



中国科学院计算技术研究所
INSTITUTE OF COMPUTING TECHNOLOGY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES



中国开放指令生态（RISC-V）联盟
China RISC-V Alliance



鹏城实验室
Peng Cheng Laboratory



深圳大学
SHENZHEN UNIVERSITY



香山处理器B扩展的设计与实现

张发旺

深圳大学

2021年6月25日

背景

- 在机器学习，密码学等领域中存在大量**位排列，分组，移位**等运算。引入位运算指令（ **Bit Manipulation Instructions** ）能够减少指令生成、有助于加速上述运算。
- 因此，在RISC-V标准指令集中添加B扩展指令能够提升运算**速度**以及减少生成汇编**程序大小**。

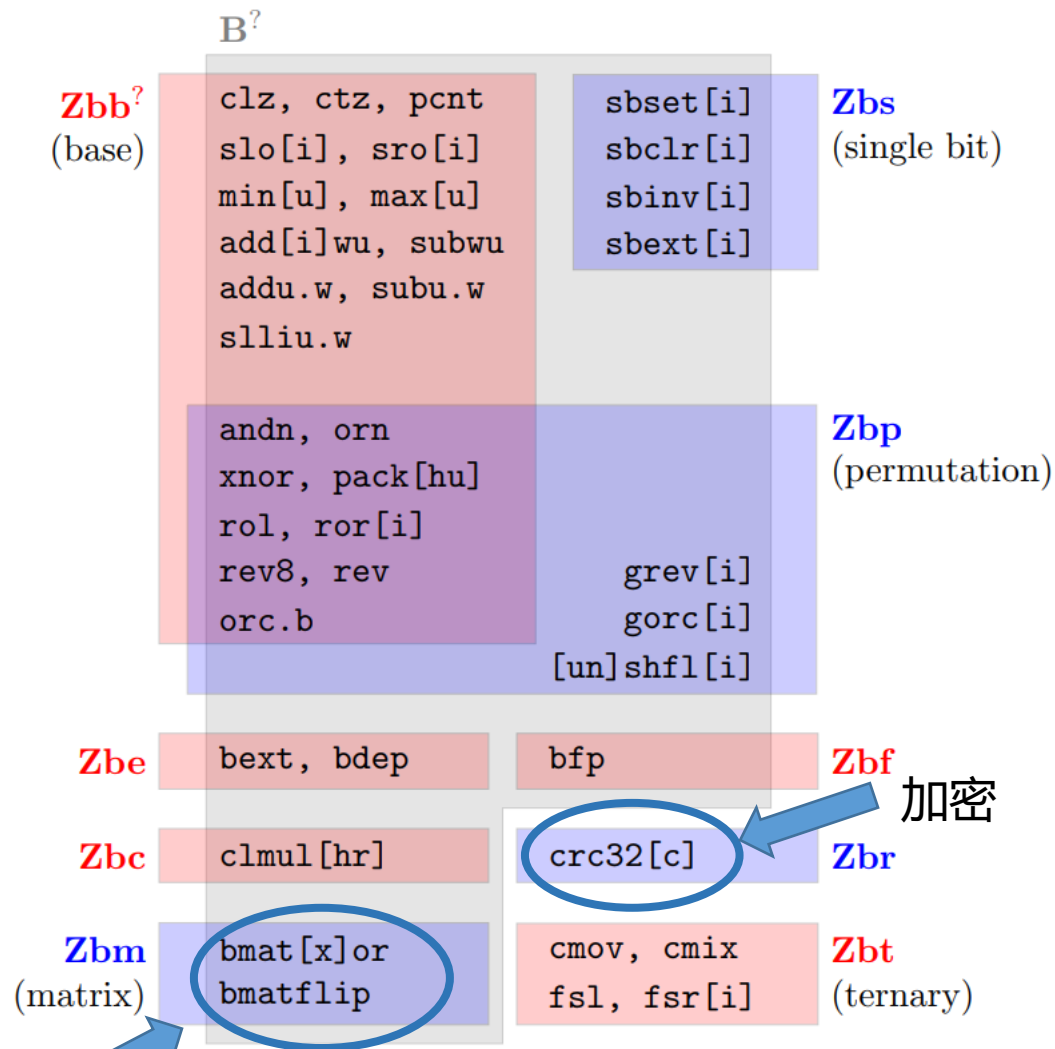
```
// coremark RV64G  
slli    a5,a3,0x20  
srli    a5,a5,0x1e  
add     a5,a1,a5
```



```
// coremark RV64GB  
sh2addu.w    a3,a4,a1
```

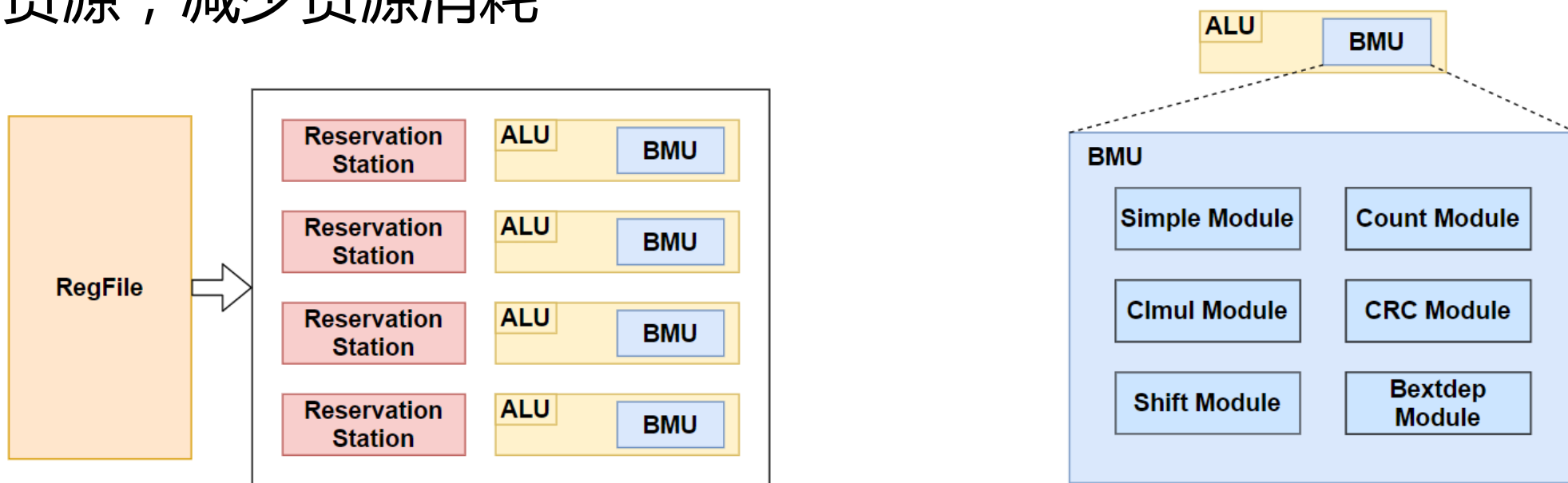
实现指令

- 实现了B拓展草案手册(0.92)RV64所有指令
 - 基本位操作指令
 - 位排列指令
 - 其他指令
- 移位加法指令



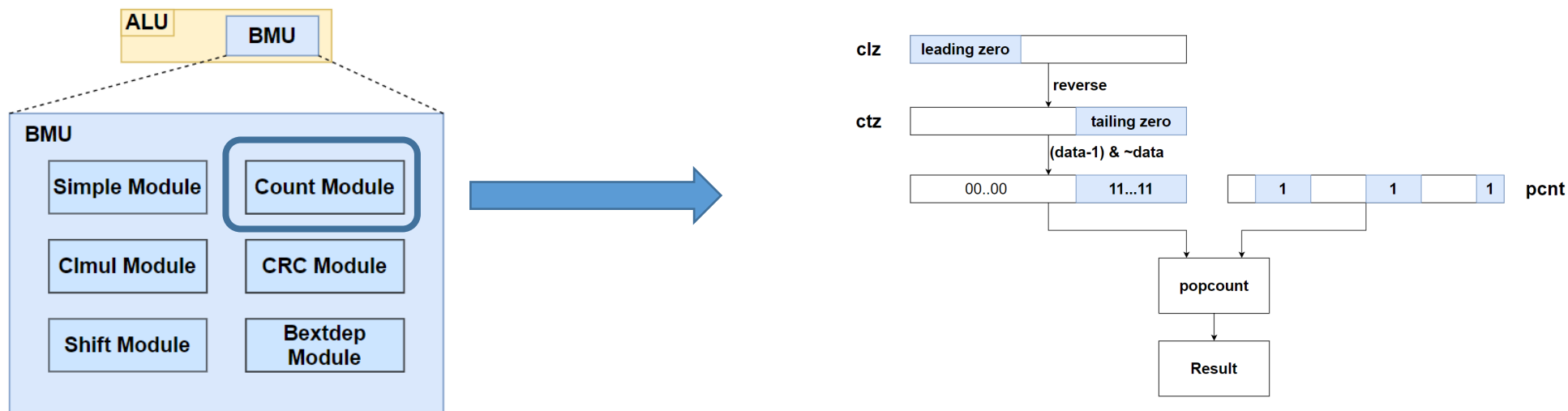
微架构

- 功能部件：在4个ALU中实现4个位运算部件(BMU)
- 根据B扩展指令功能进行分类，将功能相似指令在一个子模块，复用资源，减少资源消耗



微架构

- 以Count Module部分为例：clz, ctz, pcnt指令可以通过处理，利用中间结果，将该三条指令复用popcount硬件资源，得到最终结果



功能测试

- 测试工具：NEMU Difftest框架
 - 根据riscv-bitmanip C语言实现参考，在NEMU框架中添加指令
 - NEMU模拟器与处理器仿真 执行同一个程序，在线对比指令执行结果
- 正确性/兼容性测试集：RISC-V B扩展asmtest程序^[1]

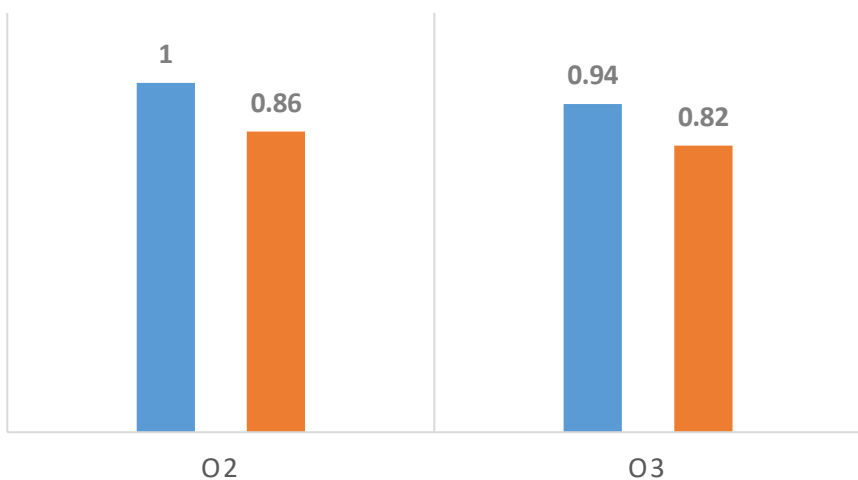
[1]<https://github.com/fwzhang/riscv-bitmanip/tree/master/asmtests/extB/autoasm>

性能测试

- 测试程序：Coremark (-O3)
 - 执行指令数降低**13.9%**，执行周期数降低**8.2%**，加速比**1.09x**

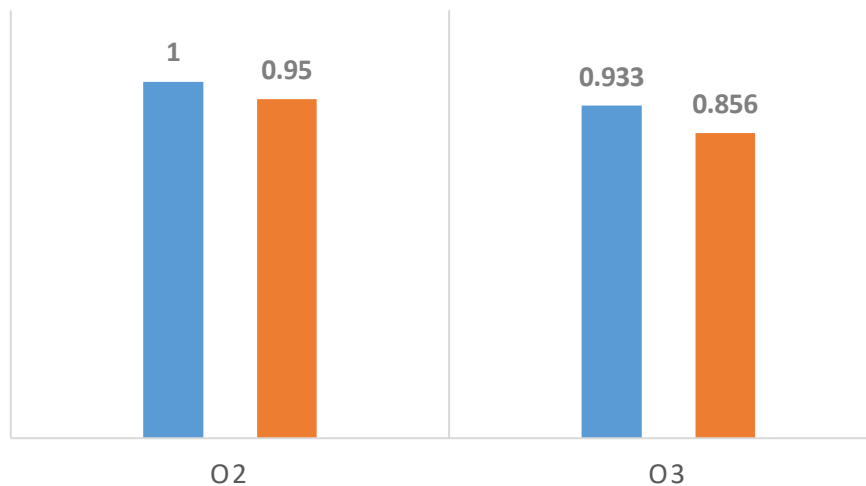
COREMARK 动态指令数比

■ RV64G ■ RV64GB



COREMARK 执行周期数比

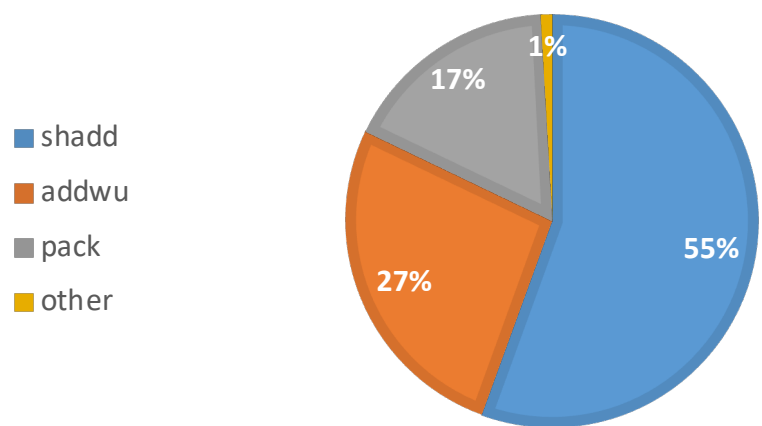
■ RV64G ■ RV64GB



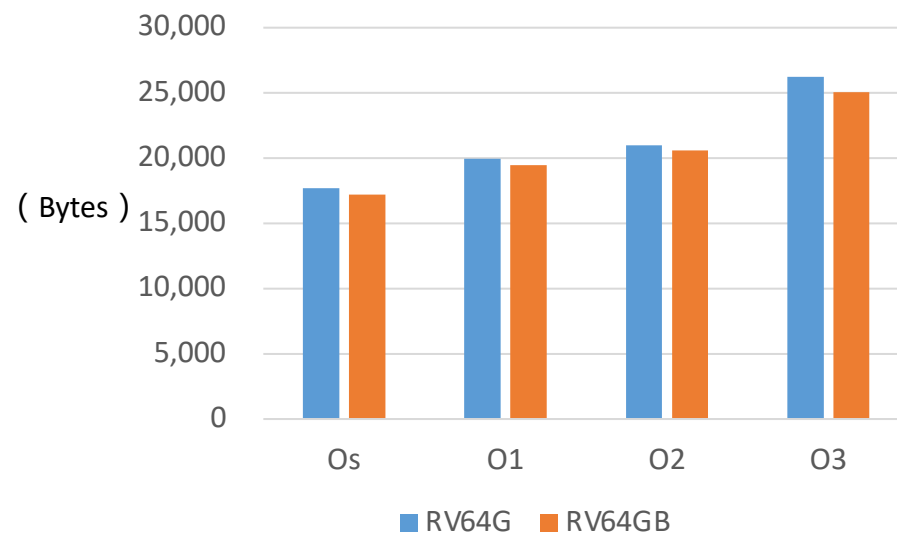
性能测试

- 测试程序：Coremark -O3
 - Coremark 100runs 中B扩展指令占总指令数的**9.7%**，平均1条B拓展指令对应2.51条RV64G指令
 - 引入B扩展占用存储空间减少约**4.6%**

B扩展指令占比



Coremark 二进制文件大小





后续优化点

- 该报告的工作仍在工作中，后续需作如下优化：
 - 更完善的性能测试
 - 根据时序对部分指令进行分拍
 - 面积优化
 - 用两个寄存器端口实现三操作数

谢谢！

性能测试

- 测试程序：Dhrystone 500,000 runs -O2
 - 执行指令数降低**0.2%**，执行周期数降低 **30%**，加速比**1.45x**

	INSTRUCTIONS	CYCLES
RV64G	218,009,805	112,401,256
RV64GB	217,509,802	77,605,325

option	instructions	cycles	Iterations/Sec
-rv64g -O2	36,833,874	19,644,375	509
-rv64gb -O2	31,722,081	18,664,470	536
-rv64g -O3	34,591,511	18,331,359	546
-rv64gb -O3	30,296,768	16,830,578	595