

# ПРОТОТИП ПЛК НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО 28-НМ ПРОЦЕССОРА «БАЙКАЛ-Т1» И ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ISAGRAF 6 FIORD TARGET

СЕРГЕЙ ЗОЛОТАРЕВ, К. Т. Н.  
info@fiord.com

В статье анонсирован прототип ПЛК на базе отечественного 28-нм процессора «Байкал-Т1» и исполнительной системы ISaGRAF 6 Fiord Target, а также приведены результаты тестирования прототипа ПЛК в сравнении с другими известными на рынке изделиями. На основе проведенных экспериментов можно сделать вывод о перспективности и целесообразности доработки прототипа ПЛК в законченное конкурентное изделие с высокой производительностью и богатым набором интерфейсов.



**РИС. 1.** ▲  
Тестовый комплект ПК-Т1

Компания «ФИОРД» провела портирование и тестирование исполнительной системы ISaGRAF 6 Fiord Target технологии программирования контроллеров (ПЛК) ISaGRAF для прототипа ПЛК на базе отечественного процессора «Байкал-Т1» (Baikal-T1) компании «Байкал Электроникс». Данный процесс построен на базе аппаратного тестового комплекта ТК-Т1 (предоставлен компанией «Байкал Электроникс», рис. 1) и специальных программ (предоставлены компанией Rockwell Automation) на языках стандарта IEC 61131-3



**РИС. 2.** ►  
Образец процессора  
«Байкал-Т1»

в среде технологии программирования контроллеров ISaGRAF [1]. В качестве базовой операционной системы для ISaGRAF 6 Fiord Target [2] использовался готовый образ Debian 8 Jessie Linux. Тестирование проводили ведущие специалисты по ISaGRAF в России из компании «ФИОРД» — Ю. Полулях, Н. Левизи и В. Панков, полученные ими результаты представлены в таблице. Приводится время выполнения каждого теста в миллисекундах по отдельности и время выполнения всех тестов сразу, а также название и аппаратная платформа ПЛК, фирма и страна производителя. По результатам экспериментов можно констатировать, что прототип ПЛК на базе «Байкал-Т1» успешно прошел проверку на производительность и может быть взят на вооружение отечественными производителями. Еще одним его преимуществом является то, что он базируется на отечественной аппаратной платформе.

## О СИСТЕМЕ НА КРИСТАЛЛЕ «БАЙКАЛ-Т1»

«Байкал-Т1» — отечественная система на кристалле на базе архитектуры нового поколения MIPS Warrior P-class P5600 разработки компании «Байкал Электроникс», входящей в холдинг «Т-Платформы». Семейство процессоров «Байкал» (Baikal)

имеет широкий набор высокоскоростных интерфейсов и включает ряд возможностей, предназначенных для использования в энергоэффективных компьютерных и промышленных системах с разным уровнем производительности и функциональности.

Основные характеристики «Байкал-Т1» (рис. 2): 2 суперскалярных ядра P5600 MIPS 32 r5, частота до 1,2 ГГц, кэш L2 1 Мбайт, контроллер памяти DDR3-1600, интегрированные интерфейсы (1 порт 10 Gb Ethernet, 2 порта 1 Gb Ethernet, контроллер PCIe Gen.3, 2 порта SATA 3.0, USB 2.0), энергопотребление менее 5 Вт, технологический процесс 28 нм.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ КОНТРОЛЛЕРОВ ISAGRAF

Комплекс средств ISaGRAF [1] компании Rockwell Automation (владельца торговой марки ISaGRAF) широко известен как инструмент разработки приложений для ПЛК на языках стандарта IEC 61131-3 и IEC 61499 и позволяет создавать локальные или распределенные системы управления процессами и устройствами. Основа технологии — среда разработки приложений ISaGRAF Workbench и адаптируемая под различные аппаратно-программные платформы исполнительная система ISaGRAF

Runtime. В ISaGRAF 6 поддерживаются языки стандарта IEC 61131-3:

- ST — Structured Text (структурированный текст), адаптированный вариант языка Паскаль;
- LD — Ladder Diagram (язык релейных диаграмм), графический язык в терминах контактов электромагнитных реле и их обмоток;
- FBD — Function Block Diagram (язык функциональных блоков), графический язык представления инструкций;
- SFC — Sequential Function Chart (язык последовательных функциональных схем).

**ОПИСАНИЕ ТЕСТОВ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ**

Всего используется 13 тестов, в которых вычисляется время выполнения каждого теста в миллисекундах по отдельности и время выполнения всех тестов сразу. Тесты включают

программы на языках FBD (рис. 3), ST (рис. 4) и LD (рис. 5) с числами различных типов (с плавающей точкой, вещественных, целых, булевских, битовых) и функций разных классов (работа с таймерами, тригонометрия, арифметические и булевские функции). Тест вызывается в цикле определенное число раз (от 2 до 100 тыс.).








Ниже представлено более подробное описание тестов:

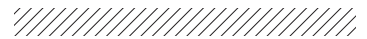
1. Функция с вызовом функционального блока FBD с таймерами. Вызов функции 100 000 раз в течение одного цикла ресурса. Внутри функции задействованы такие стандартные функциональные блоки, как таймеры (TON, TOF, TP), определение переднего/заднего фронта (R\_TRIG, F\_TRIG), счетчики (CTU, CTD).
2. Тригонометрическая функция ATAN. Вызов функции на языке ST 40 раз в течение одного цикла ресурса. Внутри функции вызов

тригонометрической функции арктангенс 6000 раз.

3. Функции работы с числами с плавающей точкой. Вызов функции на языке ST 4000 раз в течение одного цикла ресурса. Внутри функции выражения с вещественными переменными, такие как сложение, умножение, деление, вычитание, вычисление квадратного корня, возведение в степень. Всего 10 блоков выражений, в каждом из которых по 2–3 выражения.
4. Функция с таймерами на языке ST. Вызов функции на языке ST 80 000 раз в течение одного цикла ресурса. Содержимое функции аналогично функции из первого теста, но только на языке ST.
5. Операции с булевскими переменными. Вызов функции на языке ST 40 000 раз в течение одного цикла ресурса. Внутри функции булевы инструкции NOT, OR, AND, XOR.

**ТАБЛИЦА. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ПЛК**

Номер теста	Платформа						
	Колибри-К1 («ФИОРД», Россия) ARM926EJ-S rev. 5 ARMv5TEJ, 454 МГц	Symbol-100, («Европрибор», Белоруссия) ARM920T rev. 0 ARMv4T, 405 МГц	LinPac (ICP DAS, Тайвань) Xscale-PXA270 rev 8 ARMv5, 520 МГц	Vaikal-T1 («Байкал Электроникс», Россия) P5600 MIPS 32 r5, 1 200 МГц	CL-SOM-AM57x (CompuLab, Израиль) AM5728 dual-core ARM Cortex-A15, 1,5 ГГц	Segnetics SMH 2Gi («Сегнетикс», Россия) Freescale iMX27 с ядром ARM926EJ-S, 400 МГц	«Колибри-К2» (ICP DAS) («ФИОРД», Россия) Intel Atom CPU E3815, 1,46 ГГц
							
1	761	426	430	168	77	1056	111
2	931	948		74	24	1201	37
3	1763	1444		91	47	2643	52
4	587	335	330	130	60	839	82
5	138	97	95	42	25	170	31
6	1029	934		56	24	1401	24
7	316	1599	400	130	54	699	107
8	2063	1924		138	65	2900	112
9	753	780	760	110	106	885	157
10	498	895	8300	124	12	595	43
11	300	169	160	63	29	422	51
12	600	366	322	147	81	1535	102
13	742	604	4300	118	58	716	94
Полный тест	10481	10521	15097	1391	662	15062	1003



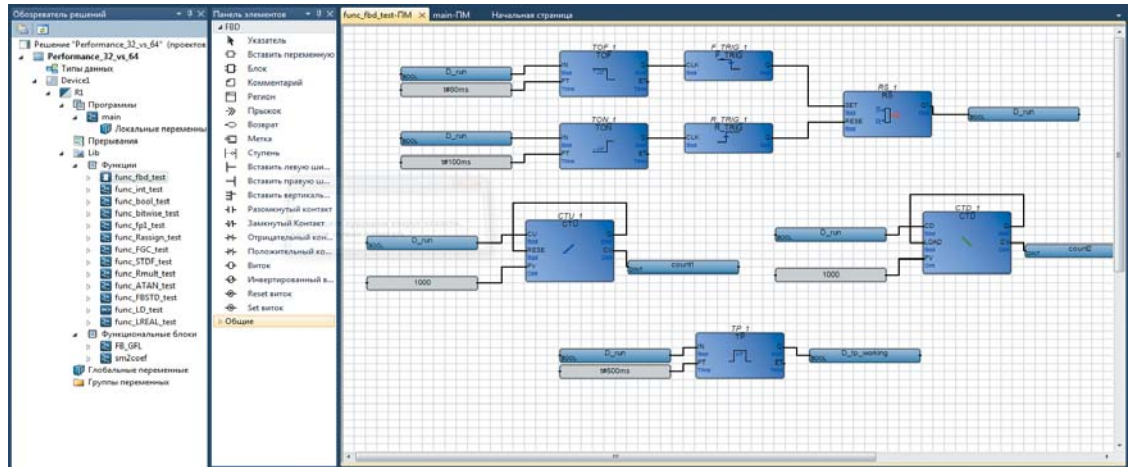
6. Вызов функции с тригонометрическими функциями ATAN, COS, SIN, TAN, ... Вызов функции на языке ST 25 раз в течение одного цикла ресурса. Внутри функции вызов тригонометрических функций косинус,

синус, тангенс, арктангенс, арккосинус, арксинус. Вызовы объединены в блоки, всего 1000 блоков, в каждом из которых по 6 функций.

7. Присвоение переменных типа REAL. Вызов функции на языке

ST 4000 раз в течение одного цикла ресурса. Внутри функции выражения присваивания вещественных переменных. Всего 1001 такое присваивание, типа a=b, где a и b — вещественные переменные.

**РИС. 3.** ▶  
Пример теста на производительность на языке FBD



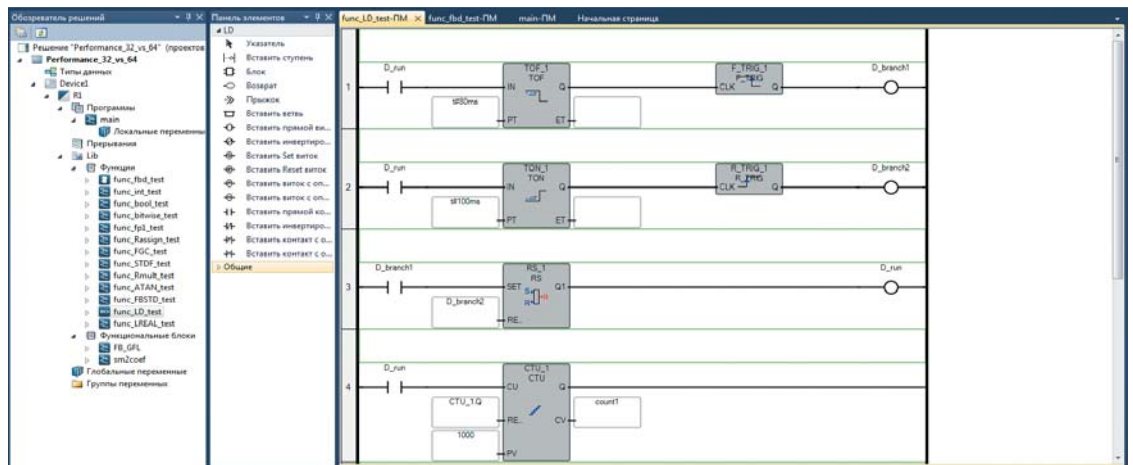
**РИС. 4.** ▶  
Пример теста на производительность на языке ST

```

109 (* ----- Test7: Perform REAL assignment test ----- *)
110 IF(D_test07 OR D_test_all)
111 THEN
112   now1 := (* checkpoint #1 *)
113   A_time01 := (ANY_TO_LINT(now1.SEC) + 1000) + (ANY_TO_LINT(now1.MSEC) / 1000000);
114
115   I := 0;
116   WHILE (I < 4000)
117   DO
118     D_ok := func_Rassign_test();
119     I := I + 1;
120   END_WHILE;
121
122   now1 := (* checkpoint #2 *)
123   A_time02 := (ANY_TO_LINT(now1.SEC) + 1000) + (ANY_TO_LINT(now1.MSEC) / 1000000);
124   A_time_test07 := ANY_TO_DINT(A_time02 - A_time01);
125   END_IF;
126
127 (* ----- Test8: Perform Natural Gas Flow calc test "TIC" ----- *)
128 IF(D_test08 OR D_test_all)
129 THEN
130   now1 := (* checkpoint #1 *)
131   A_time01 := (ANY_TO_LINT(now1.SEC) + 1000) + (ANY_TO_LINT(now1.MSEC) / 1000000);
132
133   I := 0;
134   WHILE (I < 2)
135   DO
136     A_val01 := func_FGC_test();
137     I := I + 1;
138   END_WHILE;
139
140   now1 := (* checkpoint #2 *)
141   A_time02 := (ANY_TO_LINT(now1.SEC) + 1000) + (ANY_TO_LINT(now1.MSEC) / 1000000);
142   A_time_test08 := ANY_TO_DINT(A_time02 - A_time01);
143   END_IF;
144

```

**РИС. 5.** ▶  
Пример теста на производительность на языке LD



8. Функция вычисления расхода природного газа. Вызов функции на языке ST 2 раза в течение одного цикла ресурса. Внутри функции вызов функционального блока. Вычисление расхода природного газа на диафрагме с угловым способом отбора давления. Всего 100 вызовов этого ФБ.
9. Функции вычислений с переменными типа DINT. Вызов функции на языке ST 4000 раз в течение одного цикла ресурса. Внутри функции арифметические выражения.
10. Функции вычислений с переменными типа REAL. Вызов функции на языке ST 200 раз в течение одного цикла ресурса. Внутри функции умножение двух вещественных переменных, 6000 строк умножений.
11. Функция с таймерами на языке LD. Вызов функции на языке LD 40 000 раз в течение одного цикла ресурса. Внутри функции задействованы такие стандартные функциональные блоки, как таймеры (TON, TOF, TP), определение переднего/заднего фронта (R\_TRIG, F\_TRIG), счетчики (STU, CTD).
12. Функции вычислений с битовыми переменными. Вызов функции на языке ST 40 000 раз в течение одного цикла ресурса. Внутри функции используются операции циклического сдвига целочисленных переменных вправо и влево. Также имеются инструкции взятия маски по И, ИЛИ, исключаящее ИЛИ.
13. Функции вычислений с переменными типа LINT/LREAL. Вызов функции на языке ST 4000 раз в течение одного цикла ресурса. Внутри функции операции присваивания, умножения вещественных переменных повышенной точности.

**ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ISAGRAF 6 FIORD TARGET**

ISaGRAF 6 Fiord Target — полный комплекс решений для высокоскоростной обработки, управления и доставки данных на верхний уровень систем АСУ. ISaGRAF 6 Fiord Target — целевая система, разработанная компанией «ФИОРД» на основе оригинальной целевой системы ISaGRAF. Исполнительная система ISaGRAF 6 Fiord Target включает подсистему FDA (быстрого доступа к данным), а также драйверы

протоколов Modbus RTU/TCP в режимах Master/Slave, библиотеки функций (функциональные блоки ПИД-регулятора, ШИМ, быстрая обработка массивов и матриц, модуль отправки тревог, фильтры сигналов, модуль инициализации переменных, работа с последовательным портом, чтение/запись значений переменных с/на диск, отправка SMS-сообщений, вызов внешних программ, работа с таймером). В ISaGRAF 6 Fiord Target по желанию пользователя могут быть включены дополнительные опции, такие как архивирование, быстрый обмен данными с контроллерами через FDA OPC Server, драйверы протокола IEC 60870-5-104 Master/Slave, модуль горячего резервирования, планирование действий на объекте по расписанию. ●

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Ревзин Л. М., Золотарев С. В. Технология программирования контроллеров ISaGRAF 6 как универсальный инструмент создания систем управления процессами и устройствами в области АСУ ТП и АСУЭ // Control Engineering. 2013. № 3.
2. Ризо А. Е., Золотарев С. В. Отечественные контроллеры со встроенной исполнительной системой ISaGRAF 6 Fiord Target: функциональность, расширяемость и безопасность // Control Engineering Россия. 2016. № 4.