Tigger 文档说明

1 概述

Tigger /'tɪgə(r)/ 是面向 RISC-V 的一种中间表示，用作寄存器分配的输出格式。

为了让同学们快速熟悉 Tigger 语法，Tigger 遵循一贯的简洁易读风格，被设计得与 Eeyore 很像。

2 语法描述

2.1 寄存器

Tigger 共有 28 个可用的寄存器，这些寄存器的名称与 RISC-V 保持一致（相比 RISC-V，删去了一些不需要编译器管理寄存器）。

- `x0`：该寄存器恒等于 0，不可更改
- `s0-s11`：没什么特殊之处，被调用者保存。
- `t0-t6`：没什么特殊之处，调用者保存。
- `a0-a7`：用来传递函数参数，调用者保存。其中 a0-a1 也被用作传递函数返回值，但因为 MiniC 中所有函数返回值都是 int，所以实际上只有 a0 被用作传递返回值。

可以看出，最多只能通过寄存器传递 8 个参数。简单起见，限定所有函数参数个数不超过 8 个。

2.2 表达式、标号、跳转语句

- 所有的表达式计算都在寄存器上进行。
- 所有在 Eeyore 中支持的运算符，在 Tigger 中都支持。
- 注意！因为 MiniC 里只有 int 和 int 数组类型，所以形似数组赋值语句的赋值语句中括号内的数是 4 的倍数。
- 注意！由于 RISC-V 某些规则的原因，Tigger 中只有的`'+'` 和`'<'` 运算符允许作为 `Reg = Reg OP2 <INTEGER>` 语句中的 `OP2`。
- 标号与跳转语句和 Eeyore 中的语法相同，标号是全局的。

2.3 函数

- 函数定义语句形如 `f_xxx [2] [3]`，第一个中括号内是参数个数，第二个是该函数需要用到的栈空间的大小（除以 4 之后）。
- 函数结束语句和 Eeyore 中的一样，形如 `end f_xxx`。
- 函数必须以返回语句返回。返回值通过寄存器传递。
- 函数调用语句形如 `call f_xxx`。

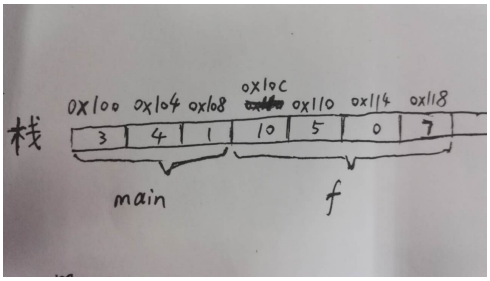
2.4 栈内存操作

程序运行时，每个被调用的函数都会维护一个连续的栈空间，大小为函数定义语句中的第二个参数。

局部变量都可以在栈中找到，因此 Tigger 中不再有局部变量了。

- `store Reg <INTEGER>` 语句中，`<INTEGER>` 是一个小于函数定义语句第二个系数的非负整数。该语句会把寄存器 `<Reg>` 的值存入当前函数栈空间第 `<INTEGER>` 个位置。
- `load <INTEGER> Reg` 语句中，`<INTEGER>` 是一个小于函数定义语句第二个系数的非负整数。该语句会把当前函数栈空间第 `<INTEGER>` 个整数存入寄存器 `<Reg>`
- `loadaddr <INTEGER> Reg` 语句中，`<INTEGER>` 是一个小于函数定义语句第二个系数的非负整数。该语句会把当前函数栈空间第 `<INTEGER>` 个位置的内存地址存到寄存器 `<Reg>`。

举个例子，假设某个时刻函数调用关系是 `main[0][3] -> f[0][4]`，正在执行函数 `f`，假设此时的栈如下图所示：



此时语句 `load 2 s0`，会使 `s0 = 5`；语句 `loadaddr 2 s0`，会使 `s0 = 0x110`；语句 `store s0 2` 会把图中的 `5` 改成 `s0` 的值。

2.5 全局变量

- 全局变量名称以 `v` 开头，后接一个整数编号，编号从 0 开始，比如 `v0,v1`。
- `<VARIABLE> = <INTEGER>` 用来声明一个初始值为 `<INTEGER>` 的全局变量 `<VARIABLE>`，即 `<VARIABLE>` 这个名称表示的内存地址上 4 字节的内容为 `<INTEGER>`。
- `<VARIABLE> = malloc <INTEGER>` 用来声明数组，`<VARIABLE>` 这个名称表示的内存地址之后的 `<INTEGER>` 字节的内容为一个数组。注意！`<INTEGER>` 是 4 的倍数。

- `load <VARIABLE> Reg` 表示把 `<VARIABLE>` 这个全局变量对应内存地址上 4 字节的内容加载到寄存器 `Reg`。
- `loadaddr <VARIABLE> Reg` 表示把 `<VARIABLE>` 这个全局变量对应内存地址加载到寄存器 `Reg`。
- 注意!由于 RISC-V 汇编的原因,没有 `store Reg <VARIABLE>` 语句。该语句可以通过 `loadaddr` 语句与数组访问语句结合来完成。

2.6 注释

Tigger 允许单行注释，与 C 语言注释类似使用//，处理时自动忽略改行从//之后所有内容。

2.7 系统库支持

与 MiniC 和 Eeyore 中的输入输出函数原型相同。
四种输入输出函数都通过 `a0` 寄存器传递参数和返回值。

3 BNF

⟨*Goal*⟩ ::= (FunctionDecl | GlobalVarDecl)*

⟨*GlobalVarDecl*⟩ ::= ⟨*VARIABLE*⟩ '=' ⟨*INTEGER*⟩
| ⟨*VARIABLE*⟩ '=' 'malloc' ⟨*INTEGER*⟩

⟨*FunctionDecl*⟩ ::= Function '['⟨*INTEGER*⟩']' '['⟨*INTERGER*⟩']' (Expression)* 'end' Function

⟨*Expression*⟩ ::= Variable '=' Reg OP2 Reg
| Reg '=' Reg OP2 ⟨*INTEGER*⟩
| Reg '=' OP1 Reg
| Reg '=' Reg
| Reg '=' ⟨*INTEGER*⟩
| Reg '[' ⟨*INTEGER*⟩ ']' = Reg
| Reg = Reg '[' ⟨*INTEGER*⟩ ']'
| 'if' Reg LogicalOP Reg 'goto' Label
| 'goto' Label
| Label ':'
| 'call' Function
| 'store' Reg ⟨*INTEGER*⟩
| 'load' ⟨*INTEGER*⟩ Reg
| 'load' ⟨*VARIABLE*⟩ Reg
| 'loadaddr' ⟨*INTEGER*⟩ Reg
| 'loadaddr' ⟨*VARIABLE*⟩ Reg
| 'return'

⟨*Reg*⟩ ::= 'x0' | 's0' | 's1' | 's2' | 's3' | 's4' | 's5' | 's6' | 's7' | 's8' | 's9' | 's10' | 's11' | 'a0' | 'a1' | 'a2' | 'a3' | 'a4' | 'a5' | 'a6' | 'a7' | 't0' | 't1' | 't2' | 't3' | 't4' | 't5' | 't6'

⟨*Label*⟩ ::= ⟨*LABEL*⟩

⟨*Function*⟩ ::= ⟨*FUNCTION*⟩

4 示例

```
f_fac [1] [3]
    a0 = a0 + -1
    if a0 <= x0 goto l1
    store a0 0
    call f_fac
    store a0 1
    store s0 2
    loadaddr 0 s0
    a0 = s0[0]
    a0 = a0 + -1
    call f_fac
    a1 = s0[4]
    load 2 s0
    a0 = a0 + a1
    goto l2
l1:
    a0 = 1
l2:
    return
end f_fac

f_main [0] [0]
    call f_getint
    call f_fac
    call f_putint
    a0 = 10
    call f_putchar
    a0 = 0
    return
end f_main
```

5 Tigger 模拟器使用方式

```
Usage ./Tigger [-d] <filename>

-d : enable debug mode

- e.g. ./Tigger -d test.in
```

出现"> "提示符表示进入debug模式，支持如下指令：

```
+ l
    - Print current line number
+ n
    - Run one step
+ pr <Reg>
    - e.g. pr a0, pr s0
    - Print register value
+ prx <Reg>
    - e.g. prx a0, prx s0
    - Print register value as hexadecimal
+ ps <stacknum>
    - e.g. ps 0, ps 1
    - Print the value of stack memory
+ psx <stacknum>
    - e.g. psx 0, psx 1
    - Print the value of stack memeory as hexadecimal
+ pg <variable>
    - e.g. pg v0, pg v1
    - Print the value of global variable
+ b <number>
    - e.g. b 10
    - Set a breakpoint at a certain line
+ d <number>
    - e.g. d 10
    - Delete the breakpoint at a certain line
+ c
    - Run until meet a breakpoint
+ q
    - Quit Tigger simulator
```