

Цифровое устройство для 4-х зондовых измерений

Несложное устройство для 4-х зондовых измерений с хорошими техническими характеристиками можно построить на основе специализированных микросхем, предназначенных для автоматизации измерений с использованием температурных датчиков и резистивных мостов. Такие микросхемы обычно имеют в своем составе 24-х разрядный сигма-дельта аналого-цифровой преобразователь (АЦП), коммутаторы входов и программируемый масштабный усилитель. Для уменьшения количества внешних радиокомпонентов и снижения стоимость конечного продукта в микросхемы могут быть встроены дополнительные узлы, такие как источники опорного напряжения, температурный датчик, программируемые источники тока и т.п.

Одним из представителей микросхем АЦП, ориентированных на температурные и мостовые измерения, является ADS1220. Имея невысокую стоимость, эта микросхема содержит все узлы, необходимые для осуществления высокоточных измерений. Она содержит 24-х разрядный АЦП, аналоговые коммутаторы, программируемый масштабный усилитель, встроенный датчик температуры, источник опорного напряжения и два программируемых источника тока.

С использованием двух таких микросхем разработано компактное цифровое устройство для 4-х зондовых измерений.

Устройство является программно-управляемым источником-измерителем. Для проведения измерений оно содержит:

- два синхронно-программируемых источника тока;
- канал измерения напряжения на потенциальных контактах;
- коммутатор направления тока через токовые контакты;
- два канала измерения напряжения на выходах источников тока.

Структурная схема

На Рис.1 приведена структурная схема устройства. Программируемый контроллер Arduino Nano осуществляет низкоуровневое взаимодействие с ADS1220 и обеспечивает доступ внешних устройств к ресурсам ADS1220 по протоколу RS232 через порт USB. Одна микросхема ADS1220 питается от биполярного источника напряжения ± 2.5 В и используется только для измерений (входы AIN3, AIN3). Другая микросхема ADS1220 питается от однополярного источника напряжения +5 В и используется только в качестве программируемого источника тока (выводы REFP и REFN, источники тока IDAC1 и IDAC2). Выход каждого источника тока подключен к соответствующему токовому контакту. Изменение направления тока через токовые контакты осуществляется по мостовой схеме путем подсоединения одного из токовых контактов к общему проводу. Для упрощения и удешевления схемы устройства в качестве нижних ключей моста использованы внутренние полевые транзисторы выводов микроконтроллера. Используются выводы имеющие возможность подключения к АЦП микроконтроллера. Измеряя напряжение на открытом выводе можно контролировать режим работы соответствующего стабилизатора тока. В режиме стабилизации напряжение на выходе стабилизатора тока не превышает 3.7 В. Больше напряжение указывает на обрыв или слишком большое сопротивление в токовой цепи. При

замыкании выхода стабилизатора тока на общий провод, соответствующий стабилизатор продолжает работать и не выходит из режима стабилизации.

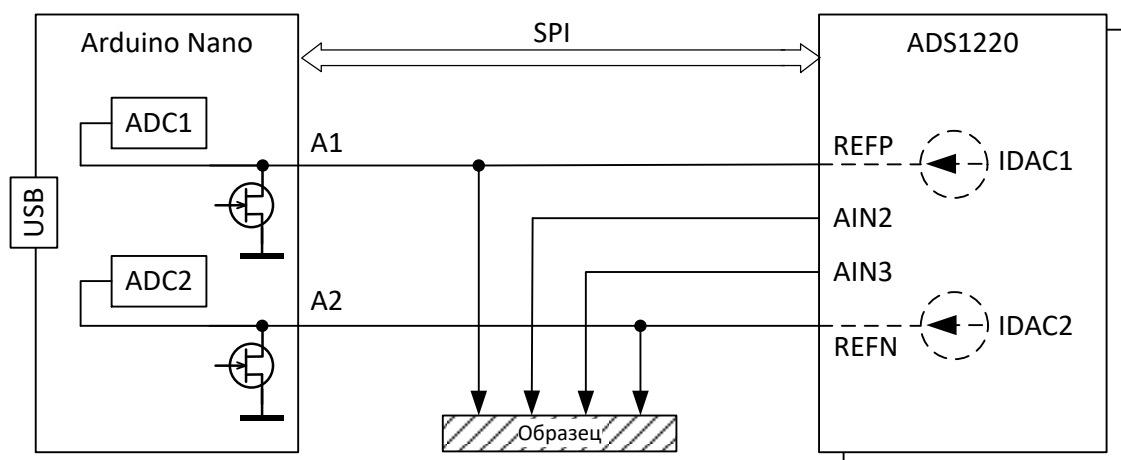


Рис. 1 Структурная схема устройства.

Технические характеристики

- Чувствительность канала измерения напряжения: 0,1 мкВ;
- Тип каналов измерения напряжения: дифференциальный;
- Диапазон предельного измеряемого напряжения: ± 2 В;
- Диапазон установки источников тока: 10 – 1500 мкА;
- Точность установки тока: 1%;
- Максимальное напряжение на выходе источников тока: 3.8 В;
- Предельное сопротивление между токовыми контактами: 370 кОм;
- Время измерения одной точки: 3 секунды;
- Питание: по кабелю USB.

Принципиальная электрическая схема

Принципиальная электрическая схема устройства приведена на Рис. 2.

Питание устройства осуществляется по кабелю USB. Разъем интерфейса USB расположен на модуле программируемого контроллера Arduino Nano. С вывода X2-12 контроллера питание напряжением +5 В подается на остальную часть схемы устройства. Кроме узлов, приведенных на структурной схеме (Рис. 1) устройство содержит регулятор напряжения U6 с выходным напряжением +2.5 В и инвертор напряжения U5 с выходным напряжением -2.5 В. Эти напряжения используются для питания аналоговой части измерительной микросхемы U2. Микросхема U3, используемая в качестве программируемого источника тока, питается напряжением +5 В. Выводы питания микросхем ADS1220 зашунтированы керамическими конденсаторами.

Дифференциальный измерительный вход микросхемы U2 в соответствии с рекомендацией производителя снабжен фильтром, выполненным на элементах R5, R6, C4-C5. Цифровые входы и выходы микросхем U2, U3, в соответствии с рекомендацией производителя, подключены к выводам микроконтроллера через последовательные сопротивления номиналом 47 Ом.

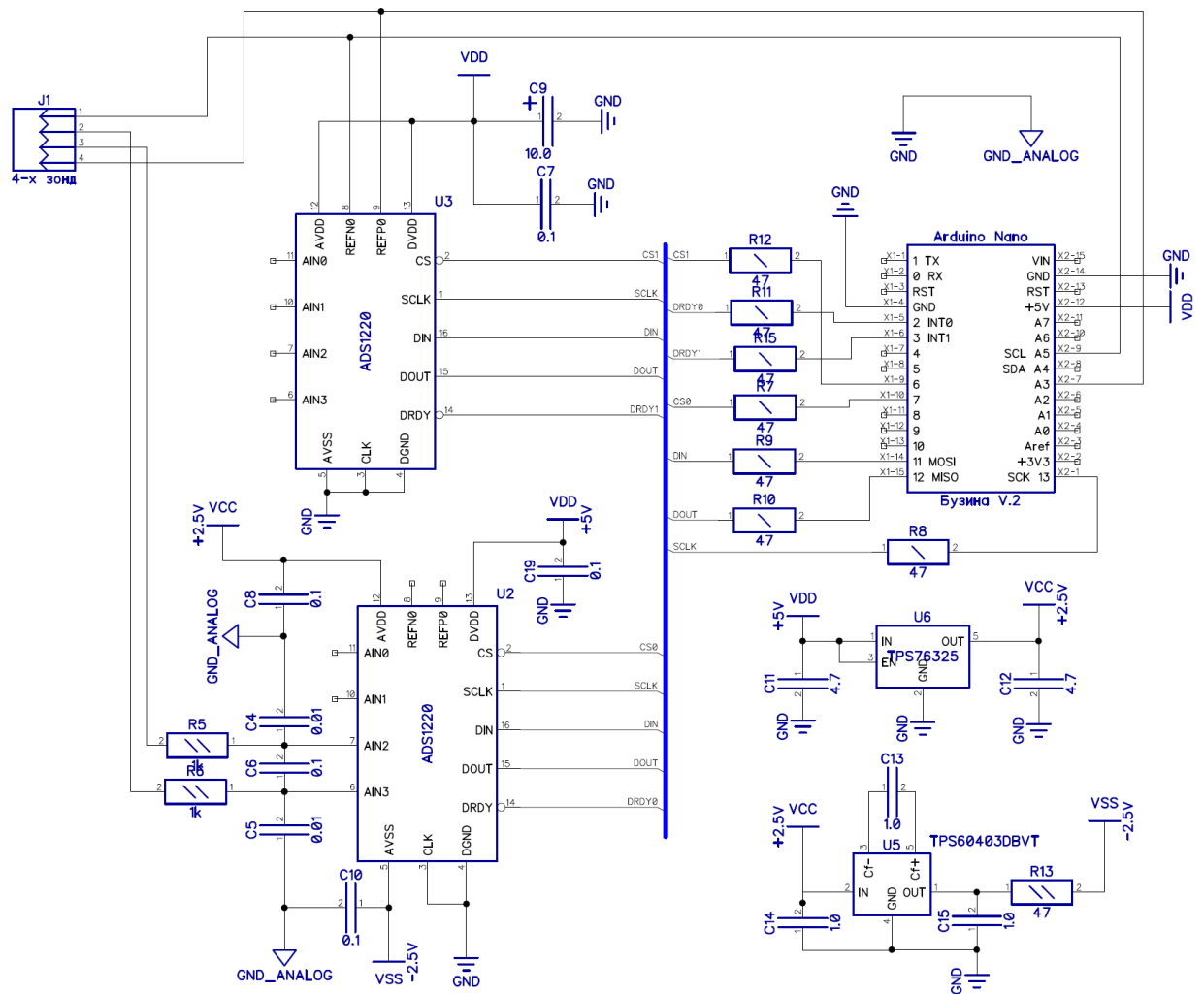


Рис. 2 Принципиальная электрическая схема устройства

Конструкция устройства

Устройство собрано на печатной плате размером 42 x 46 мм, разработанной с помощью САПР DipTrace. Корпус устройства, спроектированный по принципу «спичечного коробка», распечатан на 3d принтере.

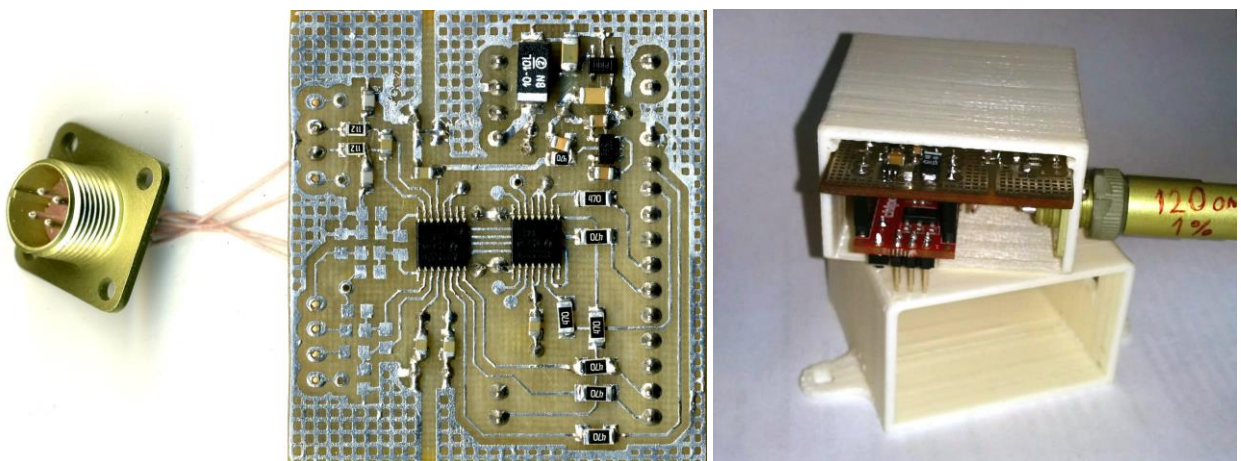


рис. 3 Печатная плата (а) и корпус устройства (б)

Фланцы крепления корпуса рассчитаны на установку на платформу Микромед МС2. На базе этой платформы собран узел перемещения промышленной 4-х зондовой головки (Рис. 4).



рис. 4 Устройство на платформе с промышленной 4-х зондовой головкой

В узел перемещения 4-х зондовой головки интегрирован USB эндоскоп. Он оснащен отключаемой подсветкой и помогает позиционировать образец, а также осуществлять архивную фотофиксацию положения зондов на поверхности образца.

Специальное программное обеспечение

В состав устройства входит модуль микроконтроллера, работающий под управлением специального программного обеспечения (СПО). Он обеспечивает следующие функции:

- прием и обработку управляющих директив по последовательному интерфейсу USB по протоколу RS-232;
- управление микросхемами ADS1220;
- предварительную цифровую обработку данных, поступающих от измерительных каналов – накопление с усреднением без экстремальных значений, конвертирование отсчетов АЦП в напряжение (мВ) с учетом коэффициента усиления и т.п.;
- передачу данных по запросу рабочей станции, работающей под управлением прикладного программного обеспечения.

СПО реализуется как прошивка для микроконтроллера. СПО создано и загружено в микроконтроллер в среде разработки Arduino.

Набор управляющих директив включает рутинные и макрокоманды. Рутинные команды служат для управления отдельными узлами ADS1220, например, осуществляют переключение коммутатора входа, включают или отключают источник тока. Такие команды предназначены в основном для отладки. Макрокоманды осуществляют последовательности действий: по очереди переключают входы, изменяют направление тока через токовые контакты, обрабатывают данные,

поступающие от измерительных каналов, и, в заключении, передают обработанные данные на рабочую станцию.

Средствами СПО реализована непрерывная автоматическая коррекция внутреннего постоянного смещения масштабного усилителя ADS1220, а также устраняется температурный дрейф этого смещения.

Более подробное описание СПО можно найти в документе «СПО-Цифровое устройство для 4-х зондовых измерений».

Прикладное программное обеспечение

Прикладное программное обеспечение (ППО) разработано в среде LabView. ППО запускается на рабочей станции под управлением операционной системы Windows и предназначено для реализации функций:

- управления и контроля состояния USB прибора;
- сбора, окончательной обработки, визуализации и сохранения результатов измерения.

Рис. 5 представлена панель управления ППО. В поле PictureBox в реальном масштабе времени транслируется изображение с видеокамеры эндоскопа. Элементами управления являются поля **GAIN**, **IDAC**, Label и кнопки **Append Result**, **STOP&SAVE**.

Label	R,Om	Rs,Om	U,mV	I,uA
10 Om 1%	10.052491	45.537786	1.005249	100
100 Om 1%	100.462656	455.095832	10.046266	100
100 Om 1%	1.004028	4.548249	0.100403	100
1 Om 1%	1.008911	4.570368	0.100891	100
1 kOm 1%	9.980470	45.211528	0.998047	100
1 kOm 1%	10.017091	45.377422	1.001709	100

Рис. 5 Панель управления ППО

При нажатии на кнопку **Append Result** в таблицу добавляется строка с названием образца (Label), вычисленными значениями R, Rs и результатами измерений. Одновременно происходит сохранение кадра из поля PictureBox в графический файл с именем, присвоенным полю Label и расширением .png.

Окончание серии измерений завершается нажатием на кнопку **STOP&SAVE**. В появившемся диалоговом окне будет предложено ввести или выбрать имя файла для сохранения таблицы в текстовом виде.