

Векторная библиотека математических функций для процессоров архитектуры RISC-V

В.А. Кабалова, А.А. Воденеева, Е.А. Козинов,
Е.В. Коротин, А.В. Линев, Е.А. Панова, Д.И. Суворов,
А.В. Сысоев, В.Д. Волокитин, И.Б. Мееров

Введение

- *Цель работы:* разработка **высокоточной** и **производительной** библиотеки математических функций **RVVMF** для процессоров архитектуры RISC-V.
- Поддержка fp64, fp32, fp16.
- Стандарты IEEE-754 и ISO/IEC 10967-2.

Точность вычислений

- Мера точности. **ULP** (**U**nit in the **L**ast **P**lace).
- Что такое 1 ULP, 2 ULP, 0.5 ULP?
- Точность вычислений **0.501 ULP**:
 - Считаем с точностью 0.5 ULP;
 - В 1 точке на 1000 допустимо 1 ULP.

Общие принципы реализации функций

1. **Редукция аргумента** в малый отрезок;
2. **Вторая редукция** (получение табличных значений) – используется дополнительно в некоторых функциях;
3. **Расчёт значения** функции с помощью полиномов на отрезке редукции;
4. **Реконструкция** – сборка результата из компонент по соответствующим формулам.

Тестовое окружение



Плата Banana Pi BPI-F3,
процессор SpacemiT Keystone K1
(RVV 1.0, 256-bit, in-order ядро)



Плата Banana Pi BPI-SM10,
процессор SpacemiT Keystone K3
(RVV 1.0, 256-bit, out-of-order ядро)

Эксперименты на точность

Измерения представлены в среднем количестве точек с 1 ULP на 1000 значений:

	exp	exp2	expm1	log	log2	log10	log1p	sin	cos	tan	atan	atan2	hypot	sinh	cosh	tanh	sqrt	pow	cbrt
glibc F64	0.008	0.006	0.443	0.005	0.010	2.234*	0.554	0.699	0.690	1.230	0.006	0.008	3.316	3.780	0.611	5.099*	0	0.008	323.602*
veclibm F64	0.119	0.121	0.377	0.032	0.013	0.021	0.130	9.091	8.933	2.850	0.299*	0.603*	-	0.118*	0.125	0.203	-	0.078	2.594
SLEEF F64	0.380	0.498	0.178	0.164	0.145	0.138	0.602	8.797	9.663	6.030	0.364	0.254	0.001	0.061**	0.002**	0.073*	0	0.114	0.279
RVVMF F64	0.006	0.013	0.280	0.003	0.003	0.003	0.614	0.891	0.949	0.713	0.001	0.001	3.490	0.483	0.012	0.088	0	0.012	0
glibc F32	0.031	0.037	2.927	0.216	0.140	13.407*	3.655	6.936	6.570	18.622	4.942	224.034	0	16.039	4.152	18.976*	0	0.039	106.840
SLEEF F32	3.961	2.621	1.555	0.383	0.256	0.329	3.341*	26.188	30.338	63.432	0.967	1.359	0.063	0.673**	0.075**	0.243*	0	0.784	0
RVVMF F32	0.003	0.009	0.049	0.014	0.010	0.010	0.100	0.577	0.590	0.054	0.457	0.011	12.667	0.004	0.159	0.187	0	0.161	0
RVVMF F16	0.110	0.110	0.646	0.473	0.378	0.473	0.892	0.788	0.567	0.851	0.378	0.589	47.301	0.126	0.032	0.347	0	0.106	261.183*

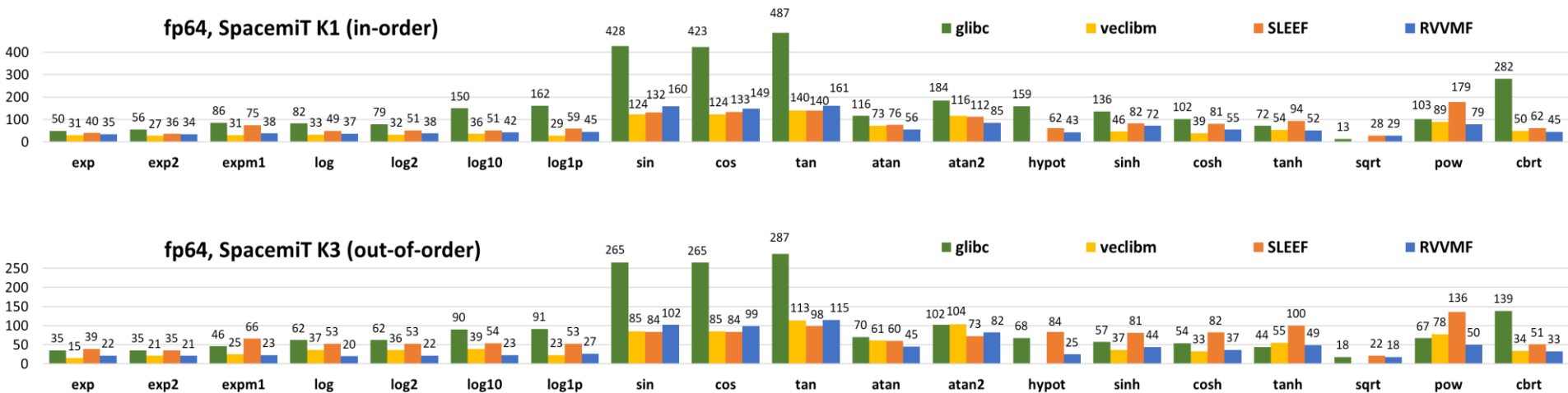
* — есть точки с точностью >1 ULP

** — проблемы с областью определений функций и вычислениями на ней

 — точность функции соответствует 0.501 ULP

 — точность функции не соответствует 0.501 ULP

Эксперименты на производительность



Выводы

1. RVVMF показывает **лучшую**, либо **сравнимую** точность и производительность в сравнении с другими библиотеками мат. функций: glibc libm, vecclibm, SLEEF;
2. Плата с out-of-order ядром лучше раскрывает вычислительный потенциал, чем плата с in-order ядром.

Спасибо за внимание!