bss段，表示栈空间
        - `.globl boot_stack` 和接下来的代码，定义了一个长度为 `4096 * 16` 字节的栈空间

2.2

- 问题：分析 `sbi` 模块和 `lang_items` 模块所完成的功能
- 回答
    - `sbi` 模块
        - 本模块和实验1中的 `system call` 部分代码功能类似，都通过 **内联汇编** 语法，与硬件进行交互，实现了 **系统调用**。`sbi_call` 和 `syscall` 函数，大体类似，只有参数和返回值的区别。
        - `console_putchar` 等3个函数，对 `sbi_call` 函数进行封装，实现了3种不同的系统调用，并且以 **pub** 的方式抛出接口，供外部调用。（`sbi_call` 为私有函数，其他模块无法调用）
        - `console` 模块对 `console_putchar` 系统调用进行封装，实现了 rust 风格的输出函数与输出宏
    - `lang_items` 模块
        - 本模块名为 `lang_items`，所以本模块应该实现一些有关高级语言的特性。但在本次实验中，`lang_items` 模块只实现了 **异常** 特性，所以预测在之后的实验中，本模块的功能会被拓展。
        - `lang_items` 实现了 **异常处理函数panic**
        - 在实验1的 `main.rs` 中也有类似的实现
        - 不同的是，本模块的异常处理函数实现了异常信息输出，并且新增了 `shutdown()` 系统调用。当发生异常时，操作系统会打印出异常信息，并且关机

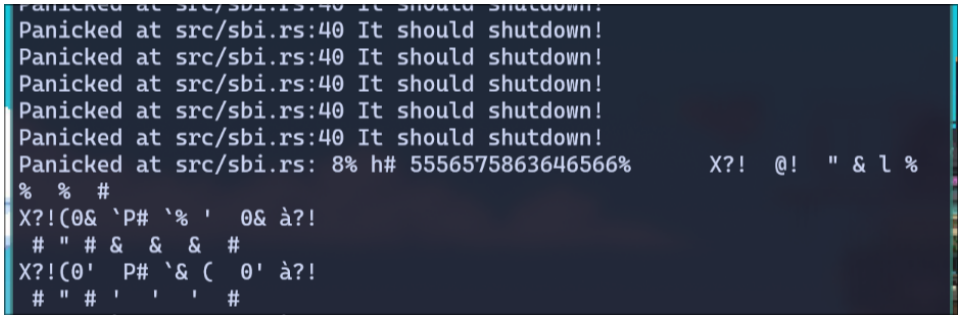
2.3

- 问题：可选：如果将 `rustsbi.bin` 换成最新版本的会造成代码无法运行，分析原因并给出解决方法。
- 操作流程
    - 新建 `os-ex` 与 `bootloader-ex` 文件夹，并将原代码与最新版本的 `rustsbi-qemu.bin` 置于对应目录下
        - 我使用了2023-10-27最新pre-released `rustsbi-qemu`

- 

- 进入 `os-ex`，将引导程序修改为 `bootloader-ex` 下的对应程序
  - 修改 `Makefile:8~9` 为

```
SBI ?= rustsbi-qemu
BOOTLOADER := ../bootloader-ex/$(SBI).bin
```

- 测试
  - `make`、`make build` 均可正常执行
  - `make run` 出现了不正常的结果，在输出 `Hello, world!` 和 `Panicked ... Shutdown machine!` 之后，程序又输出了大量 `src/sbi.rs:40 It should shutdown!` 异常和乱码（应该是无限递归调用panic函数，导致栈空间溢出），并卡死
    - 

- 解决
  - 首先分析异常发生的代码，即 `src/sbi.rs:40`，发现操作系统并没有正常关闭。所以考虑sbi调用的接口是否发生了变化。但查询后，发现sbi调用的接口和常量均和原来相同。常量 与 接口文档
  - 使用搜索引擎搜到了 一条rCore-Tutorial仓库的Issue，按照文中方法进行修改。但现在，程序执行到 `sbi_call` 时，就直接卡死了，问题还是没有解决
  - 参考 rCore-Tutorial-v3 的lab1源代码，引入了 `sbi-rt` 库，并修改了 `src/sbi.rs`。问题成功解决！

-


- 思考
  - 虽然解决了问题，但只知道死循环是接口更新导致的，并没有了解到更本质原因。所以继续分析，查阅 `sbi-rt` 文档
  - `sbi-rt` 是 `sbi` 的运行时库，相当于帮我们实现了一套 `sbi` 接口。对比了 `sbi-rt` 的 `sbi_call` 源码，发现和我们的实现并没有区别，区别只在调用的常数上，于是跟踪到 `sbi-spec` 仓库
  - `sbi-spec` 仓库实现了 `sbi标准` 定义的常量和结构。在 `src/srst.rs` 中，我们发现了问题的答案！`sbi标准` 确实更新了，`shutdown` 不应该直接将 `extension id` 设置为 0，而是应该设置 `extension id` 为 `0x53525354`，并把 `function id` 设置为 `0`
- 再次解决
  - 将 `sbi-rt` 依赖删去，并且修改 `src/sbi.rs`。执行 `make run`，成功了！

- 

- 原因
  - `sbi标准` 更新，导致关机需要使用新的参数。如果我们没有更新参数，就会调用废弃的接口，导致程序出错。我们更新 `sbi调用` 的参数后，就可以正常关机。
- 解决方法
  - 将 `src/sbi.rs` 修改为：

```rust
#![allow(unused)]

// pub fn console_putchar(c: usize) {
//     #[allow(deprecated)]
//     sbi_rt::legacy::console_putchar(c);
// }
//
// pub fn console_getchar() -> usize {
//     #[allow(deprecated)]
//     sbi_rt::legacy::console_getchar()
// }
//
// pub fn shutdown() -> ! {
//     use sbi_rt::{system_reset, NoReason, Shutdown};
//     system_reset(Shutdown, NoReason);
//     panic!("It should shutdown!");
// }

use core::arch::asm;

const SBI_SET_TIMER: usize = 0;
const SBI_CONSOLE_PUTCHAR: usize = 1;
const SBI_CONSOLE_GETCHAR: usize = 2;
```

```
const SBI_CLEAR_IPI: usize = 3;
const SBI_SEND_IPI: usize = 4;
const SBI_REMOTE_FENCE_I: usize = 5;
const SBI_REMOTE_SFENCE_VMA: usize = 6;
const SBI_REMOTE_SFENCE_VMA_ASID: usize = 7;
const SBI_SHUTDOWN: usize = 8;

// const SBI_STOP_EXTENSION: usize = 0x48534D;
// const SBI_STOP_FUNCTION: usize = 1;
const SBI_EID_SRST: usize = 0x53525354;
const SBI_SYSTEM_RESET: usize = 0;

#[inline(always)]
fn sbi_call(eid: usize, fid: usize, arg0: usize, arg1: usize, arg2:
usize) -> usize {
    let mut ret;
    unsafe {
        asm!("ecall",
             in("x10") arg0,
             in("x11") arg1,
             in("x12") arg2,
             in("x16") fid,
             in("x17") eid,
             lateout("x10") ret
        );
    }
    ret
}

pub fn console_putchar(c: usize) {
    sbi_call(SBI_CONSOLE_PUTCHAR, 0, c, 0, 0);
}

pub fn console_getchar() -> usize {
    sbi_call(SBI_CONSOLE_GETCHAR, 0, 0, 0, 0)
}

pub fn shutdown_deprecated() -> ! {
    sbi_call(SBI_SHUTDOWN, 0, 0, 0, 0);
    panic!("It should shutdown! (deprecated shutdown function)");
}

pub fn shutdown() -> ! {
    sbi_call(SBI_EID_SRST, SBI_SYSTEM_RESET, 0, 0, 0);
    panic!("It should shutdown!");
}
```

3. Git提交截图

- 仓库链接

- 
Commits on Nov 3, 2023
21301114 expt2 99%
YXHXianYu committed now
21301114 expt2 90%
YXHXianYu committed 3 hours ago

4. 其他说明

- 无