项目申请书

- **项目名称：** SpiderMonkey 的 64 位 RISC-V 后端修缮工作
- **项目编号：** 25f3e0428
- **项目主导师：** 陈萱
- **申请人：** 鲍溶
- **申请人邮箱：** webmaster@csmantle.top

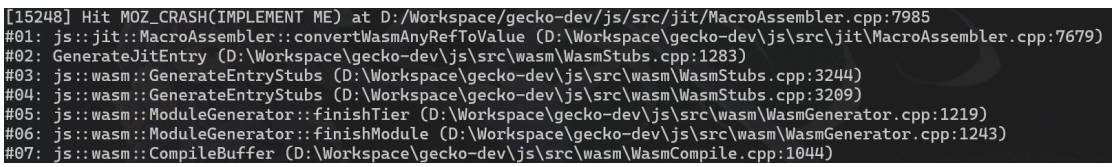
Contents

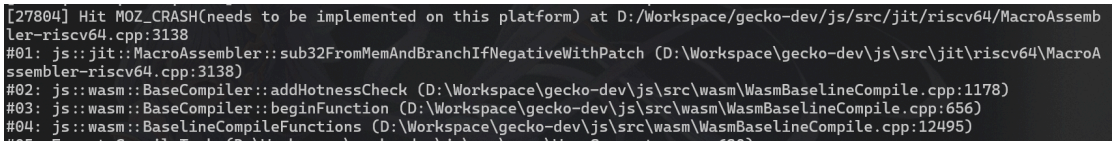
1. 项目背景

SpiderMonkey 是 Mozilla 多个项目中使用的 JS 和 WASM 引擎。直接解析、运行解释型语言开销较大，因此 SpiderMonkey 采用了层次化的优化引擎，发现所执行 JS 程序 或 WASM 字节码中的热点部分，将其即时编译为宿主机原生指令，实现运行加速。

由于 SpiderMonkey 需要产生原生指令，因此需要为不同的 ISA 分别编写特定的指令发射后端。遗憾的是，针对 RISC-V 架构编写的发射后端在单元测试通过率上表现不佳。以 commit eff23b2 为例，目前有超过四分之一的 JIT 测试在自带的 RISC-V 模拟器上失败。

其中，大多数错误为由开发者标记为“尚未实现”的功能，如下图所示。





因此，本项目致力于提升 SpiderMonkey JIT 在 RISC-V 平台上的通过率，使得失败测试数量减少至 50 个以下。本项目中还可以同时学习 Mozilla 开源项目协作的相关知识。

2. 实现方案

2.1. 失败原因分类

需要根据单元测试失败的原因，将所有失败测试点分成几类：

- **未实现**。类似上图所示，该功能被开发者明确标记为尚未实现。对于此种问题，在获悉正确行为后实现即可。
- **行为错误**。虽然该测试点已实现，但行为不符合原 JS 或 WASM 代码语义。
- **其他**。剩下无法归类的问题，可能是由宿主模拟器环境与 RISC-V 实机行为不一致，或是测试点为架构特定测试、不适用于 RISC-V 架构，等等。需要与导师与社区开发者沟通处理。

2.2. 指令实现

根据 RISC-V ISA 的特点，实现 IR 语义到机器指令的 lowering 过程。主要在 `js/src/jit/riscv64/MacroAssembler-riscv64.cpp` 中完成汇编器部分的实现。

`MacroAssembler` 已经较好地包装了相关的 API。参考已有代码，部分较为底层的功能可以直接发射寄存器到寄存器的机器指令，如以下已有代码：

```
void MacroAssembler::convertInt64ToDouble(Register64 src, FloatRegister dest)
{
  fcvt_d_l(dest, src.scratchReg());
}
```

较为复杂的逻辑可以通过构造 MIR 的方式描述，如以下已有代码：

```
void MacroAssembler::ceilFloat32ToInt32(FloatRegister src, Register dest,
                                        Label* fail) {
  UseScratchRegisterScope temps(this);
  ScratchDoubleScope fscratch(*this);
  Label performCeil, done;
  // If x < -1 or x > 0 then perform ceil.
  loadConstantFloat32(0, fscratch);
  branchFloat(Assembler::DoubleGreaterThan, src, fscratch, &performCeil);
  loadConstantFloat32(-1.0, fscratch);
  branchFloat(Assembler::DoubleLessThanOrEqual, src, fscratch, &performCeil);

  Register scratch = temps.Acquire();
  // If binary value is not zero, the input was not 0, so we bail.
  {
    fmv_x_w(scratch, src);
    branch32(Assembler::NotEqual, scratch, zero, fail);
  }
  bind(&performCeil);
```

```
  Ceil_w_s(dest, src, scratch);
  ma_b(scratch, Imm32(1), fail, NotEqual);
  bind(&done);
}
```

这种描述方式与我熟悉的逆向工程中指令提升（ lifting ）过程有相通之处，SpiderMonkey 提供的接口也与大多数主流反编译框架提供的 IR/IL 类似。区别在于，lifting 过程将机器码转化为 IR，而本项目中需要将 IR 转化为机器码。

实现指令时需要考虑 RISC-V 的相关指令集扩展的存在，如 Atomic、Vector 和大量的 Zxx 扩展。使用这些指令在部分微架构上能够显著提升性能，但是否通用则需要与 Mozilla 贡献者进一步沟通。

2. 3. 回退与性能测试

为保证新的更改不 break 任何已有实现，需要时刻关注是否出现新的失败单元测试。新的功能可能会需要额外的单元测试来覆盖更多的 edge cases，需要和贡献者详细沟通。

目前，`./mach jit-test` 运行结果中只包含了正确性结果，即是否通过测试，而没有包含测试性能效率等的指标。也需要和贡献者沟通关于 JIT 的实际运行效率问题。

2. 4. Patchset 提交

代码实现和文档均完成后，需要在导师指导下向 Mozilla 提交补丁。该过程可以使用 mach 半自动化完成，但是具体的流程仍然需要确认，包括是否需要在 Bugzilla 上提交 bug，需要得到哪些社区贡献者的签发与 review，以及需要在哪些 CI 流程中通过，等等。我认为，我的开源项目贡献经验能够让我顺利完成该部分的流程，当然，若有导师的指导，这部分流程定能事半功倍。

3. 时间计划

项目期望完成时间： 200 小时

3. 1. 2025/07/01 – 2025/08/15：开发第一阶段

- 与 Mozilla 开发者和导师沟通，学习 SpiderMonkey JIT 的工作机制；
- 标记所有诸如 `MOZ_CRASH` 之类 Todo 部分，查阅手册并与 Mozilla 开发者沟通，了解期望行为；
- 重复迭代开发，实现 Todo 后运行测试，检验行为是否符合语义；
- 及时沟通新发现的 edge cases，并适时添加相应的新测试。

3. 2. 2025/08/16 – 2025/09/30：开发第二阶段

- 对第一阶段完成的内容进行更详细的测试；
- 按照 Mozilla 贡献工作流，与导师沟通，准备提交 patch；
- 对第一阶段的完成内容进行总结，并输出相关文档内容；
- 思考改进点与尚不完善之处。

4. 个人期望

我希望能够借助该项目的机会，锻炼在大型项目中与其他开发者协作的能力，进一步提升自身跨平台开发能力与对 RISC-V ISA 的了解，同时更深入掌握 JIT native code generation 和编译原理相关专业知识，为进一步学习提升打好基础。