

# ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ

П.В. Гайский, Т.В. Казанцева

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: oaoimhi@inbox.ru

*В статье описывается разработка экспериментального образца высокоскоростного измерителя температуры на базе схемы шестиплечего моста и АЦП поразрядного уравновешивания фирмы Analog Devices AD7690/AD7691.*

**Введение.** Контроль температуры высокоточным и малоинерционным измерителем требуется во многих отраслях науки, техники и народного хозяйства. Подобная задача решается в гидрологических измерениях, в частности, для определения тонкой вертикальной структуры профиля температуры поверхностных вод в море [1]. Изменчивость вертикального распределения профиля температуры морской воды может составлять более 1 °C на 10 см. Скорость погружения современных зондирующих приборов чаще всего превышает 0,5 м/с при требовании к точности измерения температуры выше 0,01 °C. Увеличение времени хода измерений неприемлемо вследствие временной изменчивости среды и, зачастую, высокой себестоимости экспериментов на судах.

**Основная часть.** В Морском гидрофизическому институте на современной элементной базе постоянно ведутся разработки новых аппаратных и методических средств оптимального решения этой задачи. В результате был создан экспериментальный образец быстродействующего измерительного канала температуры на базе двух резистивных платиновых датчиков фирмы Honeywell, запатентованной электронной схемы включения [2] и алгоритмического программного обеспечения первичной обработки (рис. 1).

В электронной плате измерителя температуры реализована схема на основе шестиплечего моста (рис. 2).

Основным преимуществом использования такой структуры является повышение точности за счет уменьшения динамической погрешности, связанной с тепловой инерционностью датчиков, а также снижения случайной и систематической погрешностей, связанных с внутренними шумами и возможным дрейфом параметров измерительного моста и блока питания.

В качестве аналого-цифрового преобразователя был выбран быстродействующий АЦП поразрядного уравновешивания AD7691, который позволяет получать 18-разрядный цифровой код с частотой до 250 кГц. Поскольку для данной схемной реализации на мосте необходимо контролировать одновременно четыре напряжения, то их регистрация может осуществляться как четырьмя микросхемами АЦП параллельно, так и одной микросхемой с использованием высокоскоростных коммутаторов.

Вычисление сопротивлений датчиков температуры осуществляется по формулам

$$R_{D1} = R_1 \cdot \frac{\left( U_{63} + U_{65} \cdot \frac{R_4}{R_3} \right)}{U_{34}} \quad (1)$$

и

$$R_{D2} = R_3 \cdot \frac{\left( U_{54} + U_{34} \cdot \frac{R_2}{R_1} \right)}{U_{65}}, \quad (2)$$

где  $R_{D1}$  и  $R_{D2}$  – сопротивления датчиков;  $R_1$  и  $R_4$  – эталонные сопротивления;  $U_{34}, U_{54}, U_{63}, U_{65}$  – кодовые значения напряжений на мосте.

В соответствии с техническими требованиями к измерителю было создано программное обеспечение микроконтроллера, которое определяло быстродействие (частоту измерений) в 50 Гц с внутристоронним осреднением (по 200 отсчетов) по каждому каналу и частоту выдачи цифровых данных по последовательному интерфейсу RS232 – 9600 бод. Таким образом, общая загрузка АЦП данной схемной реализации составила 16 %, а канала связи при из-

мерительном кадре длиной 15 байт – 63 %. Случайная погрешность составила 0,0002 °C.

Предварительная метрологическая экспертиза измерительных каналов температуры с использованием лаборатор-

ных термометров дала следующие результаты: для первого датчика (полином 3-ей степени) – СКО=0,0011305204 и для второго датчика (полином 4-ой степени) – СКО=0,0015257367.



Рис. 1. Общий вид экспериментального образца измерителя

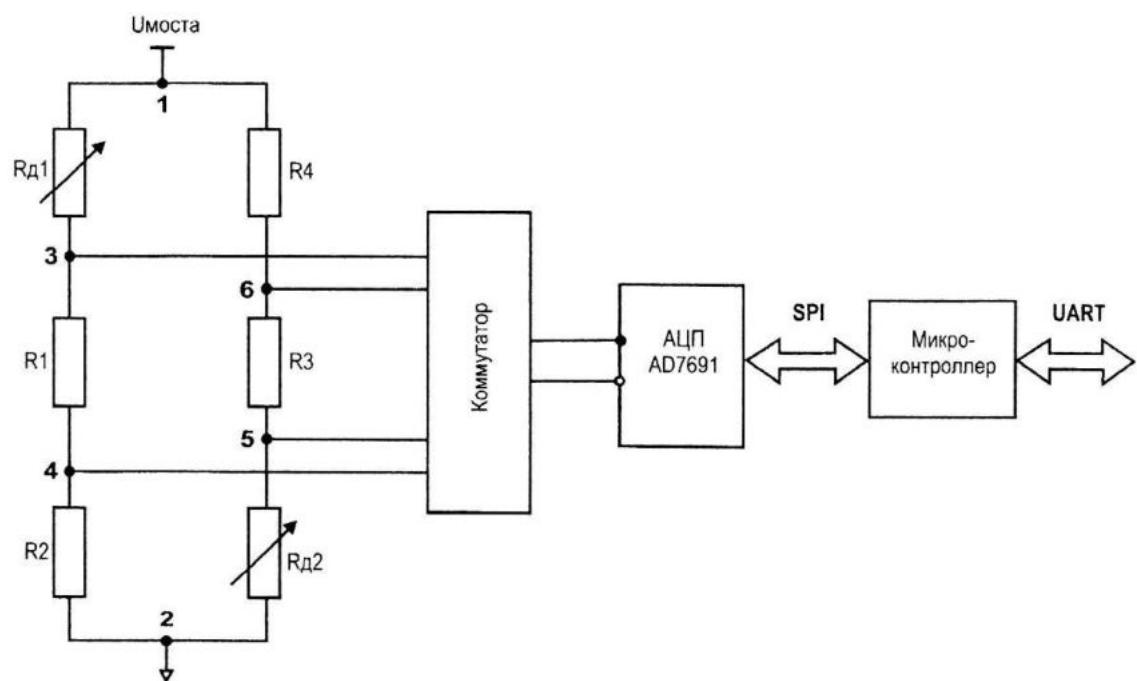
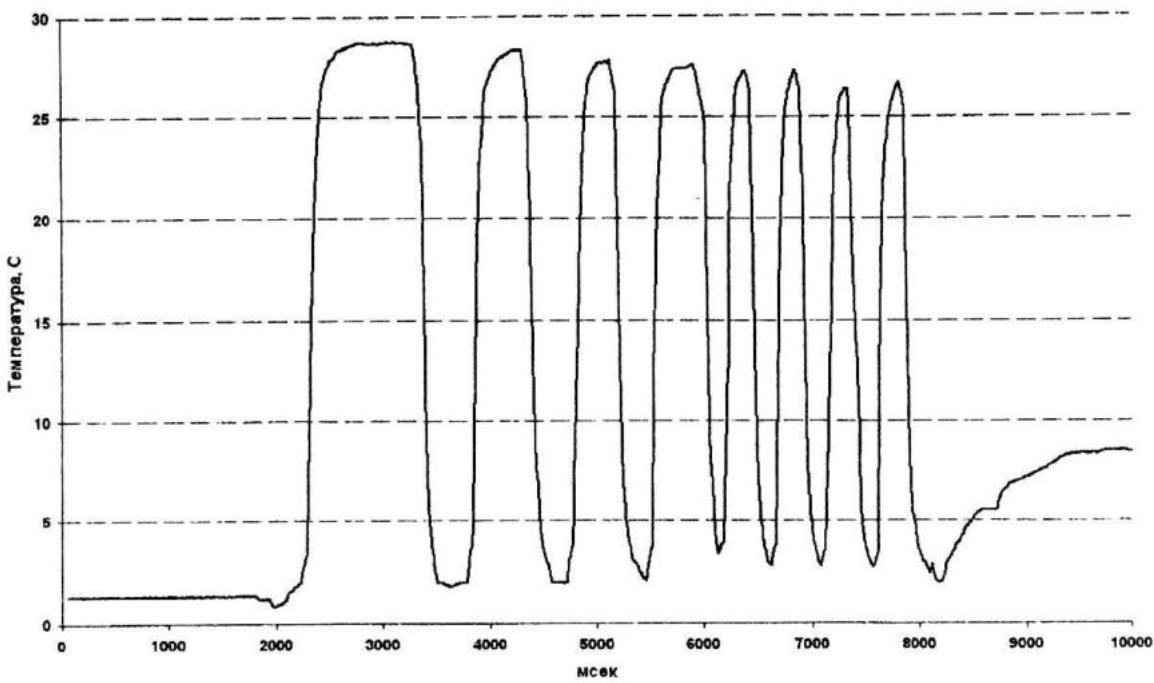


Рис. 2. Обобщенная структурная схема измерительного канала



Р и с. 3. Результаты лабораторных измерений при поочередном погружении прибора в емкости с различной установившейся температурой

На рис. 3 приведен исходный временной график реакции измерительного канала без введения динамической коррекции на изменение температуры при поочередном погружении чувствительных элементов (датчиков без защитного стеклопластикового обрамления) в емкости с установившейся температурой 28 °C и 2 °C.

**Заключение.** На базе схемы шестиплечего моста с использованием высокоскоростного 18-разрядного АЦП поразрядного уравновешивания был создан цифровой измеритель температуры и сопутствующее программное обеспечение микроконтроллера и ПК. Лабораторные испытания созданного измерителя показали предварительные высокие метрологические характеристики по точности измерения температуры в диапазоне от 0 до 35 °C, соответствующие погрешности менее 0,01 °C. Инерционность канала без динамической коррекции составила в защитном стеклопластиковом обрамлении около 5 секунд, а без обрамления – менее 0,5 секунды.

Для ее уменьшения необходима программная различных алгоритмов динамической коррекции. Снижение шумов, вызванных коммутацией на сопротивлениях моста, может быть осуществлено установкой параллельно четырем АЦП на каждый канал моста без коммутатора.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гайский В.А., Гайский П.В. Оценка динамической погрешности измерения профиля гидрологических параметров зондирующими прибором // Сб. науч. трудов МНТК “Диагноз состояния экосистемы Черного моря и зоны сопряжения суши и моря”. – Севастополь: МГИ НАНУ. 1997. – С. 185–187.
- Гайский В.А., Гайский П.В., Логвинчук А.Н., Клименко А.В. Патент UA № 76230, 24.05.2004. Изобретение «Цифровой измеритель температуры» Бюл. № 7, 17.07.2006.