

Прецизионный термометр на основе пьезочастотных датчиков температуры для промышленного применения

Дмитрий Тумайкин (Ярославская обл.)

Автор описывает прецизионный термометр для промышленного применения, выполненный на основе пьезочастотных кварцевых датчиков температуры. Представлены интерфейс пользователя и характеристики устройства.

В промышленности и науке часто требуется вести контроль температуры производственной зоны, технологической среды и другие аналогичные температурные измерения. В настоящее время для этого используют всевозможные термометры и датчики температуры. В целях автоматизации процесса в устройствах измерения температуры совместно с датчиками применяются контроллеры. Контроллерные устройства включают в себя схемы считывания состояния датчика и аналого-цифрового преобразования сигнала. Преобразованный сигнал поступает в процессорную систему для автоматического учёта температуры среды и обработки полученных данных.

Преимущество использования термочувствительных кварцевых резонаторов, прежде всего, заключается в их высокой чувствительности и простоте использования. Сигнал от резонаторов можно сразу обрабатывать в цифровой форме, что удешевляет процесс контроля температуры.

Измерение температуры с помощью термочувствительных кварцевых резонаторов основано на использовании анизотропии кристалла кварца. Выбирая соответствующую ориентацию среза пьезоэлемента относительно кристаллографических осей, можно изменять его термочастотную характеристику (ТЧХ), которая в общем случае является нелинейной функцией температуры и описывается рядом следующего вида:

$$\frac{\Delta f}{f_0} = \sum_{n=1}^m \delta_f^{(n)} (T - T_0)^n,$$

где $\delta_f^{(n)}$ – температурный коэффициент частоты (ТКЧ),

$$\delta_f^{(n)} = \frac{1}{n! f_0} \left(\frac{\partial^n f}{\partial T^n} \right)_{T=T_0},$$

T и T_0 – калибровочное и текущее значения температуры.

В широком диапазоне температур ТЧХ кварцевого резонатора с достаточной точностью аппроксимируется тремя членами ряда. Для измерения температуры нужны кварцевые резонаторы с крутым монотонным

изменением ТЧХ на рабочем участке. В кварцевых датчиках температуры используются различные кварцевые термочувствительные резонаторы (например, РКТ-206) с типовой чувствительностью порядка 2 Гц/°С.

Метрологические характеристики информационно-измерительной системы:

| | |
|---|----------------|
| Диапазон измерения, °С |-30...100 |
| Максимальное время измерения одного канала, с |3 |
| Разрешающая способность измерения частоты, Пц |0,004 |
| Разрешающая способность индикатора (автономный режим), °С |0,1 |
| Точность измерения температуры с помощью ПК (с датчиком ПТК-01), °С |0,05 |

Кварцевые датчики температуры являются автогенераторными преобразователями с частотным выходом и строятся на основе пьезорезонаторов. Измерение температуры с малой погрешностью может быть выполнено, если градуировочная характеристика термодатчика определена с высокой точностью. Микропроцессор пересчитывает значение частоты, поступающее с кварцевого датчика, в значение температуры по индивидуальной градуировочной характеристике.

В качестве датчика температуры применяют различные кварцевые преобразователи температуры (например, ПТК-01), обеспечивающие прецизионное измерение температуры. Прецизионность достигается путём использования кварцевых резонаторов-сенсоров, частота которых при изменении температуры коррелированно изменяется. Например, вышеуказанный датчик позволяет измерять температуру в диапазоне -30...+100°С с точностью 0,05% от верхнего предела измерения.

Пьезокварцевый преобразователь температуры состоит из трёх основных узлов: чувствительного элемента

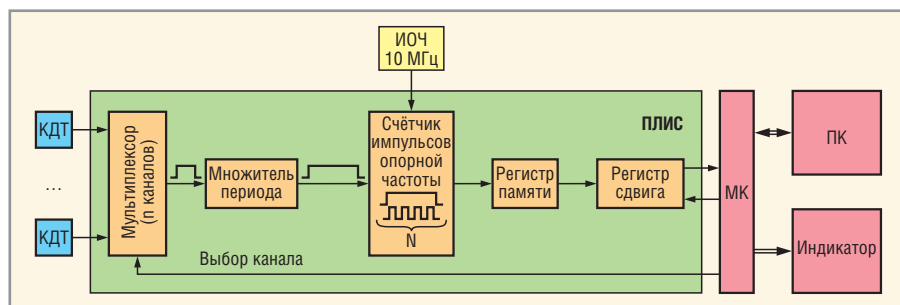


Рис. 1. Структурная схема измерительной системы

КДТ – кварцевый датчик температуры; ИОЧ – эталонный источник опорной частоты 10 МГц; ПЛИС – программируемая логическая интегральная схема; МК – микроконтроллер; ПК – IBM-совместимый персональный компьютер



Рис. 2. Внешний вид термометра с кварцевым датчиком температуры

(кварцевый датчик температуры), частотного преобразователя (сформирован на ПЛИС MAX7000S фирмы Altera) и специального вычислителя (микроконтроллер ATmega8515 фирмы Atmel). Структурная схема измерительного устройства представлена на рис. 1.

Подсчёт частоты, поступающей с кварцевых датчиков, производится с помощью 17-битного счётчика, реализованного в ПЛИС. Там же размещены мультиплексоры и сдвиговый регистр. Микроконтроллер управляет процессом измерения, осуществляет связь с ПК, производит математические вычисления и управляет индикацией. ПК с помощью специального интерфейса осуществляет сбор, накопление и статистическую обработку результатов измерения. Счётчики считают импульсы опорной и измеряемой частоты для получения требуемого интервала измерения. Мультиплексор используется для выбора входного канала. Измерение частоты производится с разрешающей способностью ±1 младший значащий бит (0,004 Гц). Далее по индивидуальной градуировочной характеристике производится пересчёт значения частоты, поступающего с кварцевого датчика, в значение температуры. В качестве аппроксимирующей кривой использо-

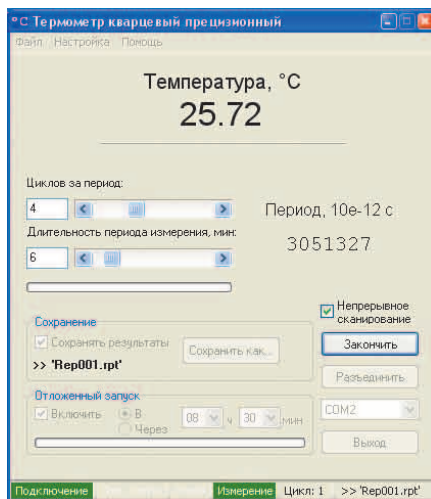


Рис. 3. Внешний вид интерфейса пользователя

ван полином третьей степени. Коэффициенты полинома для пересчёта хранятся в энергонезависимой памяти и могут быть перепрограммированы через интерфейс пользователя.

Вычисленное значение температуры выводится на пятизначный цифровой 7-сегментный индикатор с дискретностью 0,1°C (рис. 2). Показанный термометр измеряет температуру -30...+100°C, но этот диапазон может быть легко расширен применением кварцевого датчика с более широким температурным диапазоном (кварцевые резонаторы имеют верхний и нижний пределы рабочей температуры +700°C и -50°C соответственно). Прецизионный цифровой термометр работает как в автономном режиме, так и под управлением ПК.

Программная оболочка осуществляет управление сбором данных, вычислением значения температуры и визуализацией. Погрешность измерения температуры с помощью ПК определяется применённым датчиком температуры (порядка 0,05°C). Внешний вид интерфейса пользователя представлен на рис. 3.

В интерфейсе учтены особенности использования данного цифрового термометра в качестве элемента измерительной системы. Так, реализована возможность однократного из-

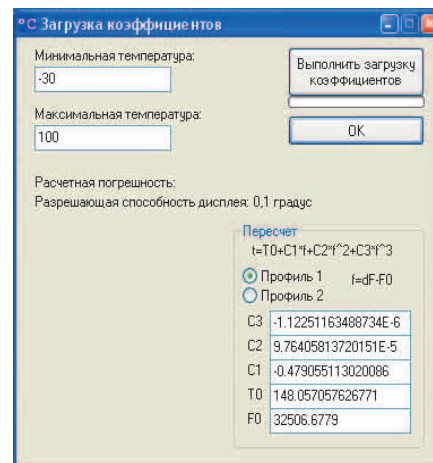


Рис. 4. Меню загрузки индивидуальных градуировочных характеристик

мерения выбранных каналов, непрерывное сканирование, сканирование каналов заданное число раз, опрос каналов через заданный интервал времени, реализована возможность отложенного запуска измерения. Все данные возможности востребованы при контроле температуры в различных технологических процессах. Результаты измерений сохраняются в ПК, и можно произвести их статистическую обработку в любое время.

Через интерфейс пользователя производится вычисление и загрузка индивидуальных градуировочных характеристик кварцевого датчика температуры (рис. 4)

Точность измерения во многом определяется точностью кварцевого преобразователя температуры (вносит наибольшую погрешность), источника опорной частоты и дискретностью отсчёта. В качестве источника опорной частоты используется высокостабильный термостатированный генератор на 10 МГц.

Следует отметить, что данный прибор может быть использован также и для точного измерения давления (избыточного и абсолютного от 1 до 600 атм.), веса (усилия), ускорения и влажности (в зависимости от физической величины, на которую реагирует кварцевый резонатор). ©

Новости мира News of the World Новости мира

Fujitsu, NEC, Renesas и Toshiba объединяют усилия по разработке

Fujitsu, NEC Electronics, Renesas Technology и Toshiba приняли решение о совместной разработке стандартного процесса производства системных инте-

гральных схем новых поколений – с уровнем детализации 45 нм и меньше.

Эта инициатива призвана упростить каждой из вышеупомянутых компаний доступ к интеллектуальной собственности и библиотекам других участников. Кроме того, возможно совместное использова-

ние промышленных мощностей и интеграция заводов в будущем.

Предполагается, что все технические вопросы, касающиеся выработки стандартизованных спецификаций, будут решены к концу текущего года.

www.itc.ua