

МИНИ-СИСТЕМА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ УГЛА ПОВОРОТА И СИЛЫ

MINI-SYSTEM FOR ROTATIVE ANGLE AND FORCE MEASUREMENTS

Санкт-Петербург, Государственный Технический Университет
St. Petersburg, State Technical University

Modern analog-to-digital measuring tools of physical values are realized as universal or specialized measuring systems. They work stand-alone or with the personal computer. Such systems mainly consist of analogue peripherals for the conditioning of signals from the primary circuit, analog-to-digital-converter and microcontroller for the digital overworking and transmission of the measuring information. For example, microcontrollers with embedded analog-to-digital converters (ADC), ADCs with embedded programmable gain amplifier and input signal filtering are widely used in the measuring engineering. One of the most directions of the measuring system development is the integration of analogue system components to unify the process of engineering and decrease the quantity of components with different technical characteristics. Now integrated circuits are appeared especially for measuring tasks. They have an array of analogue components inside. For example, company Analog Microelectronics make transmitters with operational and instrumental amplifiers, current and voltage sources and temperature sensors. They have also different functions for the power protection. These transmitters can be used for signal conditioning of resistive (AM401, AM411, AM437, AM447), capacitive (CAN404, CAV414, CAV424), inductive (AM417, AM427) sensors and as industrial voltage and current suppliers (AM422, AM442). That work presents the compact system for rotative angle and force measurements (see pic.1) based on mini-measuring Data Acquisition System (DAS) [1]. The voltage transmitter integrated circuit AM401 is used in the system as power supplier and conditioning transmitter of sensor signals.

Современные аналого-цифровые средства измерения физических величин выполняются в виде универсальных или специализированных измерительных систем, которые функционируют автономно или совместно с персональным компьютером (ПК). Такие системы состоят в основном из аналоговой периферии для нормирования сигнала от первичного преобразователя, аналого-цифрового преобразователя и микроконтроллера для цифровой обработки и передачи измерительной информации. Например, широкое применение в измерительной технике находят микроконтроллеры со встроенным аналого-цифровым преобразователем (АЦП), а также АЦП с программируемым коэффициентом усиления и фильтрацией входного сигнала. Одним из направлений развития измерительных систем является задача интеграции различных аналоговых компонентов системы с целью унификации процесса разработки и уменьшения количества компонентов, обладающих различными техническими характеристиками.

В настоящее время появляются микросхемы, разрабатываемые специально для измерительных задач, которые имеют в своем составе набор аналоговых компонентов. Например, фирмой Analog Microelectronics выпускаются преобразователи, содержащие операционные и инструментальные усилители, источники тока и опорного напряжения, датчики температуры, а также обладающие различными функциями защиты питания. Эти преобразователи можно применять для нормирования сигналов от датчиков резистивного (AM401, AM411, AM437, AM447), емкостного (CAN404, CAV414, CAV424) и индуктивного типа (AM417, AM427), а также для получения промышленных стандартов напряжения и тока (AM422, AM442).

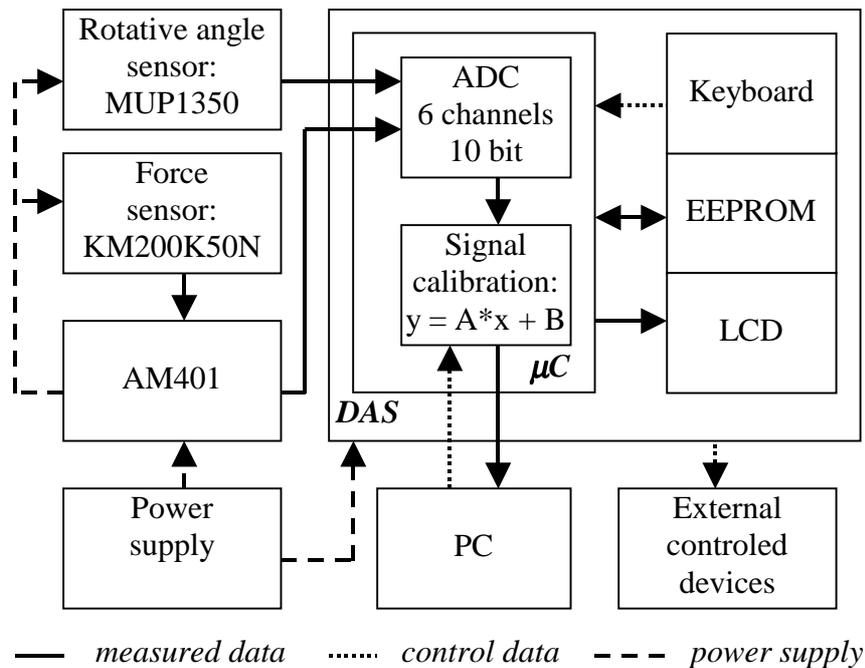


Fig. 1. Functional scheme of the mini-measuring system.

В данной работе рассматривается компактная система для измерения угла поворота и силы (см. рис.1) на базе мини-измерительной системы Data Acquisition System (DAS) [1], в которой микросхема преобразования напряжения AM401 фирмы Analog Microelectronics используется в качестве источника питания и нормирующего преобразователя сигнала от первичных преобразователей. Физические параметры измеряемого объекта (угол поворота и сила) преобразуются в аналоговую электрическую величину (напряжение) с помощью резистивных первичных преобразователей. В качестве преобразователя сила–напряжение выбран тензорезистивный мостовой датчик измерения силы KM200K50N с диапазоном измерения 5 кг, измерение угла производится с помощью потенциометрического датчика MUP1350, номинальное сопротивление которого составляет 10 кОм.

Использование в разработанной системе преобразователя напряжения AM401, имеющего в своем составе источник настраиваемого опорного напряжения, два операционных усилителя и инструментальный усилитель, позволяет сконцентрировать аналоговую периферию системы в одной микросхеме. Она служит источником питания для первичных преобразователей и усилителем сигнала для тензорезистивного датчика силы для обеспечения совместимости с диапазоном измеряемого сигнала системы DAS. Сигнал от потенциометрического датчика преобразуется резистивным делителем и поступает на второй канал АЦП системы DAS. Аналого-цифровое преобразование измерительных сигналов выполняется шестиканальным 10-битным АЦП, интегрированным в микроконтроллер AVR AT90S4433.

Данный микроконтроллер имеет RISC-архитектуру и содержит внутреннюю электрически стираемую постоянную память данных EEPROM размером 256 байт. Это позволяет сохранять новые коэффициенты калибровки датчиков не во внешней памяти, а внутри микроконтроллера. Так как объем внутренней памяти невелик, в системе предусмотрена возможность записи измеренных значений во внешнюю память данных EEPROM размером 60 кбайт. В этом режиме работы управление системой осуществляется с помощью двух клавиш, а для отображения команд и измеренных значений используется символьный жидкокристаллический индикатор.

Электрическая схема нормирования сигналов изображена на рис.2. Датчик угла поворота MUP1350 подключен к встроенному источнику опорного напряжения преобразователя напряжения AM401 по схеме делителя напряжения. Поддача напряжения питания на тензорезистивный датчик KM200K50N осуществляется по схеме стабилизатора напряжения на основе p-n-p транзистора BC337, так как чувствительность датчика измерения силы нормируется по напряжению. С целью обеспечения совместимости по току выхода операционного усилителя со входом датчика силы транзистор BC337 работает в режиме усиления тока. Операционный усилитель OP преобразователя AM401, на неинвертирующий вход которого подается напряжение $V_{bg} = 1,27V$, используется для построения источника стабилизированного напряжения для тензорезистивного датчика KM200K50N. Инструментальный усилитель IA используется для усиления дифференциального сигнала от датчика KM200K50N. Сигнал, поступающий на дифференциальный вход IA, преобразуется в напряжение относительно нулевого потенциала GND и усиливается в 5 раз. Выходной каскад OS

используется для обеспечения электрической совместимости сигнала от инструментального усилителя IA с аналого-цифровым преобразователем ADC. Таким образом, сигналы от тензорезистивного датчика силы KM200K50N и резистивного датчика угла поворота MUP1350 изменяются в диапазоне 0...2.5В, что соответствует диапазону входных сигналов АЦП системы DAS.

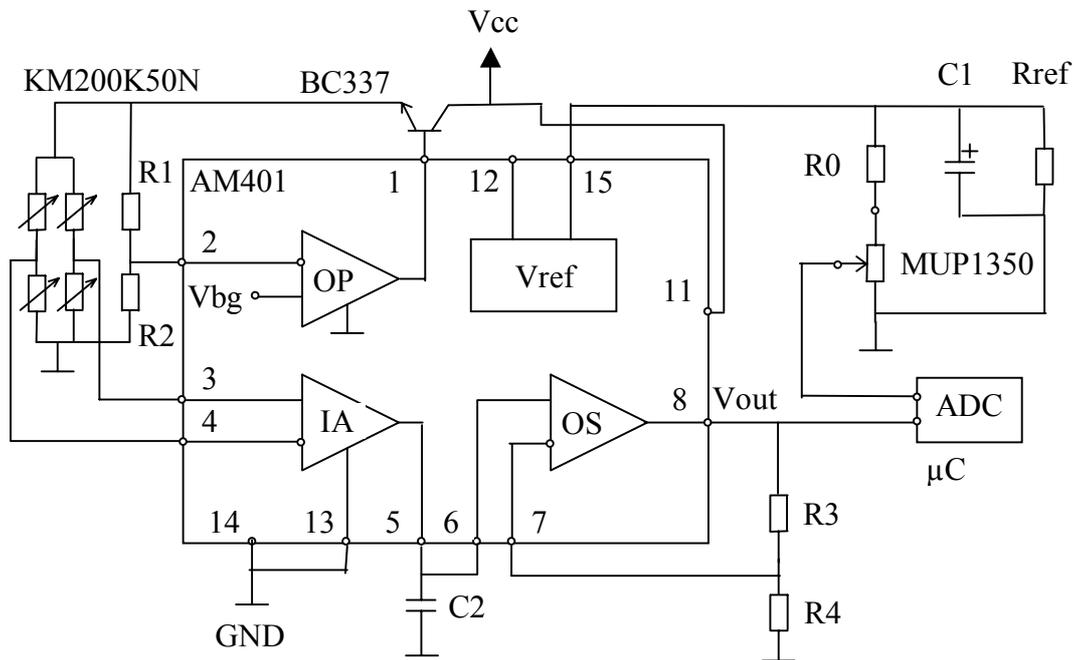


Fig.2. Electrical scheme of the mini-measuring system.

Первичные преобразователи, используемые для измерения угла поворота и силы, имеют заметные погрешности нуля и чувствительности. Для уменьшения этих погрешностей обычно используют различные методы калибровки. В данной работе используется метод линейной коррекции измеряемых значений, который позволяет уменьшить аддитивную и мультипликативную составляющие сигнала (см. ф.1):

$$y = A * x + B \quad (1)$$

где

x – измеряемая электрическая величина,

y – преобразованное значение электрической величины,

A, B – коэффициенты преобразования (см. ф. 2 и 3).

$$A = \frac{U_0 - U_{\max}}{U_0' - U_{\max}'} \quad (2)$$

$$B = U_0 - A * U_0' \quad (3)$$

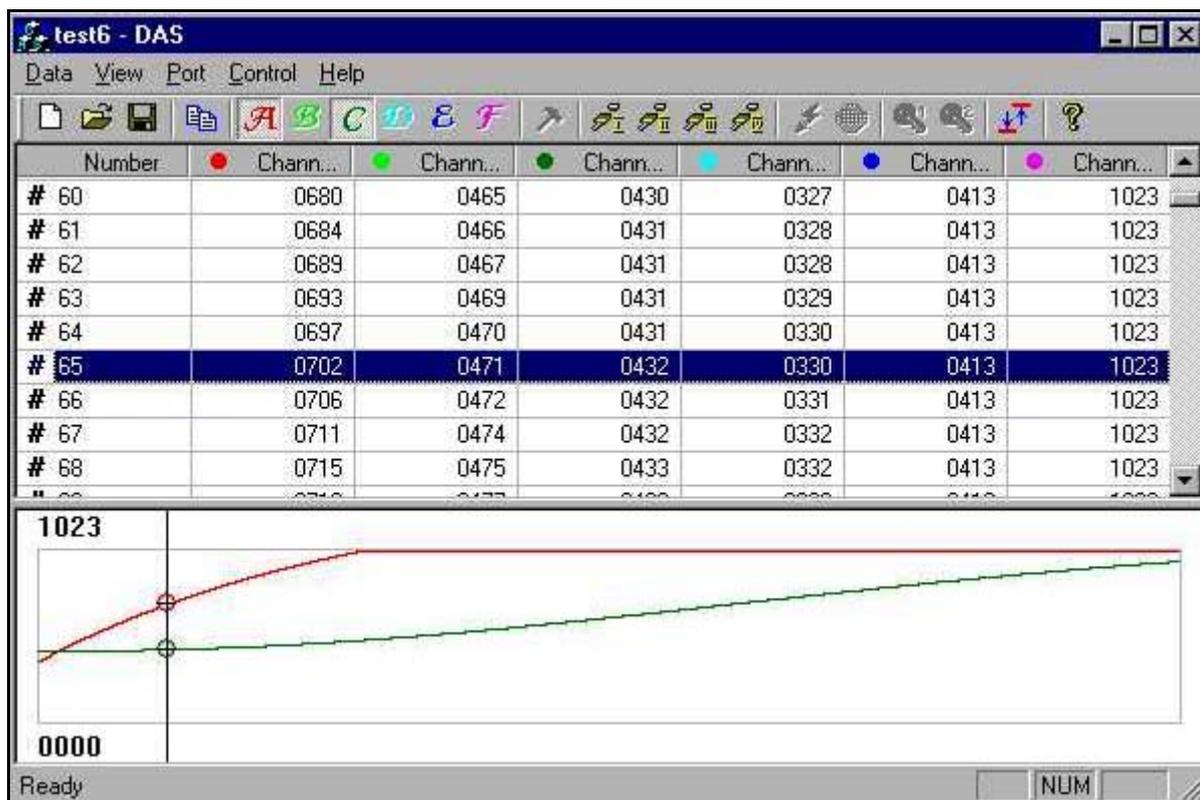
где

U_0, U_{\max} – идеальные минимальное и максимальное значения напряжения,

U_0', U_{\max}' – измеренные минимальное и максимальное значения сигнала.

Программное обеспечение ПК (см. рис.3), предназначенное для измерений и калибровки системы, выполнено на языке программирования Visual C++ с применением библиотеки Microsoft Foundation Classes с поддержкой архитектуры документ/представление на платформе Win32. В режиме измерений программа позволяет пользователю осуществлять наблюдение за измеряемыми параметрами в режиме реального времени в виде цифровых значений и в виде линейных диаграмм по каждому из каналов. В режиме обработки измеренные значения представлены в табличном и графическом виде с возможностью навигации, сохранения данных на жестком или сетевом диске ПК, а также копирования их в другие приложения через буфер обмена данными, например в приложение Microsoft Excel. В режиме калибровки программа позволяет пользователю измерять

нулевые и номинальные значения от датчиков, производя расчет коэффициентов калибровочного преобразования и их передачу в микроконтроллер для сохранения. Программа также позволяет пользователю управлять двумя внешними устройствами в режиме включить/выключить.



Pic.3. View of the software application main window

Литература

V. Gutnikov, V. Kaulio: "The Small Soft- and Hardware System of the Measuring Data Acquisition and Processing Using the Microsoft Excel", SENSOR Proceedings, Nuernberg, 2001, Vol.2, P. 583-584, AMA Service GmbH, Wunstorf / Germany.