

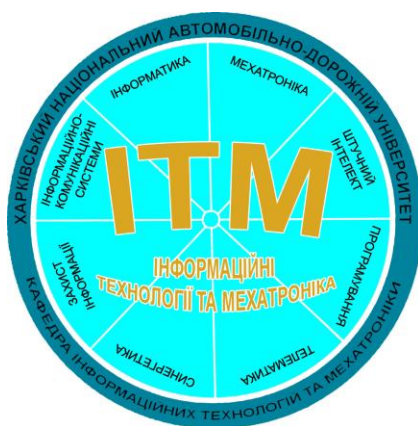
Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Всеукраїнська науково-практична
конференція**

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ І МЕХАТРОНІКА

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ



15 квітня 2014 року

Харків

Україна

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ ПРИ РАБОТЕ ЧИСЛАМИ, ПРЕДСТАВЛЕННЫМИ В ФОРМАТЕ IEEE-754

Мнушка О. В., аспирант кафедры информационных технологий и мехатроники,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Проведен анализ формата вещественных чисел IEEE-754 как составляющей дополнительной погрешности при вычислении специальных функций. Проведено сравнение и показано, что применение арифметики с произвольной точностью (*mpfr_erf()*, *MPFR*) в программах на C/C++ снижает быстроедействие на порядок при той же точности

Ключевые слова: формат IEEE-754, функция ошибок, произвольная точность.

В современных вычислительных системах (ВС), как правило, используют представление вещественных чисел в формате с плавающей запятой (floating point) в соответствии со стандартом IEEE754-2008[1], который определяет четыре формата двоичных чисел (binary16, binary32, binary64, binary128), три формата десятичных чисел (decimal32, decimal64, decimal128) и способы расширения базовых форматов. Основной проблемой применения такого представления вещественных чисел является ограниченное число разрядов для его хранения в памяти ВС (табл. 1).

Таблица 1 Количество байт для хранения вещественного числа (C/C++)

Компилятор	float	double	long double
MS VC++ 2010 (x86, x86_64)	4	8	8
gcc/g++ 4.8 (x86, x86_64)	4	8	$12^{1,6}/16^2$
icc 11.1 (x86, x86_64)	4	8	$8^3/12^4/16^5$

Примечание: ¹ с ключом -m96bit-long-double; ² с ключом -m128bit-long-double; ³ Visual Studio по умолчанию; ⁴ Linux (libstdc++5); ⁵ Visual Studio с ключом /Qlong-double; ⁶ используется 10 байт, 2 дополнительных байта – для выравнивания числа в памяти.

Как правило, в научных вычислениях используют формат double (например, GNU Scientific Library), однако в некоторых случаях точности, предоставляемой этим форматом недостаточно. В [2] приводится пример выражения (1), когда возможностей этого формата недостаточно.

$$d = 173746 \cdot \sin 10^{22} + 94228 \cdot \log_2 17,1 - 78487 \cdot e^{0,42}. \quad (1)$$

Основная проблема выражения (1) заключается в том, что в процессе его вычисления происходит некорректное округление слагаемых при вычислении (1) на этапе компиляции программы.

Результаты вычисления выражения (1) представлены в табл. 2. Анализ результатов (табл. 2) показывают, что в ряде случаев (результаты 5-7) удвоенной и расширенной точности (результаты 4 и 8) оказывается недостаточно. Результаты полученные для Matlab (результат 7) и C++ (результат 8) полностью «выпадают», что можно объяснить спецификой работы программ на этих языках с данными вещественных типов. Следует отметить тот факт, что реализация long double зависит от разработчика компилятора (табл. 1), результат вычислений для данных этого типа (результат 4) выглядит правдоподобным, но ошибка присутствует уже во втором знаке после запятой, что может нести потенциальную угрозу. Результаты 1-3 являются правильными.

Таблица 2 Результаты вычисления выражения (1)

№	Вариант программы	Точность (дес.разр.)	Результат
1	Maple 16 (mpfr произвольная)	34	-1.3418189578296195e-12
2	C++(mpfr, произвольная)	34	-1.3418189578296195e-12
3	C(quadmath, __float128)	34	-1.3418189578296195e-12
4	C (long double)	19	-1.3145040611561853e-12
5	C (double),	16	2.9103830456733704e-11
6	Scilab 5.4.1 (double)	16	2.91d-11
7	Matlab R2012b	16?	1.4552e-11
8	C++(long double)	19	1.0185579796682714e-312

Для оценки быстродействия функций библиотеки вычислений с произвольной точностью mpfr вычислялся интеграл ошибки с точностью 24, 53 и 64 бита, что соответствует базовым числовым типам данных языка C/C++. Увеличение длины мантииссы от 23 до 64 разрядов увеличивает среднее время вычислений в приблизительно в 5 раз (рис. 1). Время вычислений при использовании стандартной функции C99 $erf()$ и функции quadmath $erfq()$ пренебрежимо мало.

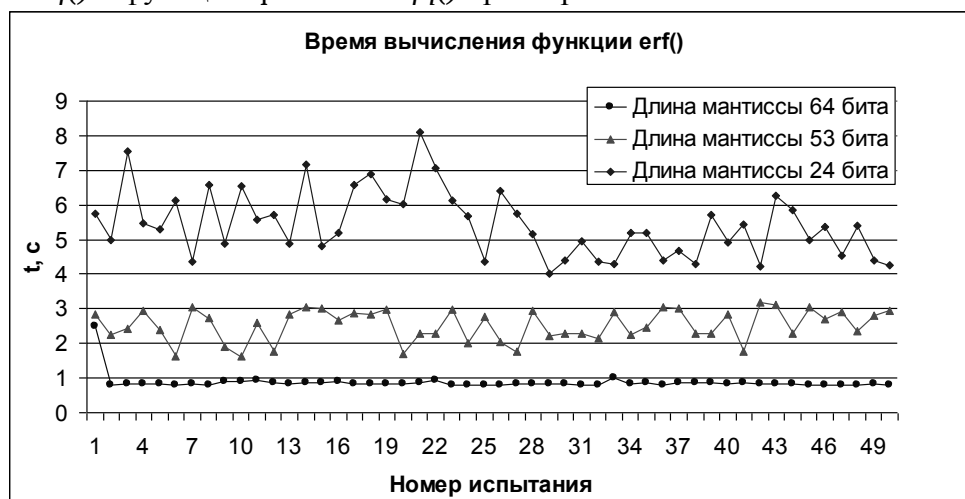


Рис. 1. Время вычисления функции ошибок (библиотека mpfr)

Проведен анализ точности и времени вычислений специальных функций для чисел в формате IEEE-754. Вычисления с произвольной точностью (mpfr) позволяют добиться адекватных результатов вне зависимости от целевой вычислительной платформы, однако время вычислений на 1-2 порядка больше, чем у аналогичных функций из стандартной библиотеки C/C++. Следует отметить, что библиотека mpfr используется в коммерческой системе математических вычислений Maple последних версий. Результаты вычислений в Matlab(Scilab) не всегда адекватны, что также следует учитывать. Библиотека quadmath (компилятор gcc, типы __float128 и __complex128) содержит наиболее используемые математические и специальные функции для вещественных и комплексных аргументов (точность до 34 десятичных разрядов), характеризуется высокой скоростью вычислений и может быть рекомендованной для высокоточных вычислений.

Литература: 1. IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic [Текст]. – New York, 2008. – 70 P. 2. Why and How to Use Arbitrary Precision [Текст] / [K. R. Ghazi, V. Lefevre, P. Theveny, P. Zimmermann] // Computing in Science and Engineering. – 2010. - Vol. 12. - No. 3. pp. 62-65.

Зміст

Абрамова Л.С., Капинус С.В. Признаки эргатических систем в управлении дорожным движением.....	5
Абрамова Л.С., Наглюк І.С. До питання визначення складу транспортного потоку	7
Аведян В.Ш. Оптимизация параметров управления пограничным слоем с помощью нейронных сетей.....	9
Аврамов К.В., Ніконов О.Я., Шатохіна Н.В. Розроблення інформаційно-комп'ютерної технології аналізу міцності елементів конструкцій аерокосмічної техніки	11
Алексієв В.О., Алексієв О.П., Агарков В.В. Інформаційно комунікаційна технологія протидії угону автомобілів.....	13
Алексієв В.О., Алексієв О.П., Крамаренко О.С., Тихонов Є.О. Системна інженерія кваліфікаційних робіт з інформаційно-комунікаційної технології руху автотранспорту	15
Алексієв В.О., Алексієв О.П., Неронов С.М., Колодинський Д.Д. Інформаційно-комунікаційна технологія та розподілені телематичні системи автомобільного транспорту. Перспектива розвитку нового наукового напрямку	17
Алексієв В.О., Алексієв О.П., Прохоров С.Л. Концепція формування єдиного інформаційного простору та використання Grid та Cloud Computing у транспортних організаціях.....	19
Алексієв В.О., Алексієв О.П., Хабаров В.О., Кравченко О.Ю. Інформаційно-комунікаційна технологія огляду стану автомобільних доріг	21
Аргун Щ.В. Моделювання електромагнітних процесів в магнітно-імпульсній установці	23
Бантюкова С.О. Підвищення надійності безпечної роботи оператора сортувальної гірки	25
Барбашова М.В. Моделирование электромагнитных процессов в системе по определению электрофизического параметра.....	27
Бороденко Ю.М., Сєріков С.А., Дзюбенко О.А. Аналіз електричних процесів у колах електроприводу гібридного автомобіля, як діагностичної інформації.....	29
Вербицкий В.И., Лисина О.Ю., Гавва О.С. Математическое и компьютерное моделирование распределения напряжений в зубочелюстном сегменте со штифтовой конструкцией	31
Вовк Е.Г., Тропина А.А. Использование нейронных сетей при разработке системы управления электроприводом автомобиля	32
Волков В.П., Белов В.И. Эффективная интеграция информационно-коммуникационных технологий в систему образования – новые возможности развития	35

Волков В.П., Матейчик В.П., Комов П.Б., Комов О.Б., Грицук І.В. Особливості транспортно-інформаційної системи моніторингу ХНАДУ-ТЕСА в умовах інформатизації автомобільного транспорту	37
Волков Ю.В. Информационно-коммуникационный комплекс для управления технической эксплуатацией автомобиля	40
Грицук І.В., Гушин А.М., Адров Д. С., Вербовський В. С., Краснокутська З. І. Особливості математичного моделювання параметрів роботи системи передпускового прогріву двигуна в процесі здійснення пуску і прогріву	42
Грицук І.В., Прилепський Ю.В., Адров Д.С., Комов А.П., Предко О.В. Автоматичне керування системою прогріву ДВЗ з тепловим акумулятором в умовах інтелектуальних транспортних систем.....	44
Гунбина А.Н., Иващенко Н.А. Гибридные системы в вычислительной архитектуре компьютеров для повышения их вычислительной мощности.....	47
Гурко А.Г. Субоптимальное гарантированное управление роботом-манипулятором...	49
Дитятьев А.В., Найдыч В.В. Информационные аспекты компонентов устройства для диагностирования подвески легковых автомобилей	51
Зыбцев Ю.В., Рабинович Э.Х. Математическое моделирование неустановившегося движения автомобиля.....	53
Іванов Є.М., Іванова З.О., Лагоша К.С. Застосування параметризації ескізної геометрії з залежностями керування розмірами і можливою поведінкою геометрії у пакеті AUTODESK INVENTOR	55
Клец Д.М. Разработка интеллектуальной системы управления маневренностью автомобиля	57
Колодяжный В.М. Аппроксимационные свойства структурных решений краевых задач математической физики.....	59
Колякіна А. Впровадження розробленої моделі в перевізний процес міжміського сполучення	61
Костикова М.В., Кочетов К.А., Слезный О.П. Об использовании высоких технологий в автомобилях	63
Костикова М.В., Скрипина И.В. Методы и алгоритмы решения задачи о рюкзаке	65
Кривошапов С.И., Афанасьев П.Н. Программное обеспечение прогрессивной методики нормирования расхода топлива автотранспортных предприятий	67
Кудин А.И., Кудин К.С. Использование информационных технологий для определения состояния дорог	69
Кудин А.И., Янчинский В.А. Организация и перспективы использования 3D печати	71
Лабенко Д.П. Стійкість системи управління рухом автомобільного транспорту.	73

Лисина О.Ю. Решение обратной задачи теплопроводности с использованием обобщенного ряда Тейлора	75
Мармут И.А. Методика измерения тормозных параметров на инерционных роликовых стендах.....	77
Матейчик В.П., Цюман М.П., Никонович С.О. Визначення екологічних показників транспортних засобів в інформаційно-аналітичній системі моніторингу транспортних потоків	79
Мауш Хакім. Гібридна силова установка конверсійного автомобіля	81
Маций О.Б. Про один підхід до рішення задачі комівояжера з симетричною матрицею відстаней	83
Митасов В.В. Учет реального радиуса качения ведущих колес в математических моделях разгона автомобиля.....	85
Мнушка О.В. Анализ точности вычислений при работе числами, представленными в формате IEEE-754	87
Мнушка О.В., Явтушенко В.В. Выбор языка программирования для научных и инженерных расчетов	89
Нагиева А.Р., Богдан Д.И., Шарапата А.С. Современный электронный документооборот и ЭЦП	91
Наглюк М.И., Ямпольский Б.О. Диагностирование качества охлаждающих жидкостей при эксплуатации автомобилей	93
Нефёдов Л.И., Петренко Ю.А., Кононыхин А.С. Модель выбора программного обеспечения офиса по управлению проектом с учетом нечеткой информации	95
Нечитайло Ю.А. Диагностика аккумуляторов гибридной силовой установки автомобиля	97
Никонов О.Я., Баранова В.О. Интеллектуальная мехатронная система управления адаптивным головным светом автомобиля	100
Никонов О.Я., Середина А.И. Энергоэффективность электрического привода в составе информационно-коммуникационно-управляющей системы автомобиля	102
Никонов О.Я., Толстяк С.И. Гибридные мототранспортные средства на основе современных мехатронных технологий.....	104
Никонов О.Я., Улько В.Ю., Пальчиков А.А., Паникар М.В. Разработка мехатронной системы адаптивного круиз-контроля автомобиля на основе методов интеллектуального управления.....	106
Пасічник А.М., Клен О.М. Методика розрахунку інтегрального показника рейтингу стану облаштування автомобільних пунктів пропуску через митний кордон України	108
Плехова А.А., Козачок Л.М. Моделювання і оптимізація з'єднань у неоднорозв'язних областях.....	110

Приходкин А.А. Испытательный стенд с компьютерным управлением для двигателя внутреннего сгорания	112
Пронин С.В. Система координации движения автомобилей в транспортном потоке.	114
Пронин С.В., Жиденко М.А., Жуковская И.Н. Роль интеллектуальных транспортных систем в развитии транспортной инфраструктуры городов и регионов	116
Птица Г.Г. Результаты экспериментальных исследований безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах	118
Рабинович Э.Х., Зыбцев Ю.В. Математическое моделирование разгонных кривых двигателя. Эмпирический подход	120
Сабокарь О.С. Электродинамические процессы при индукционном нагреве в автомобильной промышленности	122
Симбирский Г.Д. Оценка технического состояния двигателей внутреннего сгорания с применением методов Soft Computing	124
Симбирский Г.Д., Шевченко Р.К. Методы параметрической идентификации при планировании физического эксперимента.....	126
Симбірська Л.М. Інформаційно-комунікаційні форми навчання	128
Симбірська Л.М., Кляус О.Д. Дослідження методів прогнозування транспортних перевезень	130
Скакалина Е.В. Аспекты оптимизации логистического контура.....	132
Скворчевський О.Є., Віленська Х.М. Електрогідравлічні мехатронні модулі поступального руху: історія, сучасний стан, перспективи розвитку	134
Скрипина И.В., Костикова М.В. Сравнительные характеристики алгоритмов решения задачи о рюкзаке.....	136
Скрипина И.В., Сыромятникова М.С. Выбор компьютерных систем для построения математических моделей на транспорте	138
Стоцкий В.О. Модели выбора двигателя постоянного тока для технологического процесса	140
Татарчук А.Ю. Выбор микроконтроллера для распределенной системы управления	142
Тимонин В.А. Разработка интеллектуальной системы технического обслуживания автомобилей	144
Тимонин В.А., Исса Хусейн. К вопросу об использовании речевых технологий в сфере образования.....	146
Трунова І.С. Математичне моделювання електромагнітних процесів в узгоджувальному пристрої дискового типу	148

Тыричева Е.А., Швидкий В.О. Универсальный алгоритм проверки результатов теста по информатике	150
Фастовець В.І. Параметри оцінювання тестів у системі дистанційного навчання Moodle	152
Фастовець В.І., Фастовець О.Г. Дослідження системи управління крана-маніпулятора	154
Шапошнікова О.П. Особливості розробки дистанційних курсів з технічних дисциплін	156
Шапошнікова О.П., Світленко О.В., Шевченко Д.В. Розробка віртуального лабораторного практикуму з дисципліни «Комп'ютерна електроніка»	158
Шаригін Г.М., Маций О.Б. Сучасні аспекти моделювання маршрутів перевезення .	160
Шевченко В.А. Построение продукционно-фреймовой модели дисциплины	162
Шевченко В.А., Хрипливец С.Г. Дистанционное обучение	164
Шиндерук С.А., Гнатов А.В. Математическое моделирование электромагнитных процессов в симметричном инструменте магнитно-импульсной рихтовки	166
Ширін В.В., Левченко О.С. Управління швидкістю руху транспортних потоків.....	168
Шуляков В.М. Системи управління адаптивної підвіски автомобіля	170
Щиголева С.О. Порівняльний аналіз математичних моделей магнітно-імпульсних інструментів зовнішнього рихтування	172